



“POR LA INNOVACIÓN,
LA CONSERVACIÓN,
LA COMPETITIVIDAD
Y EL EMPLEO”

Presidente General D. Alberto Sandoval Ordoñez

Valladolid
12 de mayo de 2015
Centro de Congresos
“Miguel Delibes”
Avenida Monasterio Nuestra Señora de Piedad, 2
47013 Valladolid

LA IM
CONSE
CAR

Oscar
osca
Asoc
Carr
www

Entrevista a
Óscar de Buen Richkarday
Presidente de la Asociación Mundial
de la Carretera (PIARC)

RUTAS TÉCNICA

Elementos para una gestión proactiva
del ruido

Planteamiento sistemático de la mejora
de las condiciones de seguridad de las
márgenes de las carreteras

ACTIVIDADES DEL SECTOR

XV Congreso Español sobre Sistemas
Inteligentes de Transporte

El Congreso Multisectorial de la Carretera
inicia su andadura en Valladolid

#MultisectorialCarretera

I CONGRESO
MULTISECTORIAL
DE LA CARRETERA

“POR LA INNOVACIÓN,
LA CONSERVACIÓN,
LA COMPETITIVIDAD

INTEGRANDO PROGRESO Y SOSTENIBILIDAD



OBRAS HERGON S.A.

C/ Aluminio, 26. 47012 Valladolid (ESPAÑA)

Tel. 983 218 925 Fax. 983 218 926

hergonsa@hergonsa.com

www.hergonsa.com

OBRAS HERGON S.A. SUCURSAL PERÚ

C/ Las Camelias, 710

piso 3, oficina 301 – San Isidro

Edificio Las Camelias. LIMA (PERÚ)

RPM #983925899 / RPC 962751949





3

Tribuna Abierta

- 3 **¿Carreteras sin conductores?**
Jaime Huerta

Entrevista

- 4 **Óscar de Buen Richkarday**
Presidente de la Asociación Mundial de la Carretera (PIARC)

Rutas Técnica

- 10 **Elementos para una gestión proactiva del ruido**
Measures for a proactive noise management
Fernando Segués Echazarreta y Jesús Rubio Alférez
- 18 **Planteamiento sistemático de la mejora de las condiciones de seguridad de las márgenes de las carreteras**
Systematic approach to improving safety conditions at the edge of the roads
Comité Técnico de Seguridad Vial. Grupo de Trabajo: Márgenes
Asociación Técnica de Carreteras



10

Rutas Divulgación

- 30 La rehabilitación estructural de los firmes de carreteras



30

Nota de Lectura

- 48 El Congreso Anual del TRB alcanza su 94 edición

Actividades del Sector

- 54 En marcha el nuevo Proyecto de la Ley de Carreteras
- 55 El parlamento europeo aprueba el eCall
- 56 XV Congreso Español sobre Sistemas Inteligentes de Transporte
- 62 El Congreso Multisectorial de la Carretera inicia su andadura en Valladolid



48

Actividad Internacional

- 69 Ayesa supervisa la ejecución de la mayor autopista realizada en la India

PIARC

- 71 XXV Congreso Mundial de la Carretera

ATC

- 73 Próxima Jornada Técnica sobre reparaciones geotécnicas en infraestructuras en servicio
- 74 Composición de la Junta Directiva de la Asociación Técnica de Carreteras
- 75 Comités Técnicos de la Asociación Técnica de Carreteras
- 76 Socios de la Asociación Técnica de Carreteras



62



Asociación Técnica de Carreteras
Comité nacional español de la Asociación Mundial de la Carretera



La revista RUTAS se encuentra incluida en la siguiente lista de bases de datos científicas:

DIALNET · ICYT ·
LATINDEX (Catálogo y Directorio)



Edita:

ASOCIACIÓN TÉCNICA DE CARRETERAS
Monte Esquinza, 24 4º Dcha. ♦ 28010 ♦ Madrid
Tel.: 913 082 318 ♦ Fax: 913 082 319
info@atc-piarc.com - www.atc-piarc.com

Comité Editorial:

Presidente:

Luis Alberto Solís Villa Presidente de la Asociación Técnica de Carreteras (España)

Vicepresidente de estrategia:

Sandro Rocci Profesor Emérito de la Universidad Politécnica de Madrid (España)

Vicepresidente ejecutivo:

Julio José Vaquero García Dirección General de Carreteras, M. Fomento (España)

Vocales:

José Alba García	Presidente de Urbaconsult (España)
Ana Isabel Blanco Bergareche	Subdirectora Adjunta de Circulación, DGT, M. Interior (España)
María Luisa Delgado Medina	Subdirectora General de Transferencia de Tecnología, M. Economía y Competitividad (España)
Diana María Espinosa Bula	Presidenta de la Sociedad Colombiana de Ingenieros, SCI (Colombia)
Alfredo García García	Catedrático de la Universidad Politécnica de Valencia (España)
Óscar Gutiérrez-Bolívar Álvarez	Director del Laboratorio de Infraestructuras Viarias del CEDEX (España)
Jaime Huerta Gómez de Merodio	Secretario del Foro de Nuevas Tecnologías en el Transporte, ITS (España)
Félix Pérez Jiménez	Directora Técnica de Innovia-Coptalia (España)
Clemente Poon Hung	Catedrático de Ingeniería del Terreno de la Universidad de la Coruña (España)
Manuel Romana García	Presidente HOF Consultores (Colombia)
Jesús J. Rubio Alférez	Catedrático de Caminos de la Universidad Politécnica de Barcelona (España)
	Director General de Servicios Técnicos, Subsecretaría de Infraestructura (México)
	Profesor Titular de la Universidad Politécnica de Madrid (España)
	Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos (España)

Comité de Revisores Técnico-Científicos. Presidentes de Comités Técnicos de la ATC:

Rafael López Guarga	Túneles de Carreteras
Vicente Vilanova Martínez-Falero	Conservación y Gestión
Luis Azcue Rodríguez	Vialidad Invernal
Gerardo Gavilanes Ginerés	Financiación
Álvaro Navareño Rojo	Puentes de Carreteras
Roberto Llamas Rubio	Seguridad Vial
Antonio Sánchez Trujillano	Carreteras y Medio Ambiente
Andrés Costa Hernández	Carreteras de Baja Intensidad de Tráfico

Redacción:

Asociación Técnica de Carreteras

Publicidad:

Ediciones Técnicas PAUTA
Tel.: 915 537 220 ♦ publicidad@edicionespauta.com

Diseño, Maquetación, Producción, Gestión Publicitaria y Distribución:

Ediciones Técnicas PAUTA
direccion@edicionespauta.com

Arte Final e Impresión:

Gráficas ARIES

Fotografía de portada: Iván Maestre Santos-Suárez

Depósito Legal: M-7028-1986 - ISSN: 1130-7102

Todos los derechos reservados.

La revista Rutas publica trabajos originales de investigación, así como trabajos de síntesis, sobre cualquier campo relacionado con las infraestructuras lineales. Todos los trabajos son revisados de forma crítica al menos por dos especialistas y por el Comité de Redacción, los cuales decidirán sobre su publicación. **Solamente serán considerados los artículos que no hayan sido, total o parcialmente, publicados en otras revistas, españolas o extranjeras.** Las opiniones vertidas en las páginas de esta revista no coinciden necesariamente con las de la Asociación ni con las del Comité de Redacción de la revista.

Precio en España: 18 euros +IVA

©Asociación Técnica de Carreteras

REVISTA RUTAS

La Asociación Técnica de Carreteras (Comité Nacional Español de la Asociación Mundial de la Carretera) edita la revista Rutas desde el año de su creación (1986).

Las principales misiones de la Asociación, reflejadas en sus Estatutos son:

- Constituir un foro neutral, objetivo e independiente, en el que las administraciones de carreteras de los distintos ámbitos territoriales (el Estado, las comunidades autónomas, las provincias y los municipios), los organismos y entidades públicas y privadas, las empresas y los técnicos interesados a título individual en las carreteras en España, puedan discutir libremente todos los problemas técnicos, económicos y sociales relacionados con las carreteras y la circulación viaria, intercambiar información técnica y coordinar actuaciones, proponer normativas, etc.
- La promoción, estudio y patrocinio de aquellas iniciativas que conduzcan a la mejora de las carreteras y de la circulación viaria, así como a la mejora y extensión de las técnicas relacionadas con el planteamiento, proyecto, construcción, explotación, conservación y rehabilitación de las carreteras y vías de circulación.



Nº 163 ABRIL - JUNIO 2015

RUTAS

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN TÉCNICA DE CARRETERAS



Sorpresa, desconcierto, admiración, sobresalto, son algunas de las reacciones que nos produjo hace poco más de un año la noticia que apareció en muchos telediarios sobre las pruebas en tráfico urbano de un pequeño utilitario biplaza con la particularidad de que no tenía ni volante ni pedales. Parecía que el futuro se había precipitado sobre nuestra vida cotidiana. Una perfecta campaña donde se combinaban las palabras telediario, vehículo utilitario, gente corriente y Google, nos daba a entender que la conducción autónoma no solamente era posible a corto plazo, sino que ya era una realidad cotidiana para algunos y en breve nos llegaría a todos. Lo cierto es que todavía quedan pasos por dar para poder desarrollar un vehículo que circule con seguridad por nuestras carreteras sin conductor, si bien la mayor parte del camino ya está recorrida. En los 6 años de pruebas y tres millones de kilómetros recorridos a menos de 40 km/h, los vehículos de Google sólo se han visto involucrados en 11 accidentes. Según la compañía 7 han sido provocados por alcances en semáforos y en ningún caso por sus propios vehículos.

Realmente se trata de un enfoque bastante heterodoxo desde el punto de vista de la seguridad vial y del sector de la automoción. Afortunadamente podemos contrastar esta realidad, ya que la práctica totalidad de los líderes de la automoción están desarrollando proyectos semejantes. Una buena referencia para evaluar los resultados es el proyecto *DriveMe* de Volvo, que en 2017 probará 100 vehículos en Gotemburgo con personas que ahora son conductores ordinarios. Definitivamente si en 2017 no están resueltos la mayor parte de los problemas, lo estarán en los años siguientes.

Una segunda cuestión muy diferente es que de esos proyectos salga un producto que se pueda vender a un precio razonable. Regresando al *Google Car*, impresiona que sólo la antena radar que sobresale por el techo cueste 150 000 € y el resto de sistemas otro tanto, y eso en un coche por el que no pagaríamos más de 6000 €. Definitivamente tienen que reducir los costes en dos órdenes de magnitud para hacer el proyecto viable. Una vez más la buena noticia es que existen proyectos de los grandes fabricantes con resultados similares y costes más ajustados, donde es razonable pensar que con las inversiones adecuadas en 2 ó 3 lustros alguno de ellos pueda llegar a sacar un producto competitivo para los vehículos de gama alta.

La tercera y no menos importante cuestión es si finalmente la gente querrá comprar estos sistemas y si los fabri-

cantes querrán venderlos. No se pueden dejar de tener en cuenta planteamientos críticos como los que argumentan que nadie compra una moto de gran cilindrada para que conduzca ella sola; que hay sistemas de aparcamiento asistido en vehículos de gama media que no han sido accionados en 5 años; o incluso quien llega a decir que en los vehículos de gama media-baja donde se compite por precio, será muy raro que un comprador invierta un euro en una funcionalidad que se la puede ahorrar simplemente conduciendo él mismo. La realidad actual es que la demanda de vehículos que conducen solos ni existe ni se la espera en bastantes años.

¿Mito o realidad? Definitivamente mito, al menos a medio plazo; pero un mito muy atractivo y útil ya que todos estos desarrollos servirán para que si bien la mayor parte de los vehículos no conduzcan solos, sí serán de gran ayuda en la asistencia a los conductores tanto para evitar accidentes como para reducir al máximo sus consecuencias.

Volviendo al caso de Volvo, este fabricante se ha propuesto el objetivo de cero muertos en sus vehículos en 2020. Para lograrlo, serán de mucha ayuda los desarrollos realizados que en gran medida coinciden con los del vehículo autónomo. Este otro objetivo, y no el futurista, está centrando los desarrollos y el mercado de la automoción; y más lo hará durante las próximas dos décadas cuando los resultados empiecen a ser utilizados como argumento comercial.

En este entorno, resulta muy útil para el vehículo conectar con la infraestructura y sus agentes. Ello es una fuente de oportunidades de las que pueden salir nuevos modelos para la gestión y explotación de las carreteras.

A principios de este año Google ha anunciado un rediseño del proyecto donde Bosch, Continental y Roush harán realidad el *Google Car*, además de incorporarle volante y pedales. Con ello no sólo entran en la ortodoxia del mundo de la automoción, sino que están reconociendo dos cuestiones importantes: que su proyecto no era adecuado para un enfoque a medio plazo y que los vehículos continuarán siendo diseñados y fabricados por los mismos que lo han hecho hasta ahora.

¿Carreteras sin conductores? En nuestro horizonte temporal más bien podríamos conformarnos con decir que con el paso de los lustros, irán apareciendo algunos vehículos sin conductor o escenas donde el conductor se desentienda del control del vehículo en entornos concretos. La posibilidad de no tener conductores en algunas de nuestras carreteras podrá estar en todo caso al alcance de generaciones futuras. ❖



Entrevista a

Óscar de Buen Richkarday Presidente de la Asociación Mundial de la Carretera (PIARC)

La redacción

Óscar de Buen Richkarday nació en 1953 en México, D. F. Es Ingeniero Civil por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y titular de un Master en Ciencias del Transporte por el *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), de Cambridge, EE. UU.

Durante la mayor parte de su carrera profesional trabajó en el sector público, principalmente para la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) de México, donde desempe-

ñó diversos cargos hasta alcanzar el nivel de subsecretario de Infraestructura, puesto que ejerció entre 2006 y 2011. También ha sido profesor de la Facultad de Ingeniería de la UNAM y de otras instituciones.

Con más de 30 años de colaboración activa con la Asociación Mundial de la Carretera, ocupa su presidencia desde el año 2013 tras haber desempeñado previamente el puesto de vicepresidente entre los años 2009 y 2011.

La Asociación Mundial de la Carretera fue creada en Francia hace más de 100 años como una asociación sin ánimo de lucro. Su principal objetivo es promover la cooperación internacional en temas relacionados con las carreteras y el transporte por carretera. Actualmente la PIARC agrupa a más de 120 Gobiernos Nacionales de todo el mundo y tiene miembros en 142 países.

¿Cuál es su visión de la Asociación Mundial de la Carretera?

Desde hace muchos años, la Asociación Mundial de la Carretera ha sido líder internacional en la difusión y el intercambio de conocimientos sobre las carreteras y el transporte por carretera dentro de un contexto de transporte integrado y sostenible.

A medida que las carreteras y el transporte por carretera se han consolidado como un elemento fundamental de los sistemas de transporte de la mayoría de los países, y conforme se han agudizado las presiones medioambientales, sociales, energéticas y climatológicas sobre ellas, su papel se ha modificado y como consecuencia han cambiado también las prioridades de las administraciones de carreteras.

La Asociación Mundial de la Carretera procura ser receptiva a esas prioridades cambiantes y adoptar nuevas modalidades de trabajo y comunicación para seguir aportando información y conocimientos valiosos a su membresía. En ese contexto, la visión que en mi opinión debe seguir animando sus actividades consiste en generar información y conocimientos útiles para sus miembros, independientemente de la región de la que provengan y el nivel de desarrollo que tengan las carreteras de sus países.

¿Qué destacaría de su presidencia al frente de la Asociación Mundial?

Un poco más allá de la mitad del período de mi presidencia de la Asociación, que termina al final de 2016, me parece importante destacar los siguientes temas prioritarios:

- Mantener a la Asociación como un ente relevante, útil y reconocido en todos sus países miembros, en un entorno internacional restrictivo y desfavorable.



«Me parece importante destacar la consolidación del español en los trabajos de la Asociación»

- Desarrollar nuevos productos que lleguen más rápido a los países miembros.
- Aumentar el valor de la Asociación para los países en vías de desarrollo.
- Consolidar el uso del español en los trabajos de la Asociación.

Por supuesto, además de esos temas ha sido importante mantener y consolidar la solidez financiera de la Asociación y resolver temas permanentes de gran importancia para sus actividades, como la organización de los Congresos Mundiales de Andorra y Seúl, la elaboración del Plan Estratégico de PIARC para el cuatrienio 2016-2019, la producción de la revista Routes/Roads, la animación y el seguimiento de las actividades de los 17 Comités Técnicos y la publicación, por primera vez en la historia de la Asociación, de informes especiales que abordan temas de particular relevancia global para el sector carretero.

Este año se celebra el XXV Congreso Mundial de la Carretera en Seúl. ¿Cuáles son las principales cuestiones que se van a abordar?

Cada cuatro años, la celebración del Congreso Mundial de la Carretera representa la culminación de un ciclo colectivo de trabajo, por lo que una parte muy importante de su programa técnico es la presentación de los resultados de las actividades realizadas por los Comités Técnicos. Además, el programa incluye 14 sesiones especiales en las que se abordarán temas de gran actualidad, como por ejemplo administración de activos carreteros, carreteras y los objetivos del milenio de las Naciones Unidas, financiamiento del sistema carretero, movilidad en grandes ciudades y adaptación del sistema de transporte carretero al cambio climático y a fenómenos meteorológicos extremos, por solo citar algunos.

El lema del XXV Congreso Mundial de la Carretera, que se celebrará en Seúl, República de Corea, del 2 al 6 de noviembre de 2015, es «Caminos y movilidad – creación de nuevos valores desde el transporte», y como parte del Congreso se incluye también una sesión de ministros en la que se espera contar con representantes de alrededor de 50 países que debatirán en torno al tema de



cómo deberán evolucionar las políticas del sector vial para atender las necesidades de la siguiente generación.

El Congreso congregará a más de tres mil profesionales de las carreteras de todo el mundo y ofrecerá una magnífica oportunidad de conocer los temas de mayor relevancia actual, así como de conocer, a través de la exhibición paralela al Congreso que tendrá lugar durante la misma semana, las acciones que países y proveedores están realizando en diversos campos de actividad del sector.

El trabajo técnico de la Asociación Mundial se realiza en el seno de los diecisiete Comités Técnicos, agrupados en cuatro Temas Estratégicos, y dos Grupos de Trabajo. ¿Cómo están desarrollándose los trabajos y cuáles son los logros más importantes?

Los Comités Técnicos son decisivos para los trabajos técnicos de la Asociación y, como ya dije, en Seúl presentarán los principales resultados de la temática que han desarrollado conforme a lo establecido en el Plan Estratégico de la Asociación para el período 2012-2015; esta temática está agrupada en cuatro

«En la mayor parte de los países, la conservación vial tiene una gran importancia y por ello la Asociación acordó desarrollar un proyecto especial dedicado a este tema»

«La participación española en la Asociación ha sido relevante no sólo por contar con los valiosos aportes de sus especialistas en los campos más variados de la temática carretera, sino también por su papel promotor e impulsor»

grandes rubros, que son gestión y rendimiento; acceso y movilidad; seguridad e infraestructura.

Los Comités Técnicos han trabajado arduamente durante los últimos tres años y medio y actualmente preparan los informes que presentarán en Seúl y que después serán publicados por la Asociación, con el liderazgo de sus Presidentes y bajo la coordinación de los responsables de los cuatro temas estratégicos.

Algunos temas a destacar incluyen la presentación del nuevo Manual de Seguridad Vial elaborado por la Asociación, así como de los avances logrados en la actualización del Manual de Operación de Redes Carreteras y Sistemas Inteligentes de Transporte y en la preparación del Manual de Administración de Activos de Carreteras. También será relevante la difusión del informe especial sobre Cambio Climático.

Uno de los últimos documentos realizados por la Asociación Mundial hace referencia a la importancia de la conservación. Hace unas semanas intervino en Valladolid en el I Congreso Multisectorial de la Carretera donde tuvo ocasión de presentar este documento. ¿Qué destacaría de este documento y cómo se considera la conservación en la Asociación Mundial?

