

## Actividades de la Asociación.

El día 16 tuvo lugar la Cena Aniversario con ocasión de cumplirse los 80 años de la fundación de la AIPCR. En intervenciones de los Presidentes de Honor M. Coquand y M. Milne y del Presidente Enrique Balaguer se rememoró el pasado de la Asociación, su desarrollo y su importancia en la promoción y difusión de las tecnologías evolucionantes de la carretera y el transporte así como la eficacia de los Congresos y demás reuniones tan informativas y estimulantes para los integrantes de la organización. Dentro de ésta el núcleo de continuidad operativa, o sea Comités y Grupos, lo constituyen unas 400 personas entre miembros y correspondentes que ocupan posiciones relevantes en la Administración o empresas privadas del Sector en sus respectivos países. Y como se señaló una de sus misiones es mantenerse alerta respecto a nuevas demandas y posibles opciones para esta sociedad motorizada, situarse por delante de futuros cambios y crecimientos para llegar a tiempo con soluciones que se aproximen en lo posible a las óptimas en el aspecto económico-funcional. Problemas a los que hay que enfrentarse con el dinamismo que exige toda evolución.

O. Llamazares

(1) Se complementa esta información con los Informes nacionales de los países miembros que recogen lo más destacado como novedad en cada uno de ellos durante el cuatrienio anterior.

(2) Los Comités Técnicos que funcionan actualmente son doce y corresponden a los siguientes temas: 1. Características superficiales de los pavimentos. 2. Ensayos de materiales de carreteras. 3. Carreteras en regiones en desarrollo. 4. Carreteras interurbanas. 5. Túneles de carreteras. 6. Conservación y gestión. 7. Pavimentos de hormigón. 8. Pavimentos flexibles. 9. Económico y financiero. 10. Carreteras en medio urbano. 11. Puentes de carretera y 12. Movimiento de tierras, drenaje y explanada. Los Comités *ad hoc*, de reciente creación, corresponden a: I. Políticas de carretera. II. Construcción y conservación. III. Explotación y gestión y IV. Seguridad.

Barcelona, 4-7 de Abril de 1989

## Curso sobre Sistemas de Gestión de Firmes

Por. D. Olegario Llamazares  
Presidente de la Asociación  
Técnica de Carreteras



**E**N las Conclusiones del último Congreso mundial de la AIPCR (Bruselas, Septiembre 1987) se consideró con especial interés el desarrollo de Sistemas de Gestión de Firmes cuyo objetivo principal es disponer de la información necesaria para la toma de decisiones: 1) decisiones estratégicas sobre la red, 2) decisiones prácticas sobre los niveles de servicio y estado de conservación y 3) decisiones operativas sobre las medidas de rehabilitación y mantenimiento.

Se trata de un tema de gran actualidad en la tecnología y organización de los Servicios de Carreteras que será objeto de creciente desarrollo en los próximos años debiendo concebirse los sistemas de gestión como herramientas de trabajo para los procesos de decisión a diversos niveles.

Dentro de la consideración general de la Red (infraestructuras y elementos complementarios) des-

tacan los firmes como capítulo más importante por exposición directa al efecto destructor de las cargas de tráfico, circunstancia por la que requieren una asistencia continua, determinante de los tratamientos oportunos para conservarse en buen estado evitando un deterioro progresivo, origen de elevados costes adicionales de mantenimiento y explotación.

La importancia del tema motivó la organización del *Curso de Sistemas de Gestión de Firmes* en el que colaboraron la Asociación Técnica de Carreteras (Comité Español de la AIPCR) y el Departamento de Infraestructura del Transporte y Territorio de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona (1).

Dentro del programa de reuniones de información y reciclado de la precitada Asociación (Simposios, Jornadas, Cursos, Coloquios, etc.) por la novedad del tema y la

# "E

*l perfeccionamiento en el cálculo empírico, la experiencia sobre el comportamiento de los firmes, el valor de las deflexiones como índice de estado y la determinación normalizada del pavimento, permiten programar los trabajos de conservación y refuerzo.* "

limitada experiencia propia en nuestro país se optó por impartir un Curso concebido como unidad didáctica completa, a base de doce lecciones complementadas por cuatro conferencias que dictaron ingenieros de reconocido prestigio en la conservación y gestión de carreteras.

## Factores para la programación de los trabajos

La gestión de firmes en lo que tiene de previsión de necesidades de conservación, refuerzo o rehabilitación de cualquier tipo debe aplicarse a la red global, con la variedad que ésta presenta en cuanto a secciones estructurales por razones de adaptación a las exigencias mecánicas de las vías de distinto rango. Cabe mencionar de pasada la evolución de estas secciones con la nueva tecnología que empezó a utilizarse en España hace treinta años. Hasta entonces había una generalización de espesores entre 25 y 30 centímetros que simplemente definía la Instrucción de Carreteras y una composición sin distribución de capas, a base de macadam con riegos asfálticos superficiales o de penetración, o revestimiento de aglomerados en los tramos de mayor tráfico. No se aplicaban métodos de dimensionamiento ni se disponía de catálogos de secciones que consideraran los factores determinantes: intensidad y composición de tráfico previsible y capacidad portante de los suelos de apoyo. El perfeccionamiento en el



cálculo empírico, la experiencia sobre el comportamiento de los firmes, el valor de las deflexiones como índice de estado y la determinación normalizada de las características superficiales del pavimento, permiten programar los trabajos de conservación y refuerzo, definiendo prioridades de aplicación y soluciones adecuadas para cada caso con lo que se trata de asegurar la rentabilidad de inversión de los nunca sobrados créditos presupuestarios de la carretera.