En la mayor parte de los países, la conservación vial tiene una gran importancia y por ello la Asociación acordó desarrollar un proyecto especial dedicado a este tema, el cual culminó a finales de 2014 con la publicación del informe «La Importancia de la Conservación de Carreteras». El informe busca ilustrar cómo el destinar niveles adecuados de gasto a la conservación vial permite lograr importantes beneficios económicos y sociales. Quizás más importante aún, deja claros los efectos negativos para

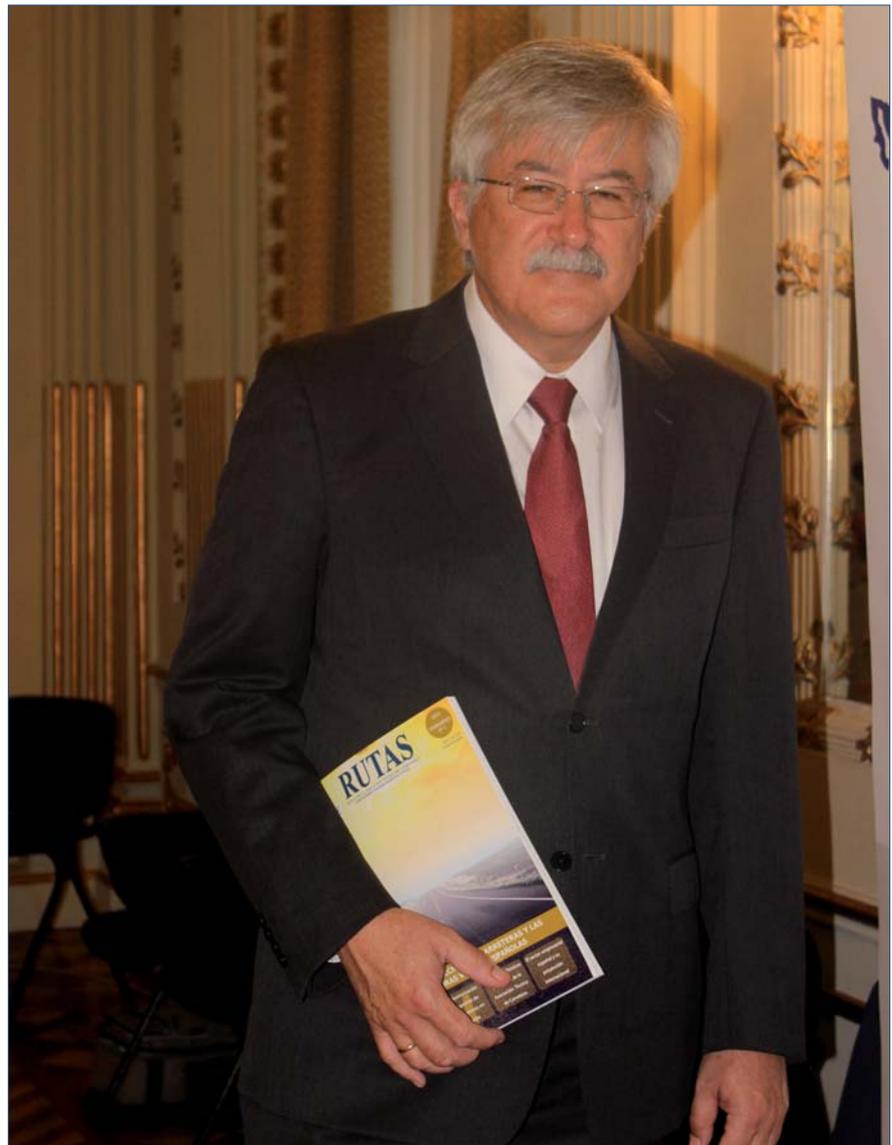
una sociedad por una conservación inadecuada.

El informe va dirigido principalmente a los altos funcionarios de las administraciones de carreteras, así como a los responsables de la financiación en el sector público. Ofrece una perspectiva completa y resumida sobre la necesidad de la conservación de las vías en la mayoría de los países. Proporciona una visión global del problema, de la necesidad de abordarlo de manera sistemática y consistente, e identifica los principales elementos necesarios para gestionar el problema de manera eficaz. Presenta estudios de casos que ilustran la forma en la que los países han afrontado retos relacionados con la conservación vial, así como la manera en que han abordado ciertos problemas. También contiene una bibliografía actualizada.

Desde su punto de vista ¿cómo evalúa la contribución de España a la Asociación Mundial?

España es un país muy importante para la Asociación Mundial de la Carretera. Lo ha sido en el pasado, lo es en la actualidad y tengo gran confianza en que continuará siéndolo en el futuro. Desde hace muchos años, la participación española en la Asociación ha sido relevante no sólo por contar con los valiosos aportes de sus especialistas en los campos más variados de la temática carretera, sino también por su papel promotor e impulsor de las actividades de la Asociación en otras regiones del mundo, entre las que sin duda destaca la región iberoamericana.

Para nuestra Asociación, asegurar la continuidad de la relevante presencia española es una tarea de interés primordial, especialmente ahora que con el insustituible apoyo de los profesionales españoles se ha avanzado de manera significativa en la incorporación del español como tercer idioma oficial de la Asociación.



Desde su fundación, hace más de 100 años, la Asociación Mundial ha tenido dos lenguas oficiales: inglés y francés. ¿Qué acciones se están implementando para incorporar al idioma español como la tercera lengua oficial?

Desde hace más de veinte años, con el decidido impulso de España y algunos países de Iberoamérica como Argentina, Chile y México, la Asociación ha desarrollado un esfuerzo sistemático para mejorar sus opciones de comunicación con las comunidades de los profesionales de las carreteras de los países hispanohablantes y superar la permanente barrera que ha representado el no poder dotarlos

con información técnica de carreteras en su idioma natal.

Durante los últimos dos años, apoyados en la continuidad del esfuerzo realizado durante esos 20 años, en el interior de la Asociación se han desarrollado acciones para consolidar al español como tercera lengua oficial antes de 2020. Esas acciones buscan privilegiar, sobre todo, la producción de informes en español, la creación de una versión española de la página web de la Asociación y la facilitación de la participación de profesionales de habla hispana en los diferentes eventos de la Asociación.

El objetivo es lograr una mayor influencia de la Asociación en los países de habla española, a través de la mayor difusión y conocimiento de



su información y sus publicaciones, a la vez que beneficiarse de una mayor participación de profesionales de la carretera de esos países en sus trabajos.

Hablando de futuro, ¿cuáles considera los temas más importantes que debe abordar en los próximos años la Asociación Mundial?

El principal reto de la Asociación Mundial de la Carretera es, hoy y siempre, el de mantenerse como líder mundial en la transferencia de conocimientos y tecnologías en el ámbito carretero y consolidar su papel como tal. En la actualidad, para lograrlo es fundamental que la Asociación se mantenga abierta y receptiva a la

identificación de los temas de mayor actualidad en el sector, con objeto de tener respuestas informadas a las necesidades de conocimiento que le planteen sus miembros. Algunas líneas de trabajo que le pueden resultar útiles para ello son:

- Preservar una visión mundial e integral de las carreteras y sus funciones.
- Aumentar la colaboración con organizaciones regionales de carreteras, manteniendo un equilibrio internacional para lograr un intercambio de información y conocimientos más amplio y variado.
- Mantener apertura hacia nuevas formas de trabajo y tecnologías que puedan contribuir a aumentar la eficiencia de la transferencia de conocimientos.

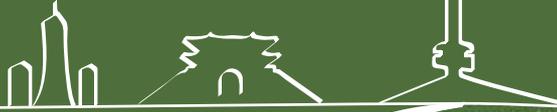
- Promover una mayor participación de los países en vías de desarrollo generando productos de especial relevancia para ellos.
- Desarrollar nuevas estrategias para aumentar la participación de administraciones carreteras subnacionales, especialmente en países de dimensiones continentales.
- Incorporación de jóvenes profesionales.

¿Qué cambios prevé a medio y largo plazo en las carreteras y en el transporte por carretera?

Como parte de la elaboración de su Plan Estratégico para 2016-2019, la Asociación Mundial de la Carretera ha identificado los temas de mayor relevancia futura para la comunidad internacional de los profesionales de la carretera. Si bien los temas de mayor interés varían de un país a otro, según su nivel de desarrollo relativo y la etapa en la que se encuentran sus sistemas carreteros, algunos temas que seguramente demandarán atención creciente en el futuro son los siguientes:

- Gestión de activos carreteros y preservación del patrimonio vial.
- Resistencia ante el cambio climático.
- Apoyo al combate a la pobreza extrema y a la consecución de los objetivos del milenio de las Naciones Unidas.
- Movilidad en grandes ciudades e integración de sistemas de transporte.
- Empleo de energías renovables y limpias en el sector vial.
- Desarrollo tecnológico en infraestructura y en vehículos. Aumento de la comunicación infraestructura/vehículo.
- Aumento de la seguridad vial y reducción del número de accidentes.
- Mayor participación de empresas privadas en el diseño, la construcción, la conservación y la operación de carreteras. ❖

SEOUL 2015



El XXV Congreso Mundial de la Carretera

Seúl, República de Corea
2~6 de noviembre de 2015

Elementos para una gesti3n proactiva del ruido



Measures for a proactive noise management

Fernando Segu3s Echazarreta

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos del Estado

Jes3s Rubio Alf3rez

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos del Estado

Resumen

El ruido es uno de los grandes problemas ambientales contempor3neos a los que se enfrentan los gestores de infraestructuras, entre ellos los de carreteras, porque afecta a la salud de un gran n3mero de ciudadanos, genera afecciones consideradas como insoportables no s3lo por los directamente afectados, sino por la legislaci3n europea vigente, y ese marco legal hace que las superaciones de los objetivos de calidad considerados en la legislaci3n se traduzcan en denuncias contra las administraciones responsables de su disminuci3n.

Este problema es considerado de forma homog3nea en toda Europa, y ha dado lugar a que en los 3ltimos a3os se haya desarrollado una metodolog3a com3n para realizar mapas estrat3gicos que definan el problema; se ha establecido la metodolog3a para informar al p3blico; se han planteado los contenidos de los planes que deben acometerse para disminuir la afecci3n ac3stica; y se han analizado cu3les son las medidas m3s eficaces y m3s rentables en la resoluci3n de este problema.

El presente art3culo se basa en la experiencia del grupo de trabajo espec3fico del Comit3 Europeo de Directores de Carreteras (CEDR) entre los a3os 2008 y 2013, y en la experiencia de la Administraci3n Central espa3ola desde 2004 que incluye diversos estudios piloto, la realizaci3n de Mapas Estrat3gicos en aproximadamente 6000 km de carreteras estatales en la fase 1, el correspondiente Plan de Acci3n 2008-2013, nuevas reflexiones metodol3gicas para conseguir una herramienta eficaz en la gesti3n cotidiana de la Direcci3n General de Carreteras del Estado, y la realizaci3n de 11 454 km de mapas en la fase 2, adaptados al m3todo com3n europeo.

Se revisan tambi3n las distintas posibilidades de actuaci3n para la disminuci3n del ruido en las carreteras, planteando su eficiencia, es decir: qu3 disminuciones del problema conseguimos por cada euro invertido en cada uno de los casos.

PALABRAS CLAVES: Ruido ambiental de infraestructuras, Directiva del Ruido, CNOSSOS-EU, CEDR, Mapas estrat3gicos de ruido, Planes de acci3n contra el ruido.

Abstract

Noise is one of the great contemporary environmental problems that managers of infrastructures, including roads, face. It affects the health of a large number of citizens, generates conditions considered unacceptable not only for those directly affected, but by the European legislation in force, and this legal framework makes the exceedances of the quality objectives considered may result allegations against administrations responsible for its reduction.

This problem is considered evenly across Europe, and it has led to a common methodology to carry out strategic noise maps that define the problem. A common methodology for public information has also been established; the contents of the plans that should be undertaken to reduce the noise impact have been raised and an analysis of the effectiveness of the measures has been studied in different European Roads Administrations.

This article is based on the experience of the Noise Group of the Conference of European Directors of Roads (CEDR) between 2008 and 2013, and on the experience of the Spanish Central Administration since 2004 that includes several pilot studies, strategic maps of approximately 6000 km of State roads in phase 1; the Action Plan 2008-2013; new methodologies to achieve an effective tool in the roads net management; and the mapping of 11 454 km in phase 2, adapted to the European common method.

Different measures for noise reduction are checked and reviewed, posing its efficiency, i.e.: what decreases do we get for every euro invested in different cases.

KEY WORDS: noise, CNOSSOS-EU, CEDR, strategic maps, action plans.

Por qué integrar la gestión del ruido en las actividades cotidianas de las administraciones de carreteras

En general, antes de empezar a ver cómo acometer la solución de un problema conviene plantearse por qué es necesario enfrentarse a él, para poder así acotar el terreno en el que debe darse la solución. En el caso del ruido generado por las carreteras el problema existe hasta el punto de que es objeto de quejas y denuncias por parte de los ciudadanos afectados; puede agravarse por la inacción de los organismos responsables; y la responsabilidad de los agentes implicados está definida en el marco legal existente. Este marco es europeo y afecta a administraciones responsables de diversos modos de transporte y a ayuntamientos. En el caso de carreteras los grandes ejes viarios, definidos por el tráfico anual que soportan, deben ser estudiados y mejorados según la Ley del Ruido y el conjunto de la legislación que traspone y desarrolla la Directiva europea 2002/49/CE sobre evaluación y gestión del ruido ambiental.

Siendo suficiente este argumento legal, existen otros igualmente relevantes: según la Organización Mundial de la Salud / *World Health Organization* (OMS / WHO) el ruido ambiental es una amenaza a la salud pública [1] [2], llegando a calificar los problemas generados en las carreteras de epidemias ocultas.

Su disminución tiene plazos: tanto la legislación vigente como el séptimo plan de acción ambiental de la Comunidad Europea plantean que la contaminación acústica debería ser disminuida de manera significativa para el año 2020. También conviene recordar en esta breve reflexión acerca de la magnitud del problema, que el Defensor del Pueblo en numerosas ocasiones ha considerado el derecho al descanso como un derecho básico

a garantizar, con independencia de su origen.

Matizando la pregunta inicial, reconvertida a por qué hay que actuar ahora contra el ruido, podemos añadir argumentos económicos: las actuaciones que mejoran el descanso o las condiciones laborales sometidas a ruido inadecuado, suponen un ahorro cuantificable en gastos sanitarios y horas laborables perdidas. Una primera aproximación es la de un euro por decibelio (dB) disminuido y persona, en los casos de exposición excesiva. También son monetarizables las revalorizaciones de las viviendas afectadas por un ruido excesivo cuando éste disminuye.

Hemos dejado para el final, después de los argumentos legales, sociales, ambientales y económicos, los políticos. Las actuaciones contra el ruido son mejoras de vida de los ciudadanos, se pueden producir en todo el territorio, son comparativamente mucho más baratas que las actuaciones convencionales en la creación o mejora de las carreteras, y son una de las pocas medidas de mejora ambiental que un ministerio cuya función es crear y mantener infraestructuras puede ofrecer a la opinión pública. Pueden ser "la cara verde" del ministerio.

Dónde hay que incorporar esta gestión

En una administración de carreteras, sea Dirección General o Agencia, las cuestiones ambientales deben ser transversales. El ruido, una de ellas, también debe formar parte del trabajo cotidiano de los responsables de planificar, proyectar, ejecutar y conservar la red.

Los Mapas Estratégicos de Ruido (MER), deben ser realizados cada cinco años, pero estos mapas son solamente uno de los elementos necesarios en la gestión. En el caso de los estudios informativos y proyectos, el ruido debe estar incorporado desde el principio para definir los trazados y las soluciones constructivas más adecuadas para minimizar la afección acústica. Podemos ver en las ilustraciones la diferente afección que puede producirse en el mismo trazado al variar la rasante de las alternativas consideradas en la variante exterior de Granada (Figura 2), y las distintas estimaciones del ruido en una actuación en la Red Arterial de Zaragoza, con un detalle mucho mayor.

Si tenemos un problema grave con un colindante, como era el caso de Zaragoza (Figura 3), la herramienta adecuada podría ser un proyecto de

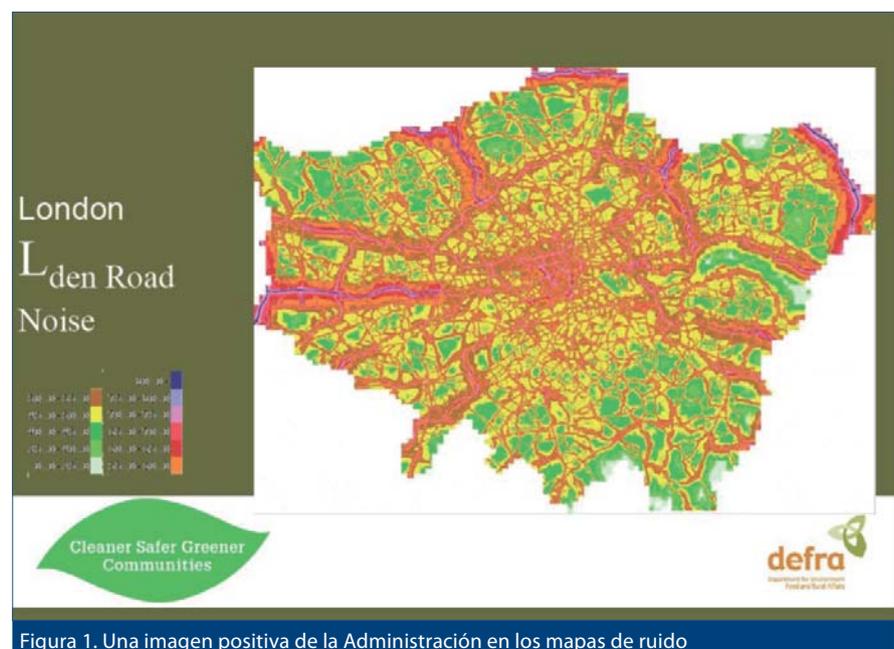


Figura 1. Una imagen positiva de la Administración en los mapas de ruido

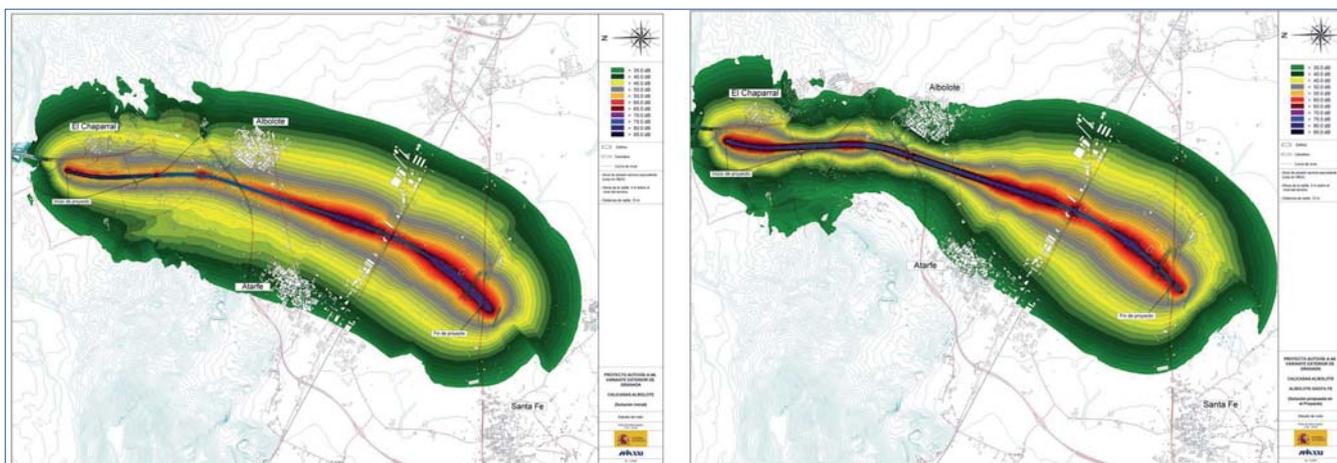


Figura 2. Huellas de ruido en la circunvalación de Granada en alternativas idénticas en planta, con cruce superior e inferior del ferrocarril

trazado, o si queremos definir un plan zonal en un itinerario con problemas en cuyas soluciones necesitemos una mayor definición que la de los Mapas Estratégicos. Esa precisión nos permitiría establecer las prioridades en las actuaciones a realizar e incluso, una vez sometidos a información pública, establecer las Zonas de Servidumbre Acústica previstas en la legislación, en

las cuales se exige del cumplimiento de los objetivos de calidad acústica, una vez planteadas todas las actuaciones viables desde los puntos de vista técnico y económico.

En caso de producirse estos planes zonales, deben estar enmarcados en el Plan Estratégico exigido por la Ley con periodicidad quinquenal, igual que los MER.

La metodología seguida en la segunda fase cuyo plazo era 2012 ha sido, en el caso de la red estatal, diferente de la primera, debido fundamentalmente a la disponibilidad de un modelo digital del terreno del Instituto Geográfico Nacional, y de información catastral que en 2007 no se encontraba disponible. Esto ha permitido generar una *geodata* base en 9544 km de carreteras cuya actualización será fácil en 2017, así como 1910 km de autopistas de peaje cuyos MER cumplen todos los aspectos recogidos en la legislación, pero que en ocasiones no han sido idénticos a los anteriores.

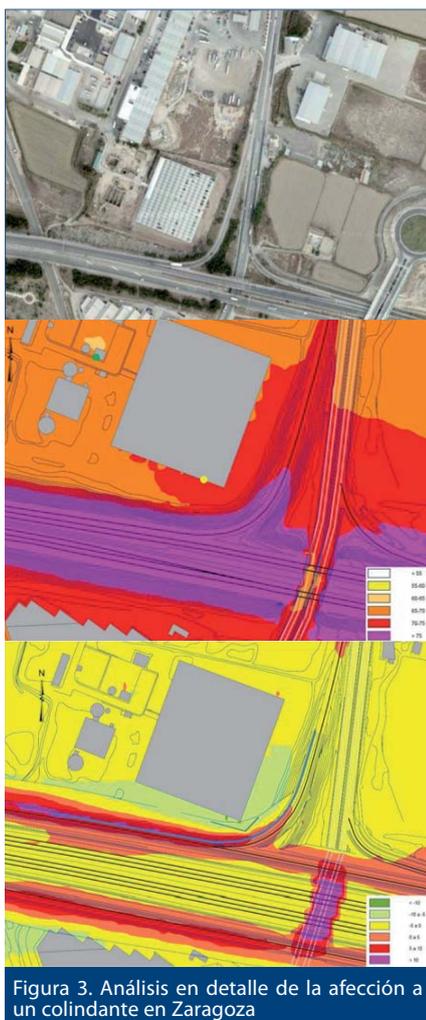


Figura 3. Análisis en detalle de la afección a un colindante en Zaragoza

Cómo hay que actuar: el ciclo de cinco años

La forma común de proceder en Europa está establecida con fechas fijas cada cinco años [3]. La primera fase (*first round* en la terminología común europea), con la que todas las administraciones comenzaron los Mapas Estratégicos de Ruido, se terminó en 2007, seguida por los correspondientes planes estratégicos (en el caso de la red estatal española, el Plan de Acción contra el Ruido, PAR 2008 – 2012). Cada cinco años tanto los mapas como los planes deben ser actualizados para cuantificar cómo ha disminuido la población expuesta a niveles de ruido inadmisibles [4].

Tanto los MER como los Planes Estratégicos deben ser sometidos a sendas informaciones públicas en la *web*, y en el caso de la red estatal la información se ha mantenido de forma permanente, para facilitar su uso por parte de otras administraciones, especialmente en las revisiones de los planeamientos urbanos, y su consulta por parte de los afectados.

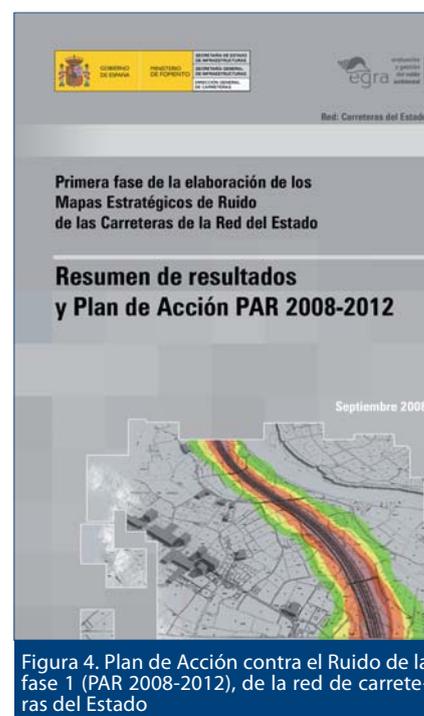


Figura 4. Plan de Acción contra el Ruido de la fase 1 (PAR 2008-2012), de la red de carreteras del Estado

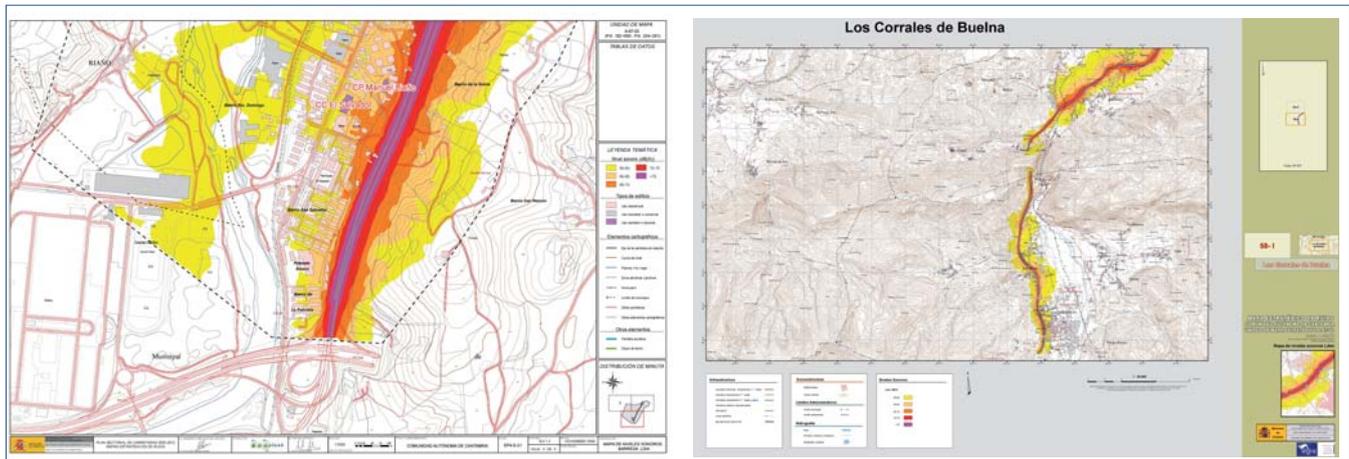


Figura 5. Ejemplo de la fase 1 del PAR. a) Escala 1:5000. b) Formato IGN a escala 1:25 000

La participaci3n en grupos de trabajo espec3ficos para garantizar la convergencia de m3todos y procedimientos en las distintas administraciones europeas, permiten asegurar la confluencia en la fase 3 con el resto de las administraciones europeas, en una metodolog3a com3n: *Common Noise Assessment Methods in Europe* (CNOSSOS-EU) [5], que sustituir3 a las metodolog3as nacionales utilizadas en las fases 1 y 2.

Creando la herramienta europea

El avance conjunto con otras administraciones europeas de carreteras que llevan d3cadas gestionando el ruido generado y planteando medidas para paliarlo, nos permite ver el uso que queremos dar a las posibilidades existentes en estos momentos, en lo que se refiere a diagnosticar y modelizar las diferentes posibilidades de actuaci3n antes de su ejecuci3n.

Los modelos existentes permiten, partiendo del terreno, los edificios y la poblaci3n asignada a cada edificio, obtener los resultados cuantitativos de poblaci3n expuesta por niveles de ruido durante el d3a, la tarde y la noche, as3 como cuantificar la poblaci3n expuesta en los colegios y hospitales afectados.

La experiencia com3n, que comenz3 en 2007 con la entrega de la primera fase de los MER, ha permitido plantear las mejores pr3cticas tanto en la realizaci3n de mapas como en

la de los planes, en el marco de la Conferencia Europea de Directores de Carreteras (CEDR), que adem3s de procurar homogeneizar los procesos en las diferentes Administraciones Nacionales de carreteras [6], impulsa tambi3n investigaciones de inter3s compartido referentes al ruido, como son los pavimentos fonoabsorbentes experimentados simult3neamente en diferentes pa3ses.

Centr3ndonos en los an3lisis previos a la ejecuci3n de medidas [7], podemos asegurar que estamos en condiciones de disponer de una herramienta que, gestionada por los responsables directos en el terreno (en el caso de la red estatal, las Demarcaciones de Carreteras de la Direcci3n General de Carreteras), permitir3a entre otras cuestiones la mejora de los informes urban3sticos que preceptivamente se realizan; aportar a los Ayuntamientos, en formato directamente utilizable, la informaci3n necesaria para que se puedan establecer los usos adecuados a los niveles de ruido existentes; la definici3n de zonas de servidumbre ac3stica que deber3a estar completada antes del 2020; la coordinaci3n con otras administraciones responsables del ruido para plantear planes que contemplen el conjunto de fuentes de ruido molestas, o asumir la existencia la definici3n y las exigencias de las zonas tranquilas [8].

Esta herramienta permite modelizar diferentes posibilidades de actuaci3n y analizar diferentes me-

didadas, entre las que se incluyen la utilizaci3n de pavimentos fonoabsorbentes, la disminuci3n de las velocidades nocturnas, la eficacia de barreras de distintas alturas, y en conjunto podr3a garantizar que las actuaciones propuestas por el gestor directo respondan a la m3xima eficiencia, con criterios comparables en el conjunto de la red. Estos criterios se refieren b3sicamente a no generar agravios comparativos y no actuar donde m3s protestas haya, sino viendo la gravedad del problema en cada tramo de la red, en funci3n del nivel de ruido y de las personas expuestas. La ordenaci3n de las actuaciones en funci3n de la gravedad, junto con la viabilidad de las propuestas y su eficacia en la disminuci3n del problema permitir3an una selecci3n de las inversiones m3s eficiente en t3rminos de beneficio obtenido por euro invertido [9].

Diferentes medidas a incorporar en la gesti3n

Ya se han apuntado una serie de medidas que pueden adoptarse si se quiere realizar una gesti3n proactiva en el conjunto de la administraci3n responsable del ruido, y eso incluye disponer de una herramienta adecuada para valorar los diferentes efectos de las posibles actuaciones, antes de ejecutarlas, pero conviene dedicar los 3ltimos p3rrafos a comentar las posibilidades de actuaci3n que al final pueden plantearse.



Figura 6. Caball3n en la A-2 visto desde la urbanizaci3n colindante en ambos sentidos. La autov3a apenas se percibe

En primer lugar destacaremos que las medidas preventivas son las m3s eficaces. Un acuerdo urban3stico que garantice que en los lugares donde inevitablemente va a haber m3s ruido que el deseado no se van a autorizar usos inadecuados, es lo m3s rentable y lo m3s razonable. O saber que manejando la cota del terreno y los movimientos de tierras se generan caballones de altura suficiente (Figura 6) como para proteger del ruido a las edificaciones colindantes a la carretera, y que existen ejemplos de ello en nuestra red de carreteras espa3ola. Hay un caso singular en Holanda en el que merece la pena fijarse: en Utrech (Figura 7) se autoriz3

un edificio cercano a la carretera con la condici3n de que su fachada m3s expuesta hiciese de pantalla para los edificios m3s distantes. El beneficio es doble, ya que el edificio autorizado tiene vocaci3n de escaparate por tratarse de un concesionario de veh3culos interesado en que los coches expuestos se vean desde la carretera (Figura 7).

En segundo lugar cabe contemplar la posibilidad de reducir el ruido mediante una disminuci3n de la velocidad nocturna. Es una medida poco frecuente, pero s3 hay alg3n caso con limitaci3n de tr3nsito de veh3culos pesados en horario nocturno por determinadas traves3as, y

bien explicada podr3a ser bien asumida por los usuarios. Tengamos en cuenta que estamos hablando de traves3as de poblaci3n y de determinados tramos de redes arteriales con edificación colindante en altura donde la dificultad para adoptar otras medidas es grande. Esta medida puede complementarse con otra que es la 3nica posible en determinados casos: la utilizaci3n de pavimentos fonoabsorbentes.

Merece la pena hacer una menci3n del proyecto europeo Persuade [11], centrado en la experimentaci3n de pavimentos que puedan llegar a producir descensos hasta de 10 dB. En palabras de su coordinador, del



Figura 7. Edificio barrera en construcci3n y una vez acabado (Utrech - Pa3ses Bajos)

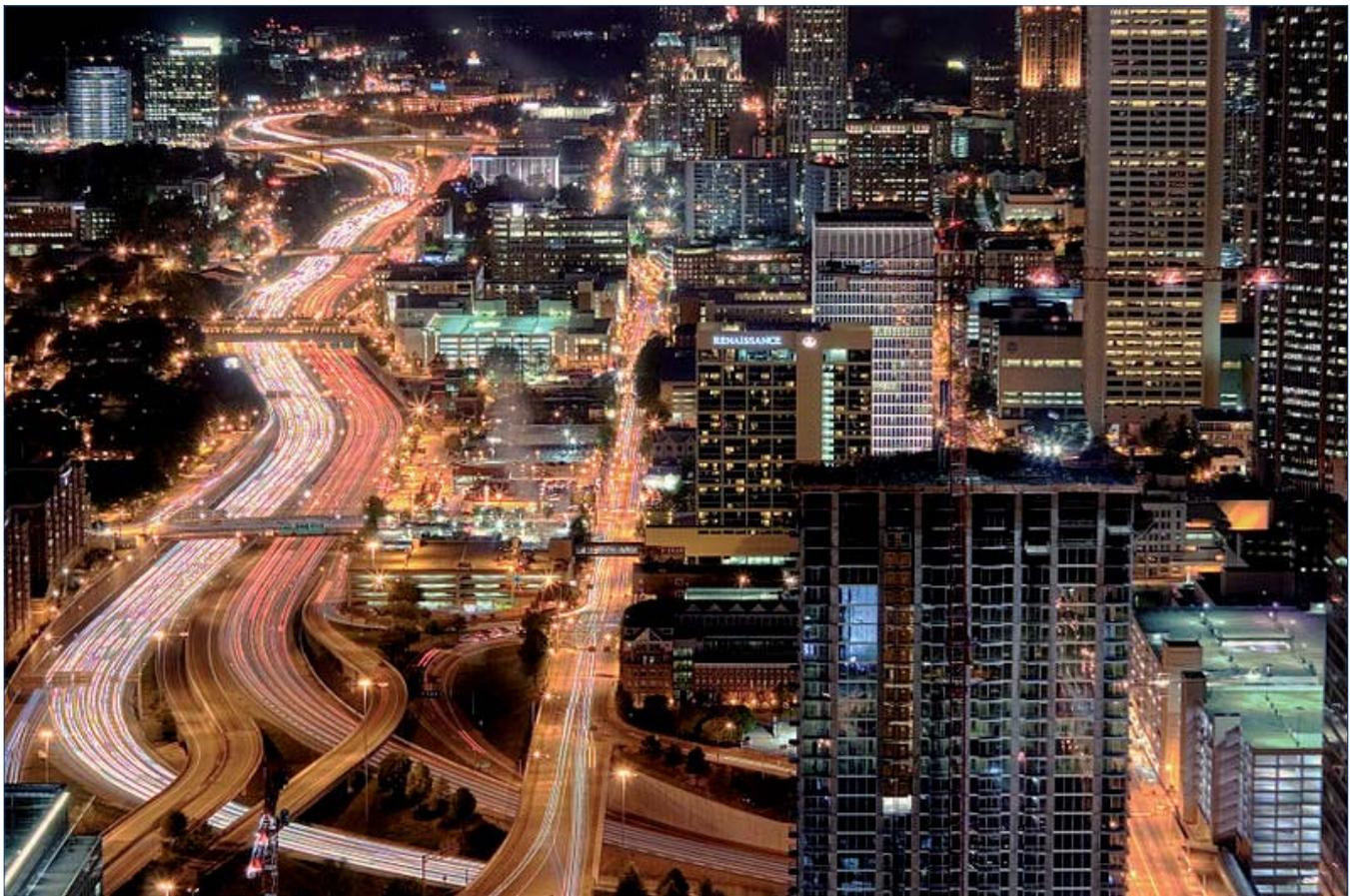


Figura 8. Viario urbano en Atlanta [autor: Brett Weinstein]

Centro Belga de Investigaci3n de Carreteras (*Belgian Road Research Centre, BRRC*), el objetivo es generar una reducci3n dr3stica del ruido generado por el tr3fico. El proyecto, activo hasta finales de 2015, incluye la experimentaci3n de las secciones dise1adas en Dinamarca, Suecia, B3lgica, Polonia y Eslovenia. Los an3lisis iniciales indican que los pavimentos que est3n plante3ndose ser3an una alternativa tan eficiente como las barreras desde el punto de vista econ3mico, incluso con una vida 3til de tres a1os, y los experimentos permiten estimar una vida 3til de siete a nueve a1os.

La realizaci3n de pantallas ac3sticas es la medida m3s extendida en nuestras carreteras y tambi3n la m3s cara [12]. Existen ejemplos de tipolog3as muy diferentes, pero exigen disponer de espacio suficiente para su implantaci3n y en ocasiones los edificios son de una altura que hace que los pisos superiores queden sin la

protecci3n que se produce en los de menor altura (Figura 9).

Cuando las pantallas se encuentran pr3ximas a la fuente o cambian su forma vertical, su eficacia es mayor, pero no olvidemos que estar cerca no es estar en la fuente.

En la fuente se encuentran el pavimento y la rueda, y sobre esta 3ltima tambi3n cabe actuar, aunque esta actuaci3n para que sea eficaz debe ser adoptada a un nivel europeo procurando para los neum3ticos un etiquetado equivalente a la

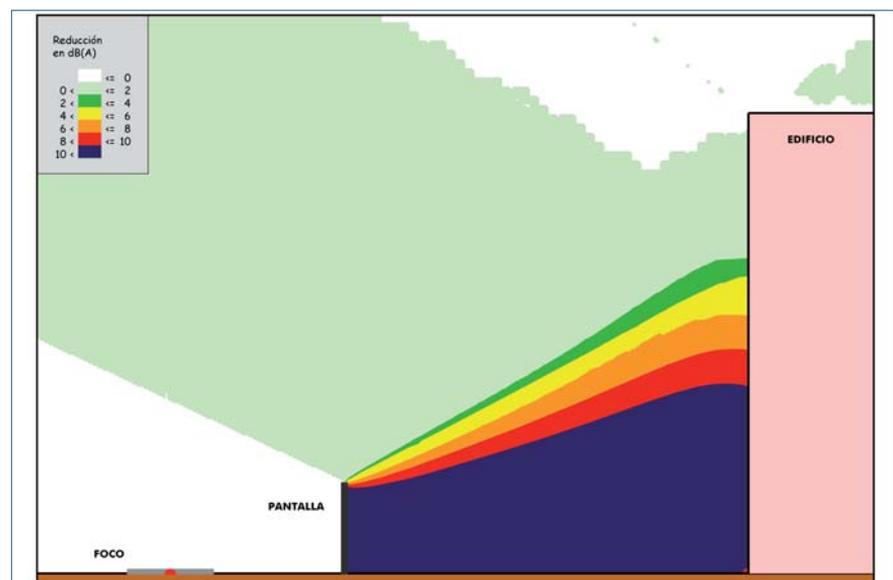


Figura 9. Efecto de una pantalla vertical en una edificaci3n cercana



Figura 10. Ejemplo de pantalla antiruido. Red arterial de Melbourne

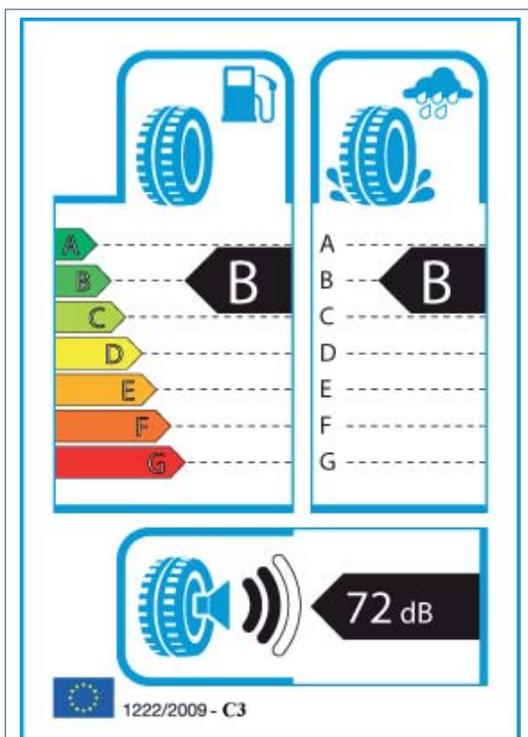


Figura 11. Propuesta de etiqueta europea de neumáticos

del consumo energético de los electrodomésticos, de manera que el comprador de un juego de ruedas sepa si son más o menos silenciosas (Figura 11).

Esta última medida se encuentra lejos de la gestión cotidiana de nuestras carreteras, pero sería la más eficaz y disminuiría de forma notable los problemas actuales, según las conclusiones de un grupo de trabajo del CEDR centrado en el análisis de la rentabilidad económica de las distintas medidas que pueden adoptarse frente al ruido en las carreteras. El estudio concluye que el potencial de reducción del ruido con pantallas, pavimentos o disminución del ruido de los neumáticos aumenta en el orden en el que están citadas las medidas,

teniendo en cuenta las personas beneficiadas con cada una de las actuaciones.

Estos datos, resultado de estimaciones agregadas europeas, son suficientemente elocuentes como para pensar que aunque la actuación sobre el diseño de los vehículos y neumáticos no es objeto de la conservación o la explotación ordinaria de las carreteras, sí debería ser objeto de una gestión activa al nivel adecuado, junto con otras iniciativas que ya se han producido en este sentido en otras Direcciones Generales Europeas, sabiendo que puede repercutir de una manera notable en la disminución del grave problema del ruido generado por los vehículos que circulan por nuestras carreteras.

Bibliografía

- [1] WHO Regional Office for Europe; *Burden of Disease from Environmental Noise. Quantification of Healthy Life Years Lost in Europe*; 2011.
- [2] Jaana I. Halonen et al; *Associations Between Nighttime Traffic Noise and Sleep: The Finnish Public Sector Study*; Environmental Health Perspectives; volume 120, number 10; 2012.
- [3] Stylianos Kephelopoulos, Marco Paviotti, Fabienne Anfosso-Lédée; *Common Noise Assessment Methods in Europe (CNOSSOS-EU)*; Publications Office of the European Union; 2012.
- [4] Monica Guarinoni; et al; *Towards a Comprehensive Noise Strategy*; Directorate General for Internal Policies - European Parliament; 2012.
- [5] European Environment Agency - Working Group on the Assessment of Exposure to Noise (WG-AEN); *Presenting Noise Mapping Information to the Public*; 2008.
- [6] Alberts, W., O'Malley, V., et al; *The European Noise Directive and National Roads Authorities (NRAs): Final summary report CEDR Road Noise 2009-2013*; 2013.
- [7] Rubio, J. et al; *Best Practice in Strategic Noise Mapping*; CEDR Report; 2013.
- [8] Fryd, J. et al; *National Road Authorities' Practice and Experiences with Preparation of Noise Action Plans*; CEDR Report; 2013.
- [9] Milford, I. et al; *Value for Money in Road Traffic Noise Abatement*; CEDR Report; 2013.
- [10] Bendtsen, H.; *Noise Barrier Design. Danish and some European Examples*; The Danish Road Institute, Road Directorate and University of California Pavement Research Center; 2010.
- [11] PERSUADE Project; <http://persuade.fehrl.org/>; última consulta: 27.03.2015.
- [12] Evaluación y gestión del ruido ambiental; <http://webaux.cedex.es/egra>; Ministerio de Fomento, Dirección General de Carreteras y CEDEX; última consulta: 27.03.2015.
- [13] Sistema de información sobre contaminación acústica; <http://sicaweb.cedex.es>; Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y CEDEX; última consulta: 27.03.2015. ❖



Figura 12 – Barrera en Dordrecht (Países Bajos) con paneles solares incorporados, generadora de ingresos

Planteamiento sistemático de la mejora de las condiciones de seguridad de las márgenes de las carreteras



Systematic approach to improving safety conditions
at the edge of the roads

Redactado por:
José María Pardillo Mayora
Francisco Morales Ortega
Sergio Corredor Peña

Comité Técnico de Seguridad Vial
Grupo de Trabajo: Márgenes
Asociación Técnica de Carreteras

Resumen

El planteamiento sistemático de medidas de acondicionamiento de las márgenes de las carreteras destinadas a paliar las consecuencias de las salidas de la calzada en la medida que resulta técnica y económicamente viable es un aspecto fundamental de la gestión de la seguridad de las infraestructuras viarias. La existencia de un terreno uniforme con inclinaciones suaves y sin obstáculos rígidos contiguo a la calzada proporciona al conductor la oportunidad de recuperar el control de su vehículo y minimiza la probabilidad de que se produzca un vuelco. El diseño de unas márgenes seguras conlleva la eliminación de los obstáculos peligrosos, su localización en las áreas menos vulnerables o su protección mediante sistemas de contención de vehículos. En el artículo se exponen los primeros resultados de la actividad del Grupo de Trabajo Márgenes del Comité Técnico de Seguridad Vial de la Asociación Técnica de Carreteras (ATC) en relación con los criterios de establecimiento de una zona de seguridad en las márgenes y con dos aspectos concretos del acondicionamiento de las márgenes: los dispositivos de alerta en el borde de la calzada y el estado actual de la normalización de los dispositivos de contención en Europa. En próximos artículos se expondrán los resultados de otros aspectos sobre los que el grupo está trabajando.