En las lecciones se trataron los temas de incidencia en la gestión: tipos de deterioro o fallos en las distintas clases de firmes, técnicas de conservación, índices representativos de servicio y estado, modelos de comportamiento, costes de explotación (costes del usuario y

costes sociales), análisis coste/beneficio, optimización de soluciones, bases de datos, previsiones y adopción de estrategias de gestión apropiadas.

## La informática como herramienta.

Los sistemas de gestión presentan gran diversidad y aún no son muy operativos. Con ello se trata de disponer de un conjunto de instrumentos mediante los que en un momento determinado se pueda establecer de qué forma se debe proyectar, construir, rehabilitar y conservar los firmes, con sujeción a determinadas prioridades y limitaciones.

El cúmulo de datos que es preciso manejar para el análisis com-



parativo y optimización de actuaciones requiere recurrir a la informática; pero hay que tener en cuenta que esto es indispensable, pero no constituye el sistema. Cabe aquí llamar la atención sobre las relaciones entre el hombre y la herramienta; la filosofía que respalda toda informatización supone que la informática debe ir hacia el usuario y no a la inversa. Este procedimiento garantiza una mejor aceptación desde el punto de vista humano y constituye por tanto una fuente de éxito.

El sistema además de los instrumentos postula: 1) un planteamiento muy meditado que tenga en cuenta la red a gestionar y las prácticas anteriores, 2) la organización y la práctica de la gestión, 3) la previsión de la evaluación y en un periodo suficientemente amplio, 4) la continuidad en la obtención y archivado de datos y 5) la adaptación del personal a los nuevos métodos de trabajo.

La creación de bases de datos suficientes, actualizadas y accesibles es necesaria para la planificación rigurosa de inversiones y prioridades.

**“E**l sistema postula: un planteamiento muy meditado que tenga en cuenta la red a gestionar y las prácticas anteriores, la organización y la práctica de la gestión, la previsión de la evolución, la continuidad en la obtención y archivado de datos y la adaptación del personal.”

### Índices representativos y modelos de comportamiento.

Cuantos más parámetros se observen en el firme, la gestión será mejor y, en todo caso, los que se consideren más imprescindibles deben figurar en inventarios cuya explotación permite la evaluación de necesidades y con ello la correcta programación de inversiones. El firme se conoce a través de

índices que se clasifican en funcionales y estructurales. Los primeros que aproximadamente coinciden con los llamados *índices de servicio*, incluyen entre los principales los de regularidad superficial y rozamiento y tienen gran valor político porque son los que aprecia el usuario. Los índices estructurales corresponden a la capacidad portante, medida generalmente por campañas deflectométricas. La magnitud de las deflexiones obtenidas readvierten sobre la velocidad del deterioro y fijan con ello los plazos convenientes para realizar el refuerzo. Existen además una serie de degradaciones (piel de cocodrilo, resudación de ligante, subida de finos, blandones, baches, etc.) que constituyen indicios y defectos cuya corrección no debe demorarse.

Es importante la elección de los índices ya que en relación con la evolución de sus valores y con criterios de imagen, seguridad, nivel de servicio, economía y financiación se definen las estrategias a seguir para conservar y reforzar los firmes. Se citó el PSI, **Present Serviceability Index**, con el que empezaron a introducir condiciones





de degradación y la posibilidad de analizar la oportunidad de estrategias de conservación preventiva, lo que en algunos casos puede estar justificado económicamente. Señalamos el interés de la exposición audiovisual de los equipos de auscultación y medida que actualmente se emplean en España.

Se puso énfasis en la elección de índices representativos normalizados y referidos a un determinado tipo de aparatos, ya que la correlación entre tipos diferentes no es fiable. Se habló asimismo de *modelos de comportamiento* en función de las características del firme, cargas que van a soportar y operaciones de mejoras que se le vayan aplicando, para determinar como evolucionan los índices de servicio y estructurales. Estos modelos requieren un determinado tiempo para que se pueda conseguir un buen ajuste estadístico de los parámetros.

#### La gestión de firmes en el extranjero.

Hablamos antes de la diversidad de los sistemas de gestión en los

países desarrollados y sobre esto ilustro la información facilitada a modo de resumen de la situación actual; de ello haremos un breve comentario.