PALABRAS CLAVES: Seguridad vial, márgenes, salidas de la calzada, zona de seguridad, dispositivos de alerta, normalización de sistemas de contención de vehículos.

Abstract

A systematic approach of measures to mitigate vehicles swerving off the road, as far as this is technically and economically feasible, is a crucial aspect of road infrastructure safety management. The existence of a uniform terrain with soft inclinations without rigid barriers adjacent to the road gives the driver the opportunity to better control his vehicle and minimizes the risk of vehicle rollover. The design of a safe road edge eliminates dangerous obstacles, their location in less vulnerable areas or protection by vehicle restraint systems. This article presents the first results of the activity of the Road Edge Working Group, of the Technical Committee on Road Safety of the Technical Road Association (ATC) in relation to the criteria for establishment of a security zone along the edge of the road, including two specific aspects conditioning the road edge: warning devices at the edge of the road and the current state of standardization of road restraint systems in Europe. The Working Group will present in future articles the results of his work on other aspects.

KEY WORDS: Road Safety, edge of the road, swerving off the road, safe area, warning devices, standardization of road restraint systems.

Prólogo

(Por Roberto Llamas Rubio, presidente del Comité Técnico de Seguridad Vial de la Asociación Técnica de Carreteras)

Las salidas de la calzada son el tipo de accidente más frecuente en España, suponiendo más de la tercera parte de todos los accidentes con víctimas que se producen en la red viaria nacional de nuestro país. Igualmente, también es uno de los accidentes más comunes en los países desarrollados. Prevenir esta tipología de accidente de tráfico, así como atenuar sus consecuencias, es uno de los objetivos perseguidos por los responsables de la seguridad circulatoria. Aún cuando los factores concurrentes o motivos principales de que tengan lugar este tipo de accidente se derivan de distracciones o elementos relacionados con el factor humano (somnolencia, cansancio, etc.), con la adopción de medidas sobre la infraestructura se pueden eliminar los mismos y/o reducir sus efectos sobre los ocupantes de los vehículos.

Con este fin fundamental surgió hace ya tiempo el concepto de las "carreteras benignas" y más específicamente las "márgenes que perdonan" o "forgiving roadsides". Concepto este, que, si bien nació en Estados Unidos allá por los años 60, en Europa no ha sido hasta mucho más recientemente cuando se ha tomado mayor conciencia del mismo y se ha incorporado de una manera más global y concreta. En este sentido, baste decir que fue en el período 2009-2013 cuando la Conferencia Europea de Directores de Carreteras (CEDR) abanderó el desarrollo de este concepto desde la óptica europea, introduciéndolo como una de sus prioridades de trabajo y desarrollando una guía metodológica para la implantación de algunos elementos de seguridad en las márgenes.

Advertir al conductor que está saliéndose del carril destinado a la circulación previamente a que ocurra la salida del vehículo de la carretera, mediante

dispositivos de alerta en el borde de la calzada, es un ejemplo claro de medidas ingenieriles que pueden adoptarse para prevenir estos accidentes. Pero también a la hora de diseñar la carretera debe tenerse en cuenta la posibilidad de disponer de una zona de recuperación del control del vehículo ante una hipotética salida de la calzada, ya sea diseñando márgenes con inclinaciones suaves y sin obstáculos, o al menos a una distancia suficientemente alejados del borde de la vía que no supongan un peligro, etc. A esta zona de seguridad se le denomina "clear zone" o zona despejada bajo este prisma de "forgiving roadsides", definiéndose como la franja contigua al borde exterior de la calzada que debe mantenerse libre de obstáculos no franqueables y presentar una pendiente transversal poco pronunciada para propiciar la recuperación del control de los vehículos que se salgan de la calzada. La anchura de esta zona no debe ser la misma para cada carretera, sino que dependerá básicamente del tipo de vía, la velocidad de circulación, el tráfico y las características del trazado.

Por otro lado, la disposición de barreras de seguridad en las márgenes es un procedimiento de seguridad pasiva muy habitual, si bien debe tenerse muy presente que el choque contra un sistema de contención (como las barreras) siempre se trata de un accidente, aunque sea, en general, más controlado y menos severo que el que tendría lugar de no existir dicho sistema de contención de vehículos. Por eso, siempre es deseable diseñar las carreteras sin necesidad de disponer barreras en las márgenes, aunque eso no siempre es viable económicamente. Por ello, es necesario llegar a una solución de compromiso derivada de un análisis técnico-económico sobre las diferentes medidas de acondicionamiento de las márgenes de las carreteras destinadas a paliar las consecuencias de las salidas de la calzada, considerando la eficacia sobre la accidentalidad de cada una de ellas.

Reseñar que un elemento fundamental en todos los programas de mejora de la seguridad de las infraestructuras viarias, tanto a nivel nacional como internacional, es el tratamiento de las márgenes de las carreteras para mejorar sus condiciones de seguridad precisamente ante las posibles salidas de la vía.

En este contexto de las carreteras que perdonan, y bajo la óptica de un planteamiento sistemático de medidas de acondicionamiento de las márgenes con el fin de reducir las consecuencias de las salidas de la calzada y de forma que resulten técnica y económicamente viables, se ha enmarcado uno de los trabajos propuestos desarrollar dentro del Comité Técnico de Seguridad Vial de la Asociación Técnica de la Carretera (ATC) durante el presente ciclo hasta el próximo Congreso Mundial de la Carretera que se celebrará en Seúl en noviembre de 2015. El objetivo primordial ha sido facilitar una aplicación general del concepto "forgiving roadsides" en el conjunto de la red viaria de nuestro país.

En este artículo se exponen los primeros resultados de la actividad del grupo de trabajo creado a tal efecto en relación con los criterios de establecimiento de una zona de seguridad en las márgenes. Primeramente se hace un breve repaso al estado del arte, definición y desarrollo del concepto "forgiving roadsides" para, seguidamente, adentrarse a analizar los elementos de riesgo en las márgenes y su clasificación, el establecimiento de una zona de seguridad y factores que intervienen en la determinación de su anchura, con ejemplos concretos en diferentes países, y la contemplación de las alternativas posibles de acondicionamiento de la zona de seguridad en las márgenes y sus órdenes de prioridad deseables.

Ya en la parte final del artículo, se revisan algo más en profundidad dos aspectos concretos del acondicionamiento de las márgenes: los dispositivos de alerta en el borde de la calzada y el estado actual de la normalización de los dispositivos de contención en Europa. Ambos aspectos muy empleados

en nuestro entorno y que requerirían de una uniformidad y homogeneidad en los criterios de implantación. Y para concluir se realizan algunas recomendaciones para generalizar la aplicación de una serie de medidas de acondicionamiento de las márgenes en el conjunto de la red viaria española.

Así pues, con la publicación de este artículo se viene a culminar la labor realizada hasta ahora por el grupo de trabajo creado "ad hoc" en el seno del Comité para abordar estos temas.

Por último y como Presidente del citado Comité de Seguridad Vial de la Asociación Técnica de la Carretera, quisiera expresar mi agradecimiento a todos los miembros que de alguna manera han participado y contribuido al trabajo desarrollado por el grupo anteriormente citado, y en especial a los autores de este artículo por su esfuerzo y dedicación.

1. Introducción

Las medidas destinadas a paliar las consecuencias de las salidas de la calzada vienen siendo un componente fundamental de los programas de mejora de la seguridad viaria desde sus orígenes en la década de 1960. Ya entonces el 35% de las víctimas mortales en accidentes de tráfico en las carreteras de los Estados Unidos se producían como consecuencia de salidas de la calzada, lo que justificaba la incorporación de medidas de tratamiento de las márgenes a los programas de seguridad vial [1]. A pesar de los avances que se han producido desde entonces, tanto en el campo del diseño de las carreteras como en el de su equipamiento, la proporción de la accidentalidad total que tiene su origen en salidas de la calzada sigue manteniéndose en valores similares a los de los años sesenta. Así, por ejemplo, en 2013 este tipo de siniestros supusieron un 37% de todos los accidentes con víctimas registrados en la carreteras interurbanas españolas y originaron un 36% de las víctimas mortales, de acuerdo con los datos de la Dirección General de Tráfico [2].

En principio, la mejor forma de prevenir estos accidentes consiste en evitar que los vehículos lleguen a salir sin control de la zona pavimentada. A este fin pueden contribuir primordialmente medidas sobre el factor humano dirigidas a evitar las distracciones, la conducción bajo los efectos del alcohol o las drogas, las velocidades inadecuadas, los adelantamientos indebidos y otras infracciones de la reglamentación de la circulación que están en el origen de la mayor parte de las salidas de la calzada. También resultan eficaces una serie de medidas específicas de mejora de las condiciones de la infraestructura tendentes a simplificar las decisiones que el conductor debe adoptar y a facilitar la percepción de las situaciones de riesgo con tiempo suficiente para adoptar las decisiones oportunas sin perder el control del vehículo. Entre ellas están la adecuación de las condiciones de la vía (trazado, nudos, accesos, etc.) a las expectativas de los conductores, la existencia de una visibilidad amplia, la adecuada señalización horizontal, vertical e iluminación, y la conservación del pavimento en condiciones que permitan mantener una oferta de adherencia y una regularidad elevadas.

En cualquier caso resulta inevitable que algunos vehículos salgan sin control de la calzada, por lo que el tratamiento de las márgenes de las carreteras para paliar, en la medida de lo posible, las consecuencias de estas salidas sigue siendo un elemento fundamental de los programas de mejora de la seguridad de las infraestructuras viarias.

El concepto de "forgiving roadsides", que puede traducirse literalmente al español como "márgenes que perdonan", tiene su origen en la primera edición de las recomendaciones de AASHTO para el proyecto y la explotación de carreteras en temas relacionados con la seguridad vial (*Highway Design and Operational Practice Related to Highway Safety*) [3]. Más allá de que la denominación parece inspirada en una concepción animista más que técnica, resulta interesante su concreción

en la práctica, que se centra en el planteamiento sistemático de una serie de medidas de acondicionamiento de las márgenes con el fin de reducir las consecuencias de las salidas de la calzada en la medida que resulta técnica y económicamente viable. En Estados Unidos, la referencia básica para el diseño de estas medidas es la guía de diseño de márgenes (*Roadside Design Guide*), cuya primera edición fue publicada en 1988 por la AASHTO y que ha venido actualizándose en sucesivas ediciones hasta la actualmente vigente, publicada en 2011 [4].

En Europa, la Conferencia Europea de Directores de Carreteras (CEDR), órgano de coordinación de las administraciones nacionales de carreteras, adoptó el concepto americano de "forgiving roadsides" y lo incluyó entre las prioridades de su Plan Estratégico 2009-2013. Para apoyar su aplicación desarrolló, a través de su Comité Técnico de Seguridad Vial (TGRS), una guía [5] en la que se trata de dotar de contenido metodológico y técnico al concepto y se incluyen criterios para la implantación de algunos elementos de seguridad en las márgenes como son los terminales de barreras, la bandas sonoras en el borde de calzada (*rumble strips*), los postes y soportes fungibles, y el tratamiento de los arcones.

El Grupo de Trabajo de Márgenes del Comité Técnico de Seguridad Vial de la ATC está analizando estos conceptos desde la perspectiva de su posible aplicación en España. En los siguientes apartados se exponen los primeros resultados obtenidos en relación con el planteamiento técnico de la aplicación del concepto "forgiving roadsides" y con dos aspectos concretos del acondicionamiento de las márgenes en los que ha incidido este grupo de trabajo: los dispositivos de alerta en el borde de la calzada y el estado actual de la normalización de los dispositivos de contención en Europa. En próximos artículos se expondrán los resultados de otros aspectos sobre los que el grupo está trabajando.

2. Elementos de riesgo en las márgenes

Los obstáculos y desniveles existentes en las márgenes de las carreteras suponen elementos de riesgo para los vehículos que sufren una salida de la vía, en especial si están situados en la zona cercana a la carretera, ya que al disminuir la distancia se incrementa la probabilidad de que sean alcanzados por un vehículo fuera de control. Una vez que se ha producido la colisión o alcance, la gravedad del accidente depende de las características del obstáculo y de la velocidad y ángulo de impacto.

Los elementos de riesgo existentes en las márgenes de una carretera se suelen clasificar en dos categorías: continuos y puntuales. Entre los primeros, los más comunes son los siguientes:

- Las cunetas que, salvo que tengan un perfil de seguridad, pueden provocar el vuelco de los vehículos que se salen de la calzada y las franquean.
- Los taludes de desmontes y terraplenes, ya que las posibilidades de recuperación del control del vehículo tras una salida de la calzada son muy reducidas si la margen presenta una inclinación transversal superior a 1V:3H. Con pendientes de 1V:4H o más tendidas se considera que existe posibilidad de recuperación del control, aunque es recomendable que la inclinación no supere una pendiente 1V:6H. También resulta importante la suavización de las aristas, tanto en la parte superior como en la inferior de la pendiente para reducir la probabilidad de pérdida de control del vehículo.
- Los desniveles verticales, debidos a la orografía del terreno o al paso por puentes o viaductos, por la potencial gravedad de la caída desde ellos.
- Los muros continuos, pantallas y estructuras similares.
- Los bordillos que pueden provocar la desestabilización de los ve-

hículos e incluso su vuelco cuando su altura supera los 10 cm y no presentan un perfil que permita el remonte de la rueda del vehículo.

A su vez, entre los obstáculos puntuales más comunes se encuentran los siguientes:

- Los árboles, las luminarias, los postes de servicios y los soportes de señales que presenten rigidez mecánica suficiente para originar daños personales si un vehículo colisiona con ellos.
- Las pilas y elementos de apoyo de estructuras de paso.
- Los elementos del drenaje superficial que sobresalen del terreno.
- Los terminales de barreras de seguridad inadecuados.

Una investigación llevada a cabo en la Universidad Politécnica de Madrid [6] dio como resultado un procedimiento de categorización de las condiciones de seguridad de las márgenes de las carreteras a partir del análisis de la configuración física y la accidentalidad por salida de la calzada registrada en una muestra de 1956 km de márgenes de carreteras convencionales de dos carriles. Las características consideradas para definir estos indicadores fueron:

- El trazado de la carretera (recta o curva).
- La inclinación de los taludes.

- La distancia de los obstáculos no franqueables al borde de la calzada.
 - La existencia de barrera de seguridad.
- El procedimiento desarrollado puede resultar útil en la inspección de redes de carreteras existentes y como referencia para el establecimiento de criterios de tratamiento de seguridad en márgenes.

3. Establecimiento de una zona de seguridad en las márgenes

El concepto “*forgiving roadsides*” se concretó técnicamente en Estados Unidos con el establecimiento de la denominada “*clear zone*” o zona despejada, que se definió como una franja contigua al borde exterior de la calzada que debía mantenerse libre de obstáculos no franqueables y presentar una pendiente transversal poco pronunciada, para propiciar la recuperación del control de los vehículos que se saliesen de la calzada [3]. En los casos en que no resultase técnica o económicamente viable eliminar todos los obstáculos rígidos o suavizar las pendientes transversales, deberían protegerse con unos dispositivos de contención adecuados.

Como regla general, la zona de seguridad debería disponerse con la



Figura 1. Zona despejada en la margen de una carretera convencional

mayor anchura posible. Sin embargo, no resulta posible determinar un valor fijo que determine la frontera entre las condiciones de seguridad absoluta y las condiciones de riesgo en cuanto a las consecuencias de las salidas de la calzada, por lo que la determinación en cada caso de la anchura de la zona de seguridad resulta del compromiso entre los condicionantes técnicos y económicos, y las estimaciones de reducción de la accidentalidad.

Originalmente, en Estados Unidos se fijó una anchura de 9 m desde el borde de la calzada para las autopistas. Hoy en día existe un consenso general en que la anchura de la zona de seguridad en las márgenes debe establecerse en función de criterios coste-eficacia, por lo que depende del tipo de carretera, de la velocidad esperada de circulación, de la intensidad de tráfico (a mayor IMD, existe una mayor probabilidad de que se produzcan salidas de la calzada), de la inclinación de los taludes de desmonte o terraplén y de las características del trazado. En consecuencia, las sucesivas versiones de la guía norteamericana de diseño de márgenes han incorporado un procedimiento de determinación de la anchura de la zona libre en función de la velocidad de proyecto, del tipo de margen (talud o desmonte) y su pendiente transversal y de la IMD soportada por la carretera. Las anchuras resultantes varían entre 4,5 m y 30 mm [4]. En todo caso, los valores obtenidos no se consideran prescriptivos sino orientativos para el responsable del proyecto, que debe evaluar en cada caso las condiciones particulares de la carretera que está considerando y decidir la anchura de la zona de seguridad adecuada a ellas. Para las carreteras locales el manual de diseño de ASSHTO (*A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*) [7] recomienda que se establezca una zona despejada de una anchura mínima de 2,1 m a 3,0 m (7 a 10 pies) en secciones sin bordillo.

Análogamente, en Australia y Nueva Zelanda, la parte 6 del manual de diseño de carreteras de Austroads [8] contiene un procedimiento de determinación de las dimensiones de la zona de seguridad de las márgenes en función del volumen de tráfico, la velocidad percentil 85, el radio de curva y la pendiente en carretera. Las anchuras resultantes varían entre 3 m, para un tramo con 60 km/h de velocidad de proyecto y una IMD inferior a 750 veh/día, y 14 m para un tramo con una velocidad de proyecto de 110 km/h, una IMD superior a 6000 veh/día y una pendiente transversal máxima de 1:4. En el caso de terraplenes con pendiente 1:3 que no se protejan con barrera, la guía australiana recomienda que se despeje una franja al pie del terraplén cuya anchura dependerá de las condiciones particulares del tramo y se deja a criterio del proyectista. Como en los Estados Unidos, los valores resultantes se consideran orientativos, de forma que los responsables del proyecto pueden optar por adoptar una anchura mayor o menor de la zona de seguridad dependiendo de los factores de riesgo que existen en cada situación concreta.

Otros países, como Francia, tienen definidas zonas de seguridad de las márgenes en función del tipo de carretera, el límite de velocidad, la intensidad de tráfico y el tipo de terreno. Así la instrucción de proyecto de autopistas interurbanas (*Instruction sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison*) [9] establece unas anchuras que varían entre 10 m, para autopistas con limitación de velocidad a 130 km/h e IMD mayor de 10 000 veh/día, y 8,5 m en autopistas con limitación de velocidad a 110 km/h, mientras que la guía técnica para el acondicionamiento de carreteras principales (*Aménagement des Routes Principales*) [10] establece unas anchura de la zona de seguridad que varían entre 7 m, para carreteras de nueva construc-

ción con limitación de velocidad a 90 km/h, y 4 m para acondicionamientos de carreteras en servicio.

En España no existe una definición expresa de la zona de seguridad. Los criterios de aplicación de sistemas de contención de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento [11] fijan las distancias a obstáculos por debajo de las cuales se recomienda la colocación de barrera en carreteras de la red del Estado, que oscilan entre 4,5 m y 16 m en función del tipo de carretera, la pendiente transversal de la margen, las condiciones de trazado en planta y el tipo de accidente. Para facilitar una aplicación más general del concepto "*forgiving roadsides*" en el conjunto de la red de nuestro país sería conveniente complementar estos criterios de definición de la anchura de la zona de seguridad a partir de un criterio coste-eficacia teniendo en cuenta los tipos de carreteras, las intensidades de tráfico y las velocidades de circulación, en línea con lo que se ha visto que es frecuente en la experiencia internacional.

3.1 Alternativas de acondicionamiento de la zona de seguridad en las márgenes

Una vez delimitada la zona de seguridad en las márgenes, las alternativas de acondicionamiento por orden de prioridad son las siguientes:

1. Supresión del elemento de riesgo u obstáculo, siempre que su función no sea esencial para la infraestructura y sea técnica y económicamente viable.
2. Desplazamiento de los obstáculos fuera de la zona de seguridad establecida.
3. Limitación de las consecuencias del impacto del vehículo con el obstáculo mediante la modificación de su rigidez o de su diseño, de forma que sólo sean previsibles daños materiales si se produce una colisión.



Figura 2. Protección de obstáculos con barreras de seguridad

4. Protección de los obstáculos mediante la instalación de sistemas de contención adecuados (Figura 2).

Para la elección de la mejor alternativa de tratamiento puede ser llevado a cabo una comparación de los ratios de coste-beneficio. A estos efectos, sería recomendable desarrollar un procedimiento detallado que permita considerar todos los factores que intervienen en la selección de las alternativas de tratamiento de los elementos de riesgo en las márgenes.

4. Dispositivos de alerta en el borde de la margen

Las primeras bandas sonoras de alerta en el borde de las márgenes fueron instaladas hace más de 50 años en los Estados Unidos con objeto de disminuir los accidentes por salida de la calzada, mediante el moldeado de rebajes rehundidos en los pavimentos, tanto de hormigón como de mezcla asfáltica, durante su construcción.

A finales de la década de los 80, la autopista *Pensylvania Turnpike* desarrolló bandas sonoras fresadas que se podían aplicar en el pavimento existente y que producían mayor vibración y ruido que las moldeadas.

A lo largo de la década de 1990 la mayor parte de los Departamen-

tos de Transportes estatales instalaron bandas sonoras, tanto en carreteras de calzadas separadas como en las de calzada única de dos carriles, en éstas incluso en el eje de la calzada para evitar el cruce de un vehículo al carril del sentido contrario, y hoy está prácticamente implantado en todo el territorio de los Estados Unidos [12].

En Europa no se utilizan con tanta frecuencia, haciéndolo habitualmente en autopistas y algunas carreteras de una sola calzada —y son generalmente las de tipo resaltadas y coincidentes con las marcas viales— principalmente en el Reino Unido, Alemania y los países nórdicos [13].

4.1 Tipología de las bandas sonoras

Por su posición respecto al eje de la carretera las bandas sonoras se clasifican en:

- Longitudinales: cuando son paralelas al eje de la carretera.
- Transversales: si son perpendiculares o ligeramente oblicuas al eje.

Las longitudinales, a su vez, se clasifican en dos grupos atendiendo a su ubicación dentro de la calzada:

- Centrales: si se sitúan en el eje de la carretera de dos sentidos.
- Laterales: cuando se sitúan en los bordes de la calzada, bien sobre la

propia marca vial o fuera de ella, tanto en el arcén exterior como en el interior.

Por su situación respecto a la superficie pavimentada tanto unas como otras pueden ser hundidas o elevadas.

Las bandas sonoras hundidas se dividen en dos clases:

- Fresadas, se ejecutan sobre pavimentos ya construidos mediante una fresadora que corta y levanta parte del material de la calzada.
- Moldeadas durante la construcción del pavimento mediante el paso sobre el aglomerado asfáltico aún caliente de un rodillo con incrustaciones o en pavimentos de hormigón presionando con moldes que crean unas hendiduras sobre el mismo en estado fresco.



Figura 3. Bandas sonoras fresadas y moldeadas

Las bandas elevadas pueden ser de dos formas y se pueden hacer sobre carreteras existentes:

- Resaltadas, cuando se adhieren al pavimento resaltes rectangulares o circulares. Se suelen hacer a la vez que la marca vial que constituye la señalización horizontal, o sea un equipo aplica a la vez el resalte y la pintura.
- Clavadas, si estas marcas se clavan sobre la superficie de la calzada.



Figura 4. Marcas viales con resaltes

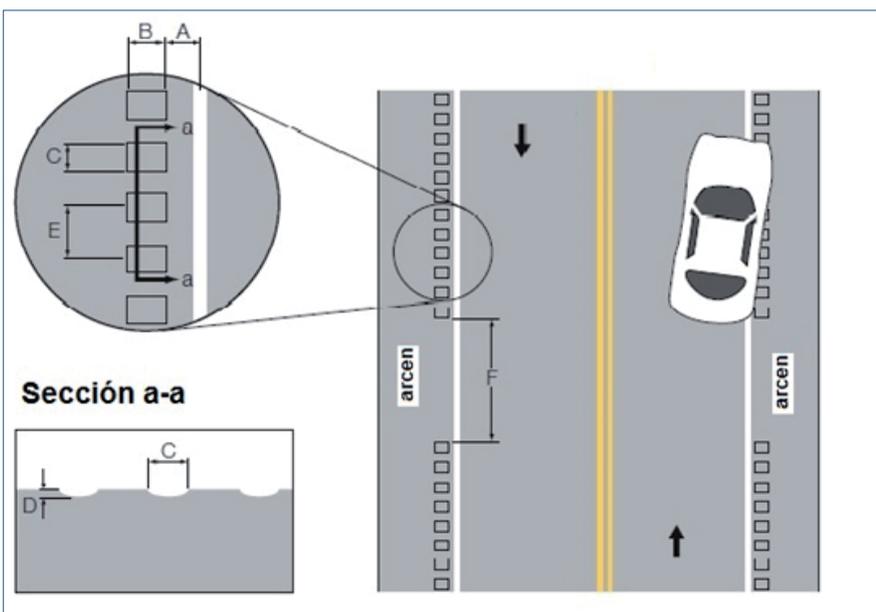


Figura 5. Dimensiones de las bandas sonoras

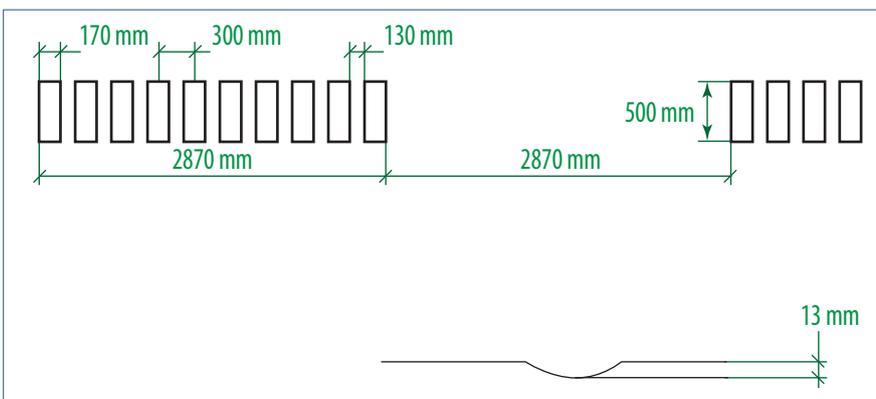


Figura 6. Configuración de bandas sonoras laterales fresadas en Suecia

Finalmente, según la implantación las bandas sonoras pueden ser:

- Continuas: si están implantadas de forma continua.
- Intermitente o discontinua: cuando una serie de marcas de una cierta longitud está separada de otra igual por una distancia en la que la superficie está lisa.

4.2 Dimensiones

Las dimensiones de las bandas sonoras dependen de las condiciones de operación, de la anchura de calzada y arcén, y de los posibles usuarios de la carretera.

Las que más influyen en el ruido y la vibración son la profundidad y la anchura en el sentido de la carretera, así como la separación entre elementos. La longitud del elemento en el sentido perpendicular a la carretera influye menos incluso para los vehículos pesados y cuanto menor sea, más espacio queda para reconducir el vehículo y para la circulación de bicicletas.

Las dimensiones más habituales son las siguientes (Figura 5):

- Longitud (B): 40 cm
- Anchura (C): 18 - 20 cm
- Profundidad o altura (D): 13 mm
- Separación - Espaciamento (E-C): 13 cm

En las de tipo discontinuo cada grupo de 15 a 20 m se separa de otro (F) unos 15 a 18 cm.

Cuando se sitúan en el arcén la distancia a la marca vial (A) suele ser de 15 cm.

4.3 Ventajas e inconvenientes

La principal ventaja de las bandas sonoras laterales es la reducción muy importante de los accidentes por salida de la calzada, que se produce a consecuencia del ruido y la vibración que alertan al conductor de la salida de la vía. En los estudios llevados a cabo en Estados Unidos se han contrastado reducciones de este tipo de accidentes de entre un 13% y un 29% en las carreteras de calzada única y de entre un 50% y

un 70% en las de calzadas separadas [14]. Incluso si no se evita el accidente, el conductor está más preparado para asumirlo con la alerta que le ha producido la banda sonora y se reduce su gravedad.

Asimismo, en distintos estudios realizados en Suecia se ha concluido que la reducción de accidentes al usarlos es de un 27% de media [15]. La configuración que usan allí es la de la Figura 6.

En Alemania los estudios realizados han demostrado que no sólo se reducen considerablemente los accidentes por salida de calzada (un 43%) sino que también se reduce su gravedad. También que aumentaron los accidentes por vehículos que se salen de la calzada por la margen izquierda, por una corrección excesiva de la maniobra [16].

En España, las marcas viales con resaltes son las únicas recogidas en el PG3 [17], mientras que en la guía para el proyecto y la ejecución de obras de señalización horizontal del Ministerio de Fomento [18] se recogen como marcas viales especiales con efectos acústicos y mecánicos que se consiguen con botones, barritas, protuberancias o gotelé e incluso se mencionan, aunque no forma parte de la guía, las fresadas que se sitúan en el arcén fuera de la marca vial.

Además, si la banda se coloca sobre la marca vial se mejora la visibilidad nocturna sobre todo con lluvia, al poder colocar el material reflectante en la cara vertical posterior de la muesca o anterior del resalte en lugar de en un plano horizontal.

Por el contrario, los principales inconvenientes que presentan son el ruido que producen, lo que las hace inviables en zonas urbanas, y los inconvenientes que producen a los usuarios de vehículos de dos ruedas, principalmente a las bicicletas, lo que obliga a instalarlas en sitios de poco uso de éstas y en arcones de cierta anchura que permitan 90 cm al menos libre de las bandas.

En este sentido, algunos estudios en Estados Unidos [19, 20] (Moeur, 2000; Torbic et al., 2001) han llegado a las siguientes propuestas para carreteras con elevado tráfico de ciclistas:

- a) Dejar zonas sin bandas a intervalos periódicos de zonas con bandas, de forma que permiten a un ciclista cruzar al arcén sin pisar la zona rugosa y que sea lo suficientemente corta para que la pise el neumático de un vehículo que se sale de la calzada. El intervalo recomendado sin bandas sería de 3,7 m de longitud alternando con un tramo con bandas de entre 12 m y 18 m.
- b) Usar configuraciones "menos agresivas", reduciendo los parámetros geométricos de las bandas sonoras indicados a continuación, que no solo reduce la aficción a los ciclistas sino también el incremento del ruido que pasa de 10-15 dB a 6-12 dB:

- longitud: 152 mm
- anchura: 127 mm
- profundidad: 10 mm
- espaciamiento: 280 mm

Además, las bandas sonoras resaltadas plantean problemas con la maquinaria de vialidad invernal por el posible arranque por parte de éstas y las fresadas, por su parte, pueden ser el comienzo del deterioro de una zona del pavimento.

5. Normalización de los dispositivos de contención

Un aspecto importante para la concreción del concepto "*forgiving roadsides*" radica en la normalización de las características y de los criterios de disposición de los dispositivos de contención de vehículos.

En Europa la norma que establece las características de producto de los sistemas de contención para carreteras es la EN1317 [21]. Este documento define una serie de ensayos de choque a escala real para las distintas tipologías existentes de estos dispositivos

de seguridad pasiva, cuyos resultados sirven para que los fabricantes puedan declarar las prestaciones de sus productos.

La introducción de clases, niveles y criterios de aceptación para estos ensayos permiten comparar unos sistemas con otros, de forma que los proyectistas y los gestores de las carreteras puedan seleccionar los más adecuados para cada situación.

Además, la norma define el procedimiento para que los fabricantes accedan al mercado CE, el cual supone una garantía de cumplimiento del Reglamento Europeo de Productos de la Construcción (REPC). Mediante este mercado, y la correspondiente Declaración de Prestaciones, el fabricante declara cuáles son las características de comportamiento de sus productos, cuando se ensayan de acuerdo a los criterios de la norma EN 1317.

El mercado CE es obligatorio desde el 1 de enero de 2011 para poder comercializar barreras de seguridad (incluyendo pretiles) y atenuadores de impactos en los países de la Unión Europea. Para poder acceder a él, se deben efectuar los ensayos correspondientes y, además, el fabricante debe mantener un procedimiento interno de control de producción en fábrica, para garantizar que los productos que salen de sus instalaciones cumplen con las características obtenidas en dichos ensayos.

Todas las tareas del mercado CE deben ser supervisadas por Organismos Notificados, es decir, entidades de certificación independientes y especializadas, que comprueban que los ensayos de caracterización se llevan a cabo de acuerdo a los criterios de la normativa, y auditan al fabricante para vigilar que el control de producción esté correctamente implantado. En caso de cumplirse todos los requisitos, el Organismo Notificado emite el llamado Certificado de Constancia de las Prestaciones, que acompaña al mercado CE y sirve como garantía de su veracidad.

5.1 Situación actual de la norma EN1317

La norma EN1317 se compone actualmente de una serie de partes, tal y como se indica en la Tabla 2. Los tres proyectos de norma en elaboración sustituirán a la norma experimental ENV 1317-4.

La parte 5 de la norma es el documento central de la misma. En ella se definen las características que los fabricantes deben declarar de sus productos, así como los métodos para determinarlas. Además, incluye el procedimiento de evaluación de la conformidad que es necesario seguir para poder acceder al mercado CE.

Las normas de apoyo sirven para definir los ensayos de choque a escala real necesarios para obtener las prestaciones de los sistemas de contención ante impacto de vehículos. Definen distintas clases de comportamiento para cada producto, así como las configuraciones de ensayo que se deben superar para incluir a los productos en cada una de ellas. Incluyen condiciones para los vehículos, su instrumentación, la pista de ensayo, velocidades y ángulos de choque, el

procedimiento para obtener los distintos parámetros de comportamiento, la cobertura fotográfica de los ensayos y la forma de presentar los resultados.

Para productos como las transiciones entre sistemas de contención, los terminales, los sistemas para protección de motociclistas o las protecciones para peatones, las normas de aplicación son voluntarias no existiendo marcado CE para estos productos. Los distintos países no tienen la obligatoriedad de adoptar estos documentos.

La intención actual en el seno de los grupos del Comité Europeo de Normalización (CEN) encargados de la normativa sobre sistemas de contención es la de agrupar todas las partes de la norma EN1317 en un único documento, para de esta forma hacer más sencilla su lectura y aplicación y facilitar futuras revisiones.

5.2 Actividades en curso del Comité CEN/TC226/WG1

Además de la agrupación de todas las partes de la norma EN1317 en un único documento, el Comité Europeo CEN/TC 226/WG1 (sistemas de con-

tención) está trabajando actualmente en las actividades que se describen a continuación.

Revisión de la parte 5

Con esta revisión se pretende adaptar la norma al nuevo REPC, en vigor desde julio de 2013. Además, se está trabajando en la mejora de los siguientes apartados:

- Definición de los materiales de los elementos componentes de los sistemas de contención.
- Evaluación de las piezas desprendidas durante los ensayos de choque.
- Durabilidad.
- Características del terreno empleado para los ensayos de choque.
- Evaluación de los productos a los que se introduzcan cambios en el diseño.
- Empleo de los ensayos virtuales para la evaluación de determinadas modificaciones.

Terminales, transiciones y barreras desmontables

Al iniciarse la revisión de la norma experimental ENV 1317-4 para su conversión en norma EN, se coincidió en la necesidad de dividir esta norma en varios documentos independientes referentes a transiciones, terminales y barreras desmontables.

No existe actualmente consenso en cuanto a la posibilidad de que el mercado CE sea de aplicación para las transiciones, debido a la multiplicidad de situaciones que se pueden dar. Por ello, se ha decidido redactar un informe técnico que contenga métodos de evaluación y criterios de buena práctica para la conexión de sistemas de contención.

En cuanto a las barreras desmontables y los terminales, la propuesta actual es que sí sean objeto de marcado CE, una vez toda la norma sea aprobada.

Tabla 2. Partes de la norma EN 1317

EN 1317-1	Norma de apoyo (2010)	Terminología y criterios generales de ensayo
EN 1317-2	Norma de apoyo (2010)	Clases de comportamiento, métodos de ensayo y criterios de aceptación para barreras de seguridad (incluyendo pretilos)
EN 1317-3	Norma de apoyo (2010)	Clases de comportamiento, métodos de ensayo y criterios de aceptación para atenuadores de impactos
ENV 1317-4	Norma experimental (2001)	Documento voluntario, que define clases de comportamiento, métodos de ensayo y criterios de aceptación para terminales y transiciones
EN 1317-5	Norma armonizada (2012)	Requisitos de producto y evaluación de la conformidad de sistemas de contención. Incluye el Anexo ZA, relativo al Mercado CE
TR 1317-6	Informe Técnico (2012)	Documento voluntario, que define requisitos para las protecciones para peatones
TS 1317-8	Especificación Técnica (2012)	Documento voluntario, que define métodos de ensayo para sistemas para protección de motociclistas
prEN 1317-4	Proyecto de norma en elaboración	Métodos de ensayo para tramos de barrera desmontable
prEN 1317-7	Proyecto de norma en elaboración	Métodos de ensayo para terminales
—	Proyecto de norma en elaboración	Documento voluntario que incluirá métodos de evaluación de transiciones

Sistemas para protección de motociclistas

La especificación técnica TS 1317-8 define el procedimiento para la evaluación del comportamiento de los dispositivos que se incorporan a las barreras de seguridad y pretiles, con objeto de adaptarlos al choque de los motociclistas. Para estos usuarios, debido a su vulnerabilidad, existen en los márgenes de las carreteras riesgos específicos, entre los que se incluyen las propias barreras de seguridad y pretiles, tradicionalmente diseñados para la protección de los ocupantes de turismos y vehículos pesados. Se hace por ello necesaria la instalación de elementos que eviten que el motociclista choque contra la barrera o la rebase de forma que alcance obstáculos u otros riesgos existentes en el margen (Figura 7).

Distintos laboratorios europeos están llevando a cabo una intercomparación para evaluar la repetibilidad y reproducibilidad de los métodos de ensayo incluidos en

esta especificación técnica, que prácticamente coinciden con los de la norma UNE 135900. Los resultados de esta intercomparación servirán como base para la revisión de este documento y su conversión en norma EN, de forma que en el futuro los sistemas para protección de motociclistas puedan llevar el marcado CE.

- **TR 16303-1, 2, 3, 4:**
Estos informes técnicos, actualmente en revisión, se encargan de definir métodos para la modelización informática de los ensayos de choque a escala real, así como los procedimientos a seguir para su validación. También se va a comenzar a trabajar en una normativa para la acreditación de las entidades que llevan a cabo las simulaciones.
- **TS 16786 (atenuadores de impactos para camiones -TMA):**
Este documento está actualmente en fase de aprobación, y se encarga de la evaluación del comportamiento de estos productos, em-

pleados principalmente en zonas de obras.

- **Cargas en puentes:**
Se está recopilando información acerca de los métodos empleados en los distintos países para la definición de las cargas máximas que los pretiles pueden transmitir a las estructuras donde son instalados. Estas cargas deben ser aportadas por el fabricante, para que el proyectista las tenga en cuenta a la hora de calcular la estructura, de forma que los impactos de vehículos contra los pretiles no puedan dañarla.
El objetivo es redactar un informe técnico que recoja todos los métodos existentes en la actualidad. En España existe un método de ensayo dinámico mediante péndulo para la obtención de fuerzas y momentos máximos. Este método está incluido en el documento sobre "Adecuación de sistemas de contención a puentes existentes" elaborado en el seno del Comité de Puentes de la ATC.



Figura 7. Barrera de seguridad con dispositivos de protección de motoristas

6. Conclusiones

El planteamiento sistemático de una serie de medidas de acondicionamiento de las márgenes con el fin de reducir las consecuencias de las salidas de la calzada en la medida que resulta técnica y económicamente viable es un aspecto fundamental de las actuaciones de mejora de la seguridad de las infraestructuras viarias. Para generalizar su aplicación en el conjunto de la red viaria española sería conveniente que se desarrollasen criterios de definición y tratamiento de una zona de seguridad a partir de un criterio coste-eficacia teniendo en cuenta los tipos de carreteras, las intensidades de tráfico y las velocidades de circulación, en línea con lo que se ha visto que es frecuente en la experiencia internacional.

A estos efectos, sería recomendable desarrollar un procedimiento detallado que permita considerar todos los factores que intervienen en la selección de las alternativas de tratamiento de los elementos de riesgo en las márgenes.

A la vista de los positivos resultados en cuanto a reducción de la accidentalidad por salida de la calzada que se deducen de la experiencia internacional en la implantación de distintos tipos dispositivos de alerta en el borde de las márgenes, parece indicado considerar una mayor extensión de su aplicación en las carreteras españolas.

Para los casos en que no son viables otras medidas alternativas, y se opta por la instalación de sistemas de contención, el empleo de productos certificados de acuerdo a la normativa europea en vigor permite predecir cuál será el comportamiento en caso de choque, aportando por ello mayor garantía de protección.