En Alemania Federal no disponen aún de un SGF basado en análisis objetivos y continuos de las condiciones del firme. Las decisiones se basan en las apreciaciones hechas por los ingenieros de conservación (inspección vi-

“**E**n Alemania Federal no disponen de un SGF basado en análisis objetivos y continuos de las condiciones del firme. Las decisiones se basan en las apreciaciones hechas por los ingenieros de conservación, parámetros medidos con modernos equipos de auscultación.”

sual sobre regularidad superficial y defectos del firme) y parámetros medidos con modernos equipos de auscultación. Se está tratando de poner a punto modelos de comportamiento.

En Bélgica para las tomas de decisión se utilizan dos índices de estado que permiten establecer un orden de prioridad para las operaciones de refuerzo y conservación; uno de los índices es estructural y está relacionado con la vida residual del firme estimada por la medida de deflexiones; el otro índice es funcional y está ligado con la seguridad vial (regularidad, coeficiente de rozamiento transversal).

En Canadá se han desarrollado dos sistemas bastante completos de gestión de firmes; en ambos se ha dispuesto de modelos de comportamiento –en función del tráfico y de las condiciones ambientales– que permiten prever la respuesta del firme durante el periodo de estudio. En el más perfeccionado (Provincia de Alberta) se consideran tres parámetros de caracterización (índice de regularidad superficial, índice de adecuación estructural medida por defec-

**E**n el Reino Unido se está tratando de poner a punto un sistema completo de gestión de firmes. Por el momento se dispone del programa CHART. „

tografía e índice de inspección visual). Los tres valores determinados, se engloban a través de una fórmula que da el "índice de calidad del pavimento".

Francia no dispone de un SGF propiamente dicho y hasta ahora ha desarrollado únicamente un proceso para definir la prioridad de intervención en cada uno de los aspectos siguientes: conservación estructural, seguridad-comodidad y estado superficial. El estado de deterioro que presenta el firme en cada uno de estos tres aspectos se determina a partir de la auscultación e índices de regularidad, adherencia y degradación.

En Italia se está desarrollando un SGF para aplicarlo en principio a la red de autopistas. Hasta ahora sólo disponen de una base de datos y un modelo de evolución de la adherencia en el que intervienen el coeficiente de resistencia al deslizamiento, el tráfico de vehículos pesados acumulado en el periodo de estudio y dos factores que dependen del tipo de mezcla y de las condiciones climáticas. Una expresión binómica liga el coeficiente inicial con el que corresponde al reducido por el tráfico acumulado.

En el Reino Unido se está tratando de poner a punto un sistema completo de gestión de firmes. Por el momento se dispone del programa CHART (2) que permite caracterizar paramétricamente el estado de deterioro del firme en un tramo de carretera teniendo en cuenta: el % de superficie con deterioros, la profundidad y extensión de las roderas, la fisuración, el coeficiente de resistencia al deslizamiento, el deterioro en los bordes de la calzada, la falta de pendiente transversal y el % de superficie reparada (bacheada). Para



cada uno de estos defectos se define un nivel de alerta, considerando las soluciones más adecuadas (tratamiento superficial, reparación de mordientes, capa de regularización, refuerzos).

#### Interés en la iniciación de un sistema gestor.

La exposición audiovisual se completó con la proyección de un video-inventario de características geométricas y una película sobre la auscultación con *laserógrafo*, aparato que permite la regularidad superficial con gran precisión y rendimiento. La medición es continua a base de una mira electrónica que se desplaza sobre tractor e intercepta un rayo láser. La información se transmite a un ordenador que determina la altimetría de cada punto y su diferencia respecto al perfil inicial, ofreciendo un listado completo de los resultados.

A lo largo del Curso se fue poniendo de manifiesto el interés de una gestión sistemática por parte de las Administraciones responsables, así como los índices y criterios que definen las actuaciones necesarias en los momentos adecuados. Como se dijo no se podrá llegar a soluciones óptimas pues no serán económicamente posibles en función de los recursos presupuestarios, o de los balances de explotación si se trata de autopistas de peaje. Estamos construyendo muchos kilómetros de autovías con el Plan General de

Carreteras y en éstas y en la red de peaje es donde debe iniciarse la implantación del sistema gestor. La cuestión es empezar, implantar el seguimiento, sin esperar a una normativa demasiado rigurosa o sofisticada que puede retrasar el proceso de obtención e interpretación de datos.

Concluiremos con una mención satisfactoria sobre la organización y desarrollo del Curso por lo que cabe felicitar a su Director, Félix Pérez Jiménez, Catedrático de Caminos y Aeropuertos de la Escuela de Barcelona, así como a los profesores y conferenciantes. Tratándose de materia tan actual nos proponemos seguir celebrando un curso anual sobre los sistemas de gestión a modo de foro en el que pueden exponerse y discutirse avances y experiencias propias.

La publicación de lecciones y conferencias serán un útil documento de consulta para autoridades y técnicos a quien compete la conservación y mejora de las redes de diversa titularidad que, complementarias e integradas, deben responder a la demanda de transporte que genera el desarrollo de España.

(1) Fueron entidades patrocinadoras la Delegación de Carreteras del Estado en Cataluña (MOPU) y el Departamento de Política Territorial y Obras Públicas de la Generalidad.

(2) Estimación informatizada de índices y tratamientos de carreteras.