7. Referencias bibliográficas

- [1] Stonex, K. A. ; *Roadside Design for Safety*; Highway research board proceedings Vol. 39; Transportation Research Board, Washington DC, 1960.
- [2] Ministerio del Interior; *Anuario Estadístico de Accidentes 2013*; Dirección General de Tráfico, Madrid, 2014.
- [3] AASHTO; *Highway Design and Operational Practice Related to Highway Safety*; American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington DC, 1967.
- [4] AASHTO; *Roadside Design Guide*; American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington DC, 2011.
- [5] CEDR; *Forgiving Roadsides Design Guide*; Conference of European Directors of Roads, París, 2013.
- [6] Pardillo, J.M., Jurado, R., Domínguez. C.A.; *ICSM: un procedimiento de clasificación de las condiciones de seguridad de las márgenes de las carreteras*; Rutas 142, 2011, pp. 30-40.
- [7] AASHTO; *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*; American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington DC, 2011.
- [8] Austroads; *Guide to Road Design. Part 6: Roadside Design, Safety and Barriers*; Sydney, 2010.
- [9] SETRA; *Instruction sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison (ICTAAL)*; Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes; Bagnex Cedex, 2000.
- [10] SETRA; *Aménagement des Routes Principales*; Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes; Bagnex Cedex, 1994.
- [11] Ministerio de Fomento; *Criterios de aplicación de sistemas de contención*; Dirección General de Carreteras, OC 35/2014; Madrid, 2014.
- [12] FHWA; *Technical Advisory. Shoulder and Edgeline Rumble Strips*; T. 5040. 39. Revision 1; Federal Highway Administration, Washington DC, 2011.
- [13] CEDR; *Bandes rugueuses médianes et laterales*; Conference of European Directors of Roads, Paris, 2010.
- [14] FHWA; *Shoulder Rumble Strips. Effectiveness and Current Practice*. Wyoming Division Office; Federal Highway Administration, Washington DC, 1998.
- [15] Fagerlind, H., Martinsson, J., Nitsche, P., Saleh, P., Goyat, Y., La Torre, F., Grossi, A.; *Guide for the Assessment of Treatment Effectiveness*; Project IRDES – Deliverable 2 ENR SRO1; ERANET, Luxemburgo, 2011.
- [16] Hegewald, A.; *Safety Effects and Cost Benefit of Milled Shoulder Rumble Strips*; European Transport Conference; Leeuwenhorst, Países Bajos, 2009.
- [17] Ministerio de Fomento; *Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de carreteras y puentes (PG-3)*; Madrid, última actualización 2015.
- [18] Ministerio de Fomento; *Guía para el proyecto y ejecución de obras de señalización horizontal*; Dirección General de Carreteras, Madrid, 2012.
- [19] Moeur, R.C.; *Analysis of Gap Patterns in Longitudinal Rumble Strips to Accommodate Bicycle Travel*; Transportation Research Record 1705; Transportation Research Board, Washington DC, 2000.
- [20] Torbic, D., Elefteriadou, L. y El-Gindy, M.; *Development of Rumble Strip Configurations That Are More Bicycle Friendly*; Transportation Research Record 1773; Transportation Research Board, Washington DC, 2001.
- [21] CEN; *EN 1317 - Road Restraint Systems*; Comité Europeo de Normalización, Bruselas. ❖



Cuando necesitamos eliminar hormigón:



más de 10 años de experiencia preparando soportes para:
juntas, pretilas, ampliaciones, reparación...

Toledo-Spain +34 925 533 573



La rehabilitación estructural de los firmes de carreteras

Rafael Álvarez Loranca
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Las carreteras, como cualquier cosa creada por el hombre, una vez construidas sufren un proceso de deterioro paulatino, debido al paso del tiempo y a su uso, que hace necesaria una actuación de rehabilitación en ellas para que sean capaces de seguir cumpliendo con su cometido a un nivel adecuado, tanto estructural como funcional.

En este artículo se pretende comentar algunas, no todas, de las diversas formas que existen de aproximarse al problema y, por supuesto, de resolverlo.

En una primera parte se hablará de los datos de partida de que se dispone para resolver el problema, a continuación de las herramientas disponibles y, por último, de los diferentes métodos utilizables.

Algo que hay que tener siempre en cuenta es que nos movemos en el mundo de la ingeniería y no en el de la ciencia. Por ello se adoptan simplificaciones que permiten realizar el cálculo con un esfuerzo medio, aunque ello suponga una cierta pérdida de la exactitud de la solución del problema.

1. Análisis de los datos

1.1 Tráfico

Si miramos los vehículos que circulan por una carretera veremos que son variopintos. Si nos fijamos específicamente en los camiones vemos que sus ejes traseros son variados. Ejes simples, dobles, trídems, quad... Inclusive, muchas veces no somos capaces de saber si circulan cargados con la carga legal, sobrecargados, medianamente cargados o vacíos.

Para resolver este *maremágnum*, la AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*) decidió, hace tiempo, agrupar los vehículos en tipos para, aplicándoles un coeficiente a cada tipo que me gusta llamar de agresividad, transformarlos en un número de ejes tipo equivalentes para el que se hace el cálculo del pavimento.

El factor de agresividad varía, en principio, para cada tipo de vehículo pero también varía en función de la sección del firme sobre la que se circula, lo que se analiza en detalle en [1].

Su utilización simplifica en gran medida el problema dado que tan solo se debe establecer el incremento, o decremento, previsto para el tráfico en años sucesivos, para así hallar el número de ejes que circularán en el periodo de años para el que se quiere hacer el refuerzo y calcular la rehabilitación con este valor.

He dicho que se simplifica, pero establecer la evolución del tráfico en el futuro, sin tener una bola de cristal, puede llevar a errores de una cierta importancia.

Esto realmente implica que es posible agrupar el tráfico que pasa por una carretera en un determinado número de categorías y establecer para cada una de ellas un valor representativo de la carga y un coeficiente de agresividad que sea el adecuado para la sección de firme de la carretera.

El primer paso sería, tal vez, proceder a contar ejes clasificados por su número de ruedas en lugar de contar vehículos lo que sería relativamente sencillo y encontrar un buen coeficiente de agresividad para cada eje y para cada sección de firme, lo que es indudablemente más complicado.

La norma AASHTO 1993 incluye unas tablas de las que se puede obtener el coeficiente de agresividad, en función del llamado “número estructural”¹, si se trata de un firme flexible, o del espesor de la losa si se trata de un firme rígido. Evidentemente es otra aproximación, pero más cercana a la “verdad” entre comillas.

¿De qué datos de tráfico disponemos en nuestro país, para acometer el problema? Normalmente de no muchos, salvo que se trabaje para una autopista de peaje, en las que el tráfico está bastante bien clasificado.

Lo normal es que dispongamos de la intensidad media diaria (IMD) y del porcentaje de vehículos pesados. Si queremos realizar el cálculo según la norma 6.3 IC [2] es casi todo lo que necesitamos. Partiendo del último año del que existen datos y fijando el año en que se prevé que la obra de rehabilitación se vaya a abrir al tráfico, es posible determinar el incremento que experimentará la IMD de pesados en el carril de proyecto, que es el dato que necesitamos para comenzar el cálculo —la tasa anual de crecimiento utilizada hace años era, como regla general, del 4%. Hoy en día merece la pena analizar en detalle cada caso y adoptar el valor que se considere que se ajusta mejor a la realidad—.

Si queremos hacer un cálculo algo más exacto, como el cálculo a fatiga, tendremos que hacer lo que hemos indicado antes, es decir, transformar los vehículos pesados a ejes estándar. En España, conforme a lo establecido por la UE, la carga máxima por eje es de 11,5 toneladas, pero para los cál-

culos se utiliza todavía el eje estándar de 13 toneladas.

El primer paso será comprobar si los datos de la IMD de vehículos pesados están clasificados en grupos o simplemente totalizados. En el primer caso, bastará con multiplicar el número de vehículos pesados por el coeficiente de agresividad correspondiente a cada grupo para obtener el número de ejes equivalentes. Al sumarlos tendremos el número de ejes equivalentes que pasan en un día. Si sólo disponemos del número total de vehículos pesados, deberemos multiplicar éstos por un único coeficiente de agresividad, para obtener el número total de ejes que pasan en un día. En este caso, la Junta de Andalucía [3] establece unos coeficientes de agresividad, llamados coeficiente de equivalencia, que se indican en la Tabla 1 mientras que la Comunidad Valenciana [4] establece otros que hace depender del tráfico y que se recogen en la Tabla 2.

Es curioso que el valor de 0,60 que figura en la Instrucción Andaluza no aparezca en ninguno de los casos contemplados por la Comunidad Valenciana.

Pasando los ejes estándar obtenidos al año de puesta en funcionamiento de la obra —considerando un incremento anual del tráfico, o varios incrementos a lo largo del periodo de proyecto— seremos capaces de obtener el número de ejes estándar que van a circular por nuestro carril de proyecto durante el periodo de estudio.

Es conveniente recordar que el cálculo se hace para el carril de proyecto,

que es aquél que tiene las condiciones de tráfico más desfavorables.

Si estudiamos una carretera convencional con una calzada y dos carriles el tráfico se da para el total de la carretera, por lo que es necesario asignar el tráfico correspondiente a cada carril. Lo normal es tomar el 50% del tráfico en cada dirección, salvo que existan causas que obliguen a un reparto diferente.

En caso de carreteras con dos calzadas una en cada dirección lo primero que hace falta saber es si los datos de tráfico corresponden a cada calzada o al conjunto de la carretera. Si el dato es por calzada no tenemos que pensar en ningún tipo de reparto, pero si los datos son por el total de la carretera lo lógico es un reparto como el indicado para las carreteras convencionales.

Una vez hallado el tráfico por calzada, para hallar el tráfico de pesados en el carril de diseño se suele tomar el 100% del tráfico de pesados en el carril de diseño, si la calzada es de dos carriles, o el 80% si es de tres carriles. Normalmente las normas o instrucciones a aplicar en la zona de estudio (carreteras del Estado, de comunidades autónomas, etc.) indican estos porcentajes de reparto.

Vemos, pues, que con unas simplificaciones hemos obtenido un dato fundamental: el número de ejes estándar que debe soportar el firme durante el periodo de proyecto.

¹ El número estructural es el valor que utiliza la norma AASHTO para indicar la capacidad estructural del firme. Es el resultado de un sumatorio de todas las capas en el que al espesor de cada capa se le aplica un coeficiente establecido para el material que las constituye. Además, a los sumandos de las capas granulares se les afecta por un coeficiente de drenaje.

Tabla 1. Valores del coeficiente de equivalencia en función del tipo de firme [3]

Tipo de firme	Coeficiente de equivalencia (CE)
Firme con base bituminosa o granular	0,6
Firme con base tratada con cemento	0,8
Firme con pavimento de hormigón vibrado	1,0

Tabla 2. Valores del coeficiente de agresividad medio del tráfico pesado [4]

Categoría de tráfico pesado		T00	T0	T1	T21	T22	T31	T32	T41	T42
Firme	Flexible	0,8	0,7	0,7	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,3
	Semirrígido y rígido	1,0	0,9	0,9	0,7	0,7	0,7	0,7	0,5	0,4

2. Capacidad estructural existente en el firme

Es impensable plantearse la rehabilitación de un firme sin conocer cuál es el estado actual de la capacidad estructural del mismo. Por ello, lo habitual es proceder a la toma de datos de las deflexiones que se producen en la superficie del pavimento al aplicarle una carga determinada.

La deflexión es similar a la flecha que se produce en una determinada estructura cuando se le aplica una carga. Por ejemplo, si aplicamos una carga fija a una serie de vigas con el mismo tipo de apoyo y la misma sección, cuanto mayor sea la flecha (deflexión) peor es la capacidad estructural del material que forma la viga.

El problema que se plantea en la auscultación de las deflexiones de un firme es que la sección de éste varía, por lo que la comparativa, que era tan clara en el ejemplo anterior, ahora no se puede aplicar. Por ello, es necesario analizar conjuntamente la deflexión con la sección de firme en la que se produce, para poder analizar si la capacidad estructural de dicho firme es suficiente o insuficiente.

Aquí llegamos a un tema crucial: la sección del firme existente. El firme es una estructura formada por capas de diferentes materiales, con un grado de adherencia que puede ser variable entre sí. A mayores espesores de capas, a mayor módulo de elasticidad de los materiales que la componen, la capacidad estructural es mayor y, en consecuencia, la deflexión en la superficie del pavimento debería ser más pequeña.

El problema real al que nos enfrentamos al acometer el refuerzo de un firme es que se desconozca la sección del firme existente, que suele ser lo normal. Enfrentados a este problema, a veces se tiene que seguir sin datos adicionales, otras se pueden hacer unos sondeos o alguna mínima cata y, normalmente, poco más.

El paso de un vehículo geo-radar —un ensayo no destructivo y de alto

rendimiento que facilitaría una buena información en continuo de la sección del firme en el tramo que se estudie— acompañado por algunos trabajos complementarios de campo es algo que, salvo raras excepciones, no se contempla en España.

La norma 6.3 IC [2] se posiciona en el primer supuesto de desconocimiento de la sección de firme y fija, internamente, una sección estándar para cada categoría de tráfico y, a partir de este punto, propone los refuerzos necesarios.

Normalmente se debería exigir un conocimiento mejor del firme existente para poder hacer un trabajo con mayor profundidad y, al menos eso pienso, más satisfactorio para el que lo realiza. En este sentido, la ejecución de unas catas permitiría tener un conocimiento puntual, con detalle, del firme existente, ya que sería posible caracterizar perfectamente cada una de las capas. La extracción de testigos proporciona también una buena información, pero solo de las capas con cohesión; el resto no se pueden extraer enteras.

La auscultación con el vehículo geo-radar permite unir estos conocimientos puntuales y conseguir una visión completa de la sección del firme y como varía ésta a lo largo del tramo. Si esto no se hace —que como ya se ha indicado es lo más habitual en nuestro país— tendremos simplemente unas secciones puntuales a lo largo de la traza, que generalmente no coincide-

rán entre sí, por lo menos en los espesores, con las que tendremos que definir la hipótesis más fiable de la sección del firme existente.

Introducidos en el problema de la sección del firme existente veamos con detalle los resultados de una auscultación de deflectometría.

En el gráfico de la Figura 1 se puede ver cómo los valores de las deflexiones tienen una variación apreciable entre puntos relativamente próximos (cada 5 metros) —independientemente de que se aprecien cambios en el rango de los valores— y que cuando el firme cambia en algún sentido queda reflejado en el valor de las deflexiones.

Como sucede con el caso del tráfico, para poder manejar estos datos es necesario realizar un tratamiento previo no demasiado complicado.

En primer lugar, habría que aplicar unos coeficientes de corrección a los valores obtenidos para tener en cuenta la influencia de la temperatura del firme y la humedad de la explanada de apoyo. La forma de hacerlo se describe en detalle en el apartado siguiente.

El segundo paso es tramificar la zona de estudio, dividiéndola en tramos con deflexiones razonablemente semejantes. En este proceso hay que tener en cuenta que, posiblemente, en cada uno de los tramos salga un espesor de refuerzo diferente, por lo que, si queremos ser prácticos, la longitud de estos tramos debe superar los 100 metros si no queremos volvernos locos a la hora de ejecutar la obra.

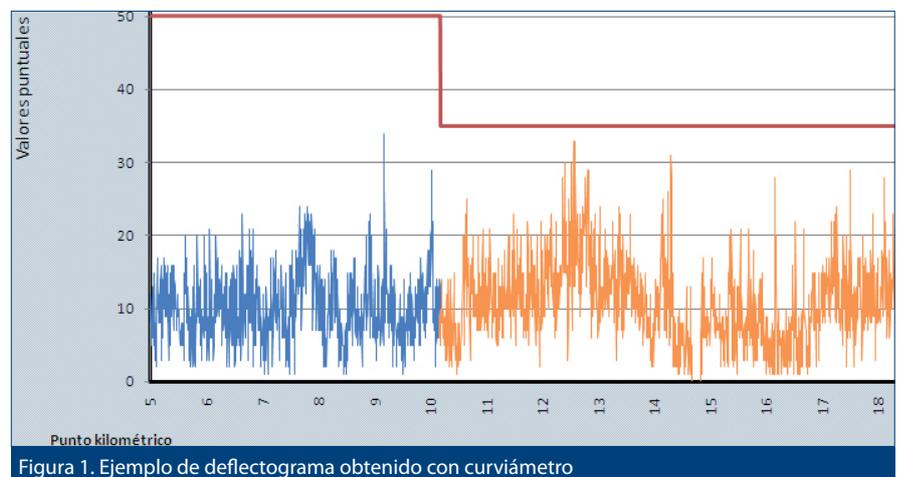


Figura 1. Ejemplo de deflectograma obtenido con curviómetro

El tercer paso, y dado que al haber tramificado se pueden considerar las deflexiones del tramo como pertenecientes a una distribución estadística normal, es calcular el valor característico de las deflexiones medidas en cada tramo fijando para ello una determinada probabilidad de que existan valores superiores a él. Este valor es el que se empleará posteriormente para el cálculo.

Según las propiedades de la distribución normal, o campana de Gauss, el valor característico se obtiene, en este caso en que una deflexión es más perjudicial cuanto mayor sea, sumando al valor medio de las deflexiones el valor de la desviación estándar multiplicada por un coeficiente, función de la fiabilidad que queramos tener en el resultado que obtengamos.

En la Figura 2, tomada de la guía AASHTO de 1993 [5], puede verse que para obtener una fiabilidad del 95%, por ejemplo, debemos multiplicar la desviación estándar por el coeficiente 1,645 y sumárselo al valor medio para obtener así el valor característico en este caso.

La norma española 6.3 IC [2] exige una fiabilidad del 98% para el tratamiento de las deflexiones, por lo que el coeficiente a emplear sería 2,054, el cual, por motivos prácticos evidentes, se convierte en 2,00. Por lo tanto, para esta norma el valor característico de la deflexión se obtiene sumando al valor

medio dos veces la desviación estándar. Por lo tanto, es de suma importancia que los tramos definidos sean lo más homogéneos posibles, ya que la penalización en el valor característico, por una desviación estándar alta, es muy fuerte. Por esta razón, la propia norma incluye los criterios que han de cumplir los tramos para considerarse homogéneos.

Otra cuestión que no debemos dejar de observar es la presencia de degradaciones en el firme. Lo normal es que cuando un firme se agote, habiendo de un firme flexible, aparezcan fisuras en la zona de rodadas con posible hundimiento en alguna de ellas o en ambas.

Cuando en un firme existan discrepancias, entre las deflexiones que se miden y las degradaciones que se observen, es necesario hacer un estudio detallado del mismo para analizar esta discrepancia y obtener el diagnóstico correspondiente.

3. Correcciones por factores climáticos

Las capas de un firme de carreteras están compuestas por materiales cuyas capacidades estructurales se ven modificadas por ciertos factores climáticos. Así, la capacidad estructural de las mezclas bituminosas se ve afectada por la temperatura a la que se encuentren. Con temperatura alta el

módulo de elasticidad será bajo y, por lo tanto, la capa es más deformable y la deflexión que se produzca será mayor. Por el contrario, cuanto más baja es la temperatura la mezcla será más rígida, el módulo de elasticidad mayor y la deflexión más pequeña.

En el caso de las capas granulares el factor que influye en la capacidad portante es la humedad. Cuanto mayor sea la humedad de la capa, menor será su capacidad estructural y por lo tanto su módulo de elasticidad, por lo que la deflexión será más alta. Por el contrario, cuanto menor sea la humedad las deflexiones serán más bajas por el mismo proceso.

Con objeto de poder comparar las deflexiones tomadas en diferentes puntos y en diferentes momentos, se establecen unas condiciones estándar a las que habría que corregir las deflexiones que, como es lógico, se toman en condiciones de temperatura del firme y humedad de las capas granulares variables.

En España estas condiciones son: temperatura 20°C y estado de humedad de las capas granulares saturado. En otros países estas condiciones pueden variar, por ejemplo, que la temperatura estándar sea 25°C.

Determinar si estas condiciones estándar son las más adecuadas o no para el país o la región en la que se ubica el firme, exigiría un estudio independiente. A falta de éste, lo más normal es ajustarse a las condiciones establecidas.

La norma 6.3 IC [2] contiene factores de corrección, tanto por temperatura como por humedad. Hay que indicar que así como la corrección por temperatura es común fuera de España no lo es la corrección por humedad, ya que es tan compleja que en la mayor parte del mundo no se especifica la metodología para llevarla a cabo.

3.1 Método de corrección por temperatura

Para esta corrección, la norma 6.3 IC [2] utiliza los coeficientes de corrección que

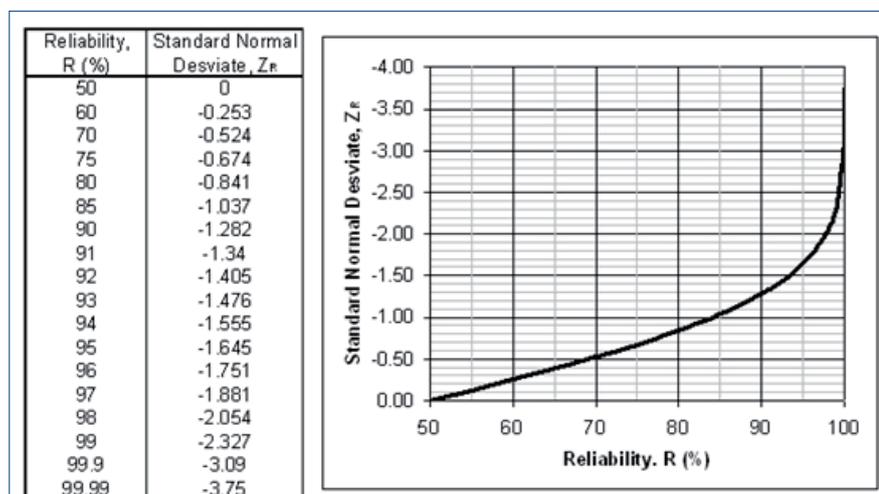


Figura 2. Relación entre fiabilidad y desviación estándar [5]

se indican a continuación en función del espesor de mezcla bituminosa del firme existente y de su nivel de fisuración. Su expresión gráfica se representa en la Figura 3.

a) Firmes con pavimento poco fisurado y espesor de mezcla bituminosa igual o superior a 10 cm:

$$C_t = \frac{200}{3t + 140} \quad (1)$$

b) Firmes con pavimento muy fisurado:

$$C_t = \frac{2t + 160}{3t + 140} \quad (2)$$

c) Firmes flexibles con espesor de mezcla bituminosa inferior a 10 cm, o firmes totalmente fisurados:

$$C_t = 1 \quad (3)$$

siendo t la temperatura del firme en grados centígrados.

Indica también la norma, que las deflexiones no deben medirse con una temperatura del pavimento inferior a 5°C o superior a 30°C, si el espesor de las capas de mezcla bituminosa es igual o superior a 10 cm, o de 40°C si el espesor de las capas de mezcla bituminosa es inferior a 10 cm.

La aplicación de la normativa es sencilla pero se pueden poner algunos interrogantes. El primero de ellos es que no siempre se conoce el espesor de la mezcla, por lo que no se sabe si se debe aplicar o no. El segundo es que el espesor total de las capas de mezcla bituminosa debe tener influencia en la

corrección por temperatura. Intuitivamente un firme con 30 cm de espesor de capas de mezcla bituminosa, se ve más afectado por la temperatura que otro firme que solo tuviera 11 cm de espesor.

Un tercer interrogante es que la temperatura que se mide con los equipos de auscultación es la de la superficie y no la temperatura media de las capas de mezcla bituminosa. Existen estudios específicos [6] que permiten estimar la temperatura del firme en función de las condiciones climáticas mediante la aplicación de la ecuación Bells 3, pero sigue siendo necesario conocer el espesor de las capas de mezcla.

Según profundizamos en el tema, se hace cada vez más patente la necesidad de conocer la sección del firme para obtener resultados adecuados.

Otra pega, ésta de carácter menor, es la poca sensibilidad de la corrección al grado de fisuración. Se puede elegir solo entre "poco fisurado" y "muy fisurado" que son límites subjetivos.

La deflexión de un firme flexible se puede dividir en la deflexión correspondiente a las capas de mezcla bituminosa y la correspondiente a las capas granulares. Es decir:

$$d = d_{MB} + d_{CG} \quad (4)$$

Llamando (d) a la deflexión total, d_{MB} a la deflexión de las mezclas

bituminosas y d_{CG} la de las capas granulares.

Dado que la temperatura solo influye en la deflexión de las mezclas bituminosas, la aplicación de un coeficiente de corrección a la deflexión total, d , no parece técnicamente apropiada.

De todas formas hay que indicar que al disminuir, por ejemplo, los módulos de elasticidad de las capas de mezcla bituminosa por una temperatura alta, las tensiones y deformaciones de las capas granulares aumentan por tener una protección de menor rigidez, por lo que también aumenta algo la deflexión debida a las capas granulares.

El mismo proceso puede indicarse para el caso de la humedad y su efecto en las capas granulares.

Por ello, si no se conoce la sección del firme las correcciones de la norma 6.3 IC pueden estimarse suficientemente aproximadas.

Si las deflexiones se han obtenido con deflectómetro de impacto y se quieren utilizar para realizar un cálculo inverso, hay que tener en cuenta que la corrección es más compleja.

Como parece obvio, la deflexión del primer geófono (situado en el centro de aplicación de la carga) tiene las mismas características que la deflexión obtenida con el equipo curviámetro, por lo que la corrección sería similar. Según analizamos las deflexiones de los geófonos alejados del punto de

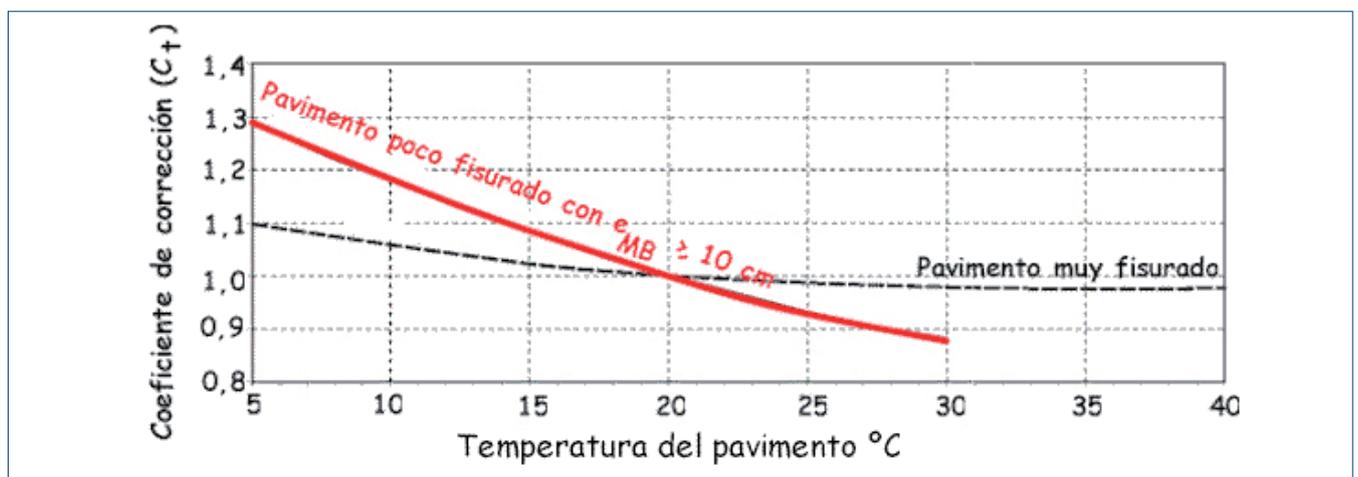


Figura 3. Coeficiente de corrección de las deflexiones por temperatura [2]

aplicación de la carga (por lo general situados a una distancia de 300, 600, 900 y 1200 mm) en ellas tendrá cada vez más peso la capacidad estructural de las capas granulares y menos la de las capas de mezclas bituminosas. De hecho el geófono más alejado estaría influido solamente por las capas granulares y no habría que corregir la deflexión por temperatura, tal y como se analiza en detalle en [7].

Si se conoce la sección del firme y se realiza un estudio de la variación de los módulos de elasticidad de las capas de mezcla bituminosa, será posible determinar para cada sección de firme el coeficiente de corrección entre la deflexión tomada a una cierta temperatura y la deflexión en condiciones estándar, realizando un cálculo con programas multicapa.

3.2 Método de corrección por humedad

El método de corrección de las deflexiones por variación de la humedad en las capas granulares es mucho más complejo, fundamentalmente por la dificultad de saber, de forma sencilla, cual es el grado de humedad de las capas granulares cuando se efectúa el ensayo deflectométrico.

Racionalmente se intenta relacionar la humedad de las capas granulares con las lluvias que han caído recientemente, aunque entran en juego otros factores. El estado de la humedad de la explanada y las capas granulares depende, en principio, de tres factores: las precipitaciones que han caído en los últimos días sobre la carretera, la capacidad de drenaje de la zona en cuestión y las fisuras existentes en la superficie de la misma.

La eliminación del agua de la explanada se produce de forma compleja y depende de las condiciones de drenaje de la misma. Si existe un mal drenaje de las capas granulares o de la carretera en general, el agua tardará más en evacuarse, lo que incidirá en el período de tiempo que hay que considerar en el cálculo previo,

que deberá aumentarse. Con buenas condiciones de drenaje el agua se evacuará más rápidamente y el período de permanencia del agua en el terreno será menor.

Como puede apreciarse, existe una estrecha relación entre los dos factores citados en primer lugar: el nivel de precipitaciones y la capacidad de drenaje de la zona estudiada. El tercer factor, grado de fisuración de la carretera, también es importante porque un número elevado de grietas en el firme permite el acceso del agua de lluvia a las capas inferiores de forma más rápida, ampliando así —al disminuir el intervalo que transcurre hasta que el agua empieza a afectar a las capas granulares— el tiempo de posible incidencia sobre las capas inferiores del firme.

El problema es, por lo tanto, contabilizar los días de lluvia que han podido influir con su aportación a la humedad de las capas granulares, restando de ellos los días que de alguna forma han “escapado” por las condiciones naturales y de drenaje del terreno.

Parece pues posible, definiendo los tres factores indicados, tener una idea bastante aproximada del estado de humedad de las capas granulares.

De todas formas, hay que tener muy en cuenta que el agua puede acceder al firme no solo por la lluvia, sino por la existencia del nivel freático próximo a la base del firme, por corrientes subálveas o, simplemente, porqué las zonas adyacentes sean zonas de regadío con aportación de agua originada por la mano del hombre. Si no se analizan suficientemente estas otras posibilidades de acceso del agua a las capas granulares, podemos cometer fuertes errores de apre-

ciación. Analicemos a continuación la aplicación de la normativa española.

La norma 6.3 IC [2] indica que las deflexiones deben ser medidas, siempre que sea posible, en condiciones de máxima humedad de la explanada. Si esto no es así, establece unos coeficientes de corrección por humedad en función de la lluvia caída en el último mes, el tipo de capa granular, la pluviometría de la zona y las características de drenaje de la zona considerada.

En la Tabla 3 se recogen los diferentes valores del coeficiente corrector, C_h , en función del tipo de explanada y de las condiciones de humedad del período considerado.

Para determinar si las deflexiones se han tomado en período seco o húmedo, se utiliza la precipitación de lluvia acumulada durante el mes anterior al de la medida, desplazado este mes aproximadamente quince días para tener en cuenta el tiempo que el agua de lluvia tarda en ejercer una influencia negativa en las capas granulares.

Esta precipitación mensual se compara con datos estadísticos, que varían según la zona del país donde se han realizado las medidas. La combinación de ambos permite conocer el tipo de período según el grado de humedad.

Conocido si el período es húmedo, intermedio o seco, se obtiene la corrección que es necesario efectuar (Tabla 3), para asimilar la deflexión obtenida a una estándar en período húmedo.

Para tráficó altos, T1 o superior, y actuaciones de gran superficie (mayor de 70 000 m²) la norma pide un estudio específico y detallado de la variación de las deflexiones con la humedad de la explanada. Esto supone un trabajo

Tabla 3. Coeficiente de corrección de la deflexión por humedad, C_h , de la explanada

Tipo de explanada y drenaje	C_h		
	Período húmedo	Período intermedio	Período seco
A1	1	1,15	1,30
A2, B1	1	1,25	1,45
B2	1	1,30	1,60

A: Suelos seleccionados y adecuados en la explanada.
B: Suelos tolerables e inadecuados en la explanada.

1: Buenas condiciones de drenaje.
2: Malas condiciones de drenaje.

Tabla 4. Valores m , recomendados para la modificación de los coeficientes estructurales de capa, para bases y sub-bases granulares de firmes flexibles [5]

Condiciones de drenaje	Porcentaje de tiempo en que la estructura del firme se encuentra en niveles de humedad próximos a la saturación			
	< 1%	1 – 5%	5 – 25%	> 25%
Excelentes	1,40 - 1,35	1,35 – 1,30	1,30 – 1,20	1,20
Buenas	1,35 – 1,25	1,25 – 1,15	1,15 – 1,00	1,00
Normales	1,25 – 1,15	1,15 – 1,05	1,00 – 0,80	0,80
Deficientes	1,15 – 1,05	1,05 - 0,95	0,80 – 0,60	0,60
Muy deficientes	1,05 - 0,95	0,95 – 0,75	0,75 – 0,40	0,40

costoso en tiempo y dinero por lo que rara vez se realiza.

En la Tabla 4, sacada de la norma AASHTO 93 [5], se indica el valor de un coeficiente “ m ” que afecta a la capacidad estructural de las capas granulares en función de la calidad del drenaje y del porcentaje de tiempo que pasa la capa analizada en condiciones próximas a la saturación. En ella se echa en falta cómo incidiría la sensibilidad de la capacidad estructural de la capa granular, en función de la humedad, que no será la misma en todos los casos ni sería, generalmente, permanente.

Si analizamos su contenido, se observa que el valor inicial del rango para calidad de drenaje normal y porcentaje de tiempo entre 5 y 25% no coincide con el final del porcentaje de tiempo entre 1 y 5%. Por otro lado, el valor del coeficiente para condiciones próximas a la saturación durante más del 25% del tiempo varía entre 1,20 para drenaje excelente a 0,40 con drenaje muy deficiente —la relación entre uno y otro valor es de 3, superior al de la norma 6.3 IC—. También se observa que la columna con menor variación, en un sentido o en el otro de la capacidad estructural, es la del porcentaje del tiempo que pasa la capa analizada en condiciones próximas a la saturación, comprendida entre el 5 y el 25%.

Si se quisiera profundizar en este tema, el primer paso para afrontarlo sería realizar un estudio de la variación de la capacidad estructural de las capas granulares que componen el firme o la explanada, con el porcentaje de humedad. En principio, esto no sería muy complicado si se ampliase

el ensayo para determinar el CBR. En este ensayo, el CBR se obtiene con la muestra sumergida durante cuatro días. Si además de ensayar estas muestras se ensayasen otras sumergidas dos días, otras sin sumergir y otras desecadas en horno durante un periodo de tiempo suficiente para alterar su contenido de humedad, se podría obtener una curva humedad – CBR que se podría transformar en una curva módulo de elasticidad de la capa granular - humedad.

Estas variaciones se pueden aplicar a los módulos de elasticidad teóricos de las capas granulares y obtener así módulos corregidos más reales. Aplicando estos módulos en un modelo multicapa de la sección del firme que se analiza, se puede obtener la relación de las deflexiones teóricas, en ambos casos, y, por tanto, el coeficiente de corrección por humedad, en el caso considerado.

Para el porcentaje de humedad existente en el momento de la medida de las deflexiones, a falta de investigación en este campo, deberemos aplicar métodos como el de la norma 6.3 IC [2] o similares.

3.3 Método de corrección por carga del ensayo

Aunque con el curviámetro no es necesaria esta corrección, sí lo es con el deflectómetro de impacto. En este equipo, la carga que se aplica a la carretera varía ligeramente en cada golpe; por ello, antes de validar la deflexión obtenida se deben homogeneizar las deflexiones a la carga establecida en el ensayo. Para ello se admite que existe

una proporcionalidad entre la carga aplicada y la deflexión obtenida, por lo que con la aplicación de una sencilla regla de tres se procede a la homogeneización de las deflexiones obtenidas.

4. Proceso de cálculo

Una vez que disponemos de los datos en las mejores condiciones posibles, se afronta el proceso de cálculo. A continuación analizaremos las diversas opciones existentes.

Si se dispone únicamente de los datos de deflectometría del tramo a reforzar y los del tráfico que circula sobre él, la única opción es aplicar la norma 6.3 IC [2] preparada para estos casos, que, aunque parezca mentira, son la inmensa mayoría de los casos que se estudian en nuestro país.

Únicamente puede quedar la duda de si el firme que se está analizando es flexible o semirrígido. Aunque es posible que sí se disponga de este dato, la aparición de fisuras transversales más o menos sistemáticas y unos valores de las deflexiones bajos, pueden orientar para decidir que el firme que estamos analizando es semirrígido. Es importante conocer este último dato porque el espesor del refuerzo que indica la norma varía bastante de un caso a otro.

Con los valores de las deflexiones en la mano, es necesario realizar un recorrido detallado del tramo en estudio. Este recorrido, exigido por la norma y fundamental para realizar una rehabilitación lógica, tiene como objetivo la identificación de los puntos singulares existentes en el tramo. Un punto, o zona, singular es aquél lugar del tramo

donde la evolución del firme ha sido peor que en el resto y muestra una degradación más acelerada. Estos puntos pueden haberse detectado con la deflectometría y mostrarán valores de la deflexión por encima de los valores medios del tramo.

Pero, aunque en el mejor de los casos contemos con un valor de la deflexión cada 5,00 metros, es muy probable que haya puntos singulares que no hayan sido detectados. Por ello, es necesario realizar esta inspección visual detallada, para incluir en el listado de puntos singulares aquellos no detectados por los vehículos de auscultación.

Estos puntos singulares necesitan un tratamiento previo a la realización de la rehabilitación general que se determine, para colocarlos a un nivel de capacidad estructural similar al resto del tramo.

Una vez realizada una tramificación de las deflexiones obtenidas en la zona en estudio, de acuerdo con las especificaciones de la norma, habiendo corregido previamente por humedad y temperatura, se procede a la obtención de la deflexión característica o de cálculo de cada tramo —si se calculan los tramos homogéneos antes de corregir las deflexiones, puede pasar que las deflexiones estándar no se ajusten a esa tramificación previa, con lo que estaríamos introduciendo un error—. Conocida la deflexión de cálculo y la categoría del tráfico, las tablas de la norma dan los espesores de la rehabilitación en cada caso particular.

Especial atención se debe poner en la Tabla 4A (de espesor total mínimo de mezcla bituminosa nueva en firmes flexibles, semiflexibles y semirrígidos en los que se eliminan total o parcialmente las capas tratadas con cemento) que da valores superiores a los de las tablas de refuerzo. De este espesor mínimo se pueden deducir los centímetros de mezcla asfáltica sin fisurar, afectados por un coeficiente de minoración de 0,75.

No hace falta resaltar lo difícil que es garantizar que las capas de mezcla bituminosa no están fisuradas, sobre todo las más profundas, sin realizar

una inspección exhaustiva de las mismas, que debería comprender la extracción cuidadosa de “tortas” de mezcla asfáltica, capa a capa, analizando si existen, o no, las fisuras. Esto debe hacerse en un número de puntos suficientemente representativo.

El proceso está suficientemente explicado en la norma, por lo que no se considera necesario extenderse más en este punto.

4.1 Datos de la sección y generación de un modelo del firme

En algunos casos se dispondrá de datos de la sección de firme a rehabilitar, por ejemplo cada kilómetro, lo que podría calificarse como una situación bastante buena.

Lo normal es que los espesores varíen entre sí, aunque se comparen los más próximos. Las variaciones de las capas de mezcla bituminosa suelen ser menores que en las capas de base y sub base pero también existen.

Aunque conocido desde hace muchos años en España, y aunque existan diversos equipos disponibles, la auscultación del firme existente con el geo-radar es una especie en peligro de extinción similar a la del lince ibérico.

El problema que yo creo que existe con este equipo, es que necesita una mínima interpretación, en ningún caso difícil, pero que hace que a una gran parte de los técnicos les suponga un esfuerzo que no están dispuestos a realizar, a pesar del beneficio evidente que supone.

Con los datos del vehículo geo-radar y los datos del firme cada kilómetro, anteriormente indicados, es posible tener los espesores de las capas que componen el firme y su variación a lo largo del tramo en estudio. Si, por el contrario, no existen datos del geo-radar tendremos que decidir, de la forma más racional posible, qué espesores de secciones consideramos entre los puntos de los que se tiene datos.

Para acometer un refuerzo de forma coherente es preciso tener un mo-

delo del firme. Este modelo del firme estaría compuesto por los mismos datos que necesitaríamos para realizar un cálculo sobre él en un programa multicapa. Es decir, necesitaríamos:

- El espesor de las capas que componen el firme.
- El material que forma cada capa.
- El módulo de elasticidad de cada capa.
- El coeficiente de Poisson de cada capa.
- El grado de unión entre capas.

Los dos primeros datos, espesor y material de cada capa, los obtenemos de los datos que nos han dado para definir la sección del firme.

Los módulos de elasticidad de cada capa, son la incógnita a resolver para tener un buen modelo. Volveremos a ellos más adelante.

El coeficiente de Poisson de cada capa se establece, generalmente, en función del material que la compone. Son valores usuales y no se pueden considerar como incógnita, sino como dato a partir del material.

El grado de unión entre capas puede tener características especiales en cada caso. Lo normal es que se considere adherencia total entre capas granulares y de mezcla asfáltica. En el caso de mezcla asfáltica sobre capa cementada, se supone que hay adherencia al principio pero que posteriormente las capas se despegan.

Después de esta introducción teórica la realidad se impone y, es posible, que inclusive capas de mezcla asfáltica que deberían permanecer pegadas se encuentren despegadas por una mala aplicación del riego de adherencia. Por ello, se recomienda una extracción de testigos para garantizar el grado de unión entre capas realmente existente. Si esto no se hace habrá que dar por buenas las consideraciones teóricas.

Dejando para más adelante la utilización de un programa de cálculo inverso para resolver el problema del cálculo de los módulos de elasticidad, vamos a ver cómo podemos obtener los módulos de nuestro modelo, de forma suficientemente aproximada sin

utilizar este programa. Es decir, vamos a calcular los módulos de elasticidad correspondientes al momento en el que hemos hecho la auscultación y de los que tenemos que partir para realizar la rehabilitación del firme.

Como datos de partida de la auscultación tendremos la deflexión de cálculo, la deflexión máxima, y el radio de curvatura, que se mide a la vez que las deflexiones. Si la auscultación se realiza con deflectómetro de impacto utilizaremos, por lo general, únicamente la deflexión que se produce en el punto de impacto de la carga.

Es posible trabajar también con la deflexión correspondiente al geófono más alejado, que caracteriza a la explanada. De acuerdo con la norma AASHTO 93 [5], el módulo resiliente de la explanada, $M_{R'}$ viene dado por la fórmula:

$$M_{R'} = 235,4 \left(\frac{N}{d_7 \cdot l_7} \right) \quad (5)$$

dónde:

N = carga del ensayo, en kg.

d_7 = deflexión del geófono más alejado en (10^{-3} mm).

l_7 = distancia del geófono más alejado al punto de carga, en cm.

Lógicamente estos valores teóricos deben tomarse como orientativos.

Con los datos indicados anteriormente, tenemos que encontrar los módulos de elasticidad de las capas, para que se produzcan la deflexión y el radio de curvatura obtenido en la auscultación, mediante tanteos, ayudados por el valor aproximado del módulo de la explanada, si se ha utilizado el deflectómetro de impacto.

En un caso normal de una sección de firme con tres capas y la explanada, tendremos cuatro módulos de elasticidad que calcular y sólo dos o tres valores que fijar, por lo que es bueno ayudarse con las degradaciones que se observen en la superficie de la carretera.

En un firme flexible o semiflexible hay que ser conscientes que las degradaciones que produzcan las cargas del tráfico serán, únicamente, las que se

encuentran en las rodadas en forma de fisuración o de hundimiento y, por lo tanto, son éstas las que nos interesan.

En el caso de existencia de fisuras o incluso de piel de cocodrilo, el problema que existe en el firme viene originado por las capas de mezcla bituminosa. En el caso de existencia de hundimientos en la rodada, el problema viene originado por falta de capacidad estructural de las capas granulares. Estas degradaciones pueden darse de forma independiente o conjunta.

No hay que confundir el hundimiento de las rodadas (Figura 4) con las roderas (Figura 5). Estas últimas se producen, en general, en verano con

tráfico pesado y en mezclas con pocos huecos. Se pueden distinguir de los hundimientos porque se produce un desplazamiento lateral del material de la mezcla situado en la rodada, por lo que se forman unos "cordones" laterales fácilmente visibles.

A continuación se explica un procedimiento para obtener el modelo del firme en el momento del estudio.

El primer paso será obtener el valor de la deflexión teórica de firme nuevo, o deflexión inicial. Para ello, se procede al cálculo de la deflexión teórica inicial utilizando los valores de los módulos de elasticidad que se emplean normalmente en el cálculo a fatiga.



Figura 4. Hundimiento de la rodada



Figura 5. Roderas

Vamos a utilizar como ejemplo, el caso de la sección de firme 131 de la norma 6.1 IC [8], cuyos espesores de capa son los siguientes:

- Explanada tipo E3
- Zahorra artificial: 25 cm

- MB intermedia: 19 cm
- MB rodadura: 6 cm

En la Tabla 5 se recoge una relación de los módulos iniciales que generalmente se utilizan de las diferentes capas que pueden intervenir en un firme flexible.

Material	Módulo de elasticidad (MPa)	Módulo de Poisson
Estructura de tierras		
Suelo tolerable (0)	30	0,40
Suelo adecuado (1)	50	0,40
Suelo seleccionado (2)	100	0,40
Suelo seleccionado (3)	200	0,40
Suelo estabilizado con cal o cemento (S-EST 1)	100	0,35
Suelo estabilizado con cal o cemento (S-EST 2)	200	0,35
Suelo estabilizado con cemento (S-EST 3)	2000	0,30
Zahorra artificial	480	0,35
Roca	20 000	0,25
Materiales bituminosos		
Mezclas densas y semi-densas	6000	0,33
Mezclas gruesas	5000	0,33
Mezclas drenantes	3000	0,35
Mezclas de alto módulo	12 000	0,30

Estación	Módulo de elasticidad (mpa)	Módulo de Poisson
Primavera- otoño	7000 – 5000	0,33
Verano	3500 – 2500	0,35
Invierno	10 000 – 9000	0,30

Capa	Leyenda	Datos	SigmaZ kg/cm2	EpsilonZ 10-6	SigmaH kg/cm2	EpsilonH 10-6
Capa 1	Espesor, cm	6				
	Módulo, kg/cm2	60000	9	-1.21	13.7	104
	C Poisson	0.33	8.07	75.4	5.38	15.6
	Despegada (s/h)	N				
Capa 2	Espesor, cm	19				
	Módulo, kg/cm2	50000	8.07	93.5	5.14	15.6
	C Poisson	0.33	1.13	115	-6.99	-101
	Despegada (s/h)	N				
Capa 3	Espesor, cm	25				
	Módulo, kg/cm2	4800	1.13	255	-0.139	-101
	C Poisson	0.35	0.385	133	-0.365	-77.4
	Despegada (s/h)	N				
Cimiento	Módulo, kg/cm2	2000	0.385	193	-0.00167	-77.4
	C Poisson	0.40				

Figura 6. Datos utilizados para calcular la deflexión inicial teórica de la sección 131

Los valores que figuran en la Tabla 5 son los que, como máximo, puede tener una capa granular, debido a sus características propias. Sin embargo, los módulos de elasticidad reales de una capa granular están limitados por el valor del módulo de elasticidad de la capa sobre la que se apoya, ya que no se puede compactar más que hasta un cierto nivel, función del módulo de elasticidad de la capa inferior. Así, se admite que existe la siguiente relación (Ley de Dortmund y Metcalf) entre el módulo de una capa, su espesor y el módulo de elasticidad de la capa sobre la que apoya:

$$E = 0,206 h^{0,45} E_i \quad (6)$$

dónde:

E es el módulo de elasticidad de la capa superior que se extiende, en MPa.

E_i es el módulo de elasticidad de la capa inferior que sirve de apoyo, en MPa.

h es el espesor de la capa superior nueva, en mm.

Las mezclas bituminosas, como ya se ha indicado, son materiales cuyas propiedades estructurales varían con la temperatura. La variación que se estima que se produce en los módulos de elasticidad de las mezclas bituminosas densas o semi-densas convencionales, en función de la estación del año, se recogen en la Tabla 6.

Si se tuviesen, por ejemplo, datos climáticos y de tráfico por meses se podría hacer el estudio para cada mes y aplicar después la ley de Miner para el cálculo de la fatiga del firme. En los cálculos normales se utilizan los valores medios anuales que se indican en la Tabla 5.

Con los valores iniciales de los módulos de elasticidad y coeficiente de Poisson en las diferentes capas que componen la sección del firme, se puede obtener la deflexión inicial esperable utilizando un programa multicapa que, para la sección que estamos estudiando (131), arroja un valor de 23,9 centésimas de milímetro.

Con el paso del tráfico, el tiempo, el agua, etc. la carretera se va deteriorando y van disminuyendo los módulos de elasticidad al tiempo que aumenta

el valor de la deflexión y, generalmente, disminuye el radio de curvatura. Al cabo de un tiempo aparecen también degradaciones en la superficie de la carretera que aceleran dicho deterioro. Existen varias combinaciones para alcanzar los valores de la sección que se analiza, pero se va a utilizar un método suficientemente aproximado y sencillo para ello.

Los valores de módulo de elasticidad que se elijan para obtener el modelo de firme deben ser tales que, introducidos en un modelo multicapa, proporcionen la misma deflexión y radio de curvatura obtenidos en el ensayo de deflexiones. Además, deben ser coherentes con las degradaciones que tenga el firme. Así, un firme fisurado pero sin hundimientos en las zonas de rodada indica un bajo módulo de elasticidad de las capas de mezcla asfáltica y un buen módulo de elasticidad en las capas granulares. Por el contrario, hundimientos en la zona de rodadas indicarían módulos de elasticidad bajos en las capas granulares. También hay que tener en cuenta el módulo de elasticidad de la explanada aproximado, si se posee este dato.

Siguiendo con el ejemplo, si en el punto analizado se ha registrado una deflexión de 55 centésimas de milímetro (superior a las 23,9 teóricas) hay que proceder a modificar el valor de los módulos de elasticidad iniciales hasta obtener unos valores de la deflexión más aproximados a los medidos. Se recomienda partir con una velocidad de deterioro doble en las capas de mezcla bituminosa que en las granulares, hasta alcanzar valores de la deflexión próximos a los existentes y, entonces, ajustar con los otros datos de los que se disponga. Para este primer tanteo se van a utilizar los siguientes módulos de elasticidad:

- Explanada: 120 MPa
- Zahorra artificial: 250 MPa
- MB intermedia: 1500 MPa
- MB rodadura: 1800 MPa

Con ellos, la deflexión resultante en un modelo multicapa, con las mismas condiciones empleadas en el cálculo inicial, alcanza el valor de 54,5 centésimas de

Capa	Leyenda	Datos	SigmaZ kg/cm2	EpsilonZ 10-6	SigmaH kg/cm2	EpsilonH 10-6
Capa 1	Espesor, cm	6				
	Módulo, kg/cm2	18000	9	28	12.9	314
	C.Poisson	0.33	8.12	309	3.89	-4.21
	Despegada (s/h)	N				
Capa 2	Espesor, cm	19				
	Módulo, kg/cm2	12000	8.12	461	3.92	-4.21
	C.Poisson	0.33	1.7	374	-4.23	-283
	Despegada (s/h)	N				
Capa 3	Espesor, cm	25				
	Módulo, kg/cm2	2500	1.7	729	-0.171	-283
	C.Poisson	0.35	0.533	331	-0.419	-184
	Despegada (s/h)	N				
Cimiento	Módulo, kg/cm2	1200	0.533	452	-0.0115	-184
	C.Poisson	0.40				

Figura 7. Datos utilizados en el modelo para alcanzar un valor de la deflexión similar al medido en la sección 131

milímetro, que se corresponde bastante fielmente con la obtenida en la deflectometría y con radios de curvatura similares.

Una vez obtenido el modelo que mejor se ajusta a las condiciones existentes, se puede proceder a calcular con un modelo multicapa las tensiones y deformaciones que se producen en la sección al aplicarle la carga de una rueda del eje estándar de 13 toneladas y calcular el refuerzo necesario.

En el caso de que el técnico que realice el estudio no tenga mucha experiencia, se recomienda trabajar únicamente con la deflexión y considerar que la velocidad de deterioro de las mezclas bituminosas es el doble que

el de las capas granulares, fijando de esta forma los módulos para que la deflexión teórica sea igual a la medida.

Con este método sencillo, se obtiene un modelo suficientemente aproximado para trabajar sobre él.

4.2 Estudio de un refuerzo sobre el modelo obtenido

Una vez obtenido nuestro modelo, podríamos acometer el cálculo del refuerzo exigiendo la condición de que el firme recupere la deflexión original que tenía el firme nuevo. Haciendo este cálculo se obtiene que, para nuestro ejemplo, se necesita un espesor de

Capa	Leyenda	Datos	SigmaZ kg/cm2	EpsilonZ 10-6	SigmaH kg/cm2	EpsilonH 10-6
Capa 1	Espesor, cm	27				
	Módulo, kg/cm2	60000	9	26.4	11.2	76
	C.Poisson	0.33	1.48	69.3	-4.07	-53.6
	Despegada (s/h)	N				
Capa 2	Espesor, cm	6				
	Módulo, kg/cm2	18000	1.48	108	-0.712	-53.6
	C.Poisson	0.33	0.939	88.1	-0.981	-53.7
	Despegada (s/h)	N				
Capa 3	Espesor, cm	19				
	Módulo, kg/cm2	12000	0.939	106	-0.5	-53.7
	C.Poisson	0.33	0.266	75.2	-0.964	-61.1
	Despegada (s/h)	N				
Capa 4	Espesor, cm	25				
	Módulo, kg/cm2	2500	0.266	132	-0.0918	-61.1
	C.Poisson	0.35	0.136	87.4	-0.117	-49.5
	Despegada (s/h)	N				
Cimiento	Módulo, kg/cm2	1200	0.136	119	-0.0081	-49.5
	C.Poisson	0.40				

Figura 8.

mezcla nueva de 27 cm (ver Figura 8), muy parecido al valor de refuerzo que indica la norma 6.3 IC [2] en la tabla de espesores mínimos (25 cm).

Esta condición no es, en la realidad, la que se debe exigir ya que al cambiar de sección de firme, con las nuevas capas, esta equivalencia de deflexiones no implica igualdad de vida útil. Esta sección reforzada tendría más vida útil que la inicial.

Por ello, se da un paso más en el cálculo del espesor del refuerzo, utilizando el cálculo en fatiga del firme, pudiendo utilizar las leyes de fatiga que figuran en la citada norma 6.3 IC [2].

Expliquemos brevemente los fundamentos y el proceso de un cálculo a fatiga.

El firme de carreteras es una estructura destinada a soportar las cargas del tráfico. Estas cargas son inferiores a la carga de rotura de la estructura por lo que, sí se siguiese este criterio de rotura, el firme no se rompería nunca. El hecho es que cada paso de un vehículo deja un "daño residual" en el firme que hace que, al cabo de muchas repeticiones, el material rompa a fatiga.

Los programas o modelos multicapa sirven para obtener las tensiones y deformaciones que la carga de medio eje estándar produce en una sección determinada de firme. Para ello, en el modelo hay que introducir una serie de datos:

- espesor de las capas,
- módulo de elasticidad de las capas,
- coeficiente de Poisson de éstas,
- condiciones de pegado o despegado en el contacto entre capas.

Como puede apreciarse, son los datos de los que ya se ha hablado anteriormente salvo el material que compone las capas, básico para saber el coeficiente de Poisson a utilizar o la ley de fatiga a utilizar.

Para cada material se conoce, por estudios anteriores, cuál es la tensión o deformación que causa la fatiga del mismo. En las capas más usuales de un firme flexible serían:

- la deformación horizontal en la parte inferior de la capa más baja de mezcla asfáltica;

- la deformación vertical en las capas granulares.

Obtenidos los valores de las tensiones y deformaciones con el modelo multicapa, se introducen éstos en las leyes de fatiga correspondientes a cada material y se obtiene el número de veces que puede soportar la carga del eje estándar hasta que se produzca la rotura por fatiga. Este cálculo se hace para cada capa de material existente en el firme. La capa que admita el menor número de pasos de ejes estándar será la que marque la rotura del firme a fatiga.

Este método, generalmente utilizado para el cálculo de firmes nuevos, es también aplicable para conocer la vida residual de los firmes existentes.

Las leyes de fatiga que figuran en la normativa española [2] [8] son las siguientes:

- Para mezclas bituminosas:
 $\epsilon_r = 6,6925 \cdot 10^{-3} \cdot N^{0,27243}$
- Para capas granulares:
 $\epsilon_z = 2,16 \cdot 10^{-2} \cdot N^{0,28}$

Vamos a utilizar estas leyes en el proceso de cálculo. De los resultados que obtenemos en el modelo multicapa vemos que con el firme nuevo (Figura 6) tenemos en la mezcla bituminosa una deformación horizontal, en la cara inferior de $101 \cdot 10^{-3}$ mm y en las capas granulares una deformación vertical máxima de $255 \cdot 10^{-3}$ mm.

Entrando con estas deformaciones en las leyes de fatiga que se han indicado anteriormente, se obtiene que el número de ejes de 13 toneladas que pueden circular por el firme hasta que se produzca la rotura de una de las capas es de 5,49 millones para la mezcla bituminosa y 7,68 millones para las capas granulares, lo que indica que la rotura del firme se producirá por fatiga de la capa de mezcla bituminosa. Esto es bueno para el firme porque si se iniciase la rotura por la capa granular la rehabilitación sería más difícil y costosa.

Analizando el modelo del firme en el momento del estudio (Figura 7), se obtienen unos valores para la deformación horizontal, en la mezcla bitu-

minosa, de $283 \cdot 10^{-3}$ mm y de deformación vertical, en las capas granulares, de $729 \cdot 10^{-3}$ mm. Esto supone que el número de ejes hasta la rotura total es de 124 761 para la mezcla bituminosa y 180 370 para las capas granulares, es decir, peligrosamente próximos a la rotura por fatiga.

En este método de cálculo reforzamos el firme existente con el espesor de mezcla bituminosa nueva necesario para que, una vez rehabilitado, el firme alcance los valores de deformación correspondientes al firme nuevo. Cumpliendo esta condición pondremos al firme en condiciones de soportar, otra vez, las cargas del tráfico hasta un nivel semejante al que tenía el firme nuevo.

Sí analizamos las tensiones y deformaciones del firme con los 27 cm de refuerzo —obtenidos con la hipótesis de igualar las deflexiones— vemos que (Figura 8) la deformación horizontal máxima en la mezcla bituminosa es de $61,1 \cdot 10^{-3}$ mm y la deformación vertical máxima de $132 \cdot 10^{-3}$ mm. Entrando en las leyes de fatiga, se obtienen unos valores de ejes de 13 toneladas que pueden circular por el firme, hasta rotura, muy superiores a los del firme nuevo: 34,75 millones para la mezcla bituminosa y 80,67 millones para las capas granulares. En este último análisis se ha usado la ley de fatiga del material nuevo, por no disponer de otra. En su aplicación habría que considerar que la mezcla ya ha sufrido un proceso de fatiga y tenerlo en cuenta en la estimación de la vida del nuevo firme tras el refuerzo.

El deterioro que han sufrido las capas de mezcla bituminosa del firme antiguo ha tenido que ser severo a juzgar por la pérdida de módulo que ha experimentado. El número de ciclos calculados se vería sensiblemente afectado.

A parte de esto, en el cálculo de la vida de los firmes sólo se tiene en cuenta los valores medios de los resultados y a su resultado habría que afectarlo por el factor de fiabilidad como se expone más adelante.

4.3 Fresado y reposición o reciclados

En el caso de que se quiera realizar una rehabilitación consistente en fresado y reposición o reciclado de cualquier tipo, el modelo nos ayuda a encontrar los espesores adecuados para calcular el refuerzo.

Si sobre el modelo de firme que estamos empleando como ejemplo se quiere saber cuál es el número de ejes que puede soportar esta sección después de realizar un fresado de 25 cm, una reposición de esos 25 cm con mezcla bituminosa semi-densa ($E = 6000$ MPa) y la extensión de una capa de 3 cm de mezcla bituminosa abierta ($E = 4000$ MPa) sobre la anterior, solo se tiene que crear el modelo del firme una vez realizada la rehabilitación propuesta (Figura 8). El resultado que se obtiene es la capacidad de soportar, prácticamente, seis millones de ejes estándar por el cálculo a fatiga pero sin aplicar la fiabilidad.

Como se ve, el procedimiento de cálculo de la eficacia de este tipo de rehabilitación es relativamente sencillo.

De la misma forma se puede realizar el cálculo para una rehabilitación mediante reciclados, simplemente suprimiendo la parte del modelo que se va a reciclar y colocando la capa

del tipo de reciclado elegido con el módulo y coeficiente de Poisson que corresponda. Se rematará con la capa o capas de mezcla bituminosa nueva que se estimen convenientes.

4.4 Cálculo inverso

El proceso de obtención del modelo se puede simplificar si se dispone de un programa de cálculo inverso y se realiza la toma de deflexiones con el deflectómetro de impacto. Este tipo de programas calcula los módulos de elasticidad de las capas que componen el firme, siempre que se introduzcan como datos las deflexiones de los diversos geófonos en cada ensayo y los espesores de las capas.

A partir de este punto se puede continuar el proceso de cálculo del refuerzo cómo se ha expuesto anteriormente. Sin embargo el proceso tiene sus dificultades. La primera es la sensibilidad del programa a los datos de los espesores del firme. Si, por ejemplo, se da un espesor de 20 cm para la capa superior que, según los datos, es de mezcla bituminosa y realmente en ese punto de la carretera solo hay 15 cm de mezcla bituminosa y a partir de ahí zahorra artificial, el módulo que obtendremos del programa para "nuestra" mezcla bituminosa será bajo.

Por ello algunos programas de cálculo inverso admiten la introducción del fichero de los datos del geo-radar, para poder hacer los cálculos con espesores reales.

Si, como hemos comentado, la información disponible (en una buena situación) es un dato de la sección por kilómetro, los módulos que se obtengan deben analizarse detenidamente.

La segunda dificultad es que el proceso del cálculo inverso no es único. Uno de los mejores programas de cálculo inverso, el Elmod 6 de la empresa Dynatest, permite cinco formas diferentes de cálculo inverso, entre las que figura una con elementos finitos. Los resultados de las cinco formas de cálculo difieren entre sí. De hecho están en desarrollo una serie de programas de cálculo inverso basados en un modelo visco elástico del firme, evidentemente, más fiables que los existentes.

Es decir, que el técnico no sólo debe analizar los espesores que se introducen en el programa, sino también analizar cuál es la forma de realizar el cálculo inverso que se ajusta mejor a los valores de los módulos de elasticidad que él espera como lógicos.

Dicho esto, el cálculo inverso es una buena herramienta que ayuda al técnico en la creación del modelo, pero no debe entenderse como la verdad abso-

Capa	Leyenda	Datos	Sigma Z (Kg/cm2)	Epsilon Z 10-6	Sigma H (Kg/cm2)	Epsilon H 10-6
Capa 1	Espesor, cm	3				
	Material	B.Asfáltica Densa(D)				
	Módulo, kg/cm2	40000	9,2	46,9	11,1	110
	C.Poisson	0,33	8,66	77,6	8,42	69,6
	Pegado	S				
Capa 2	Espesor, cm	25				
	Material	B.Asfáltica Densa(D)				
	Módulo, kg/cm2	60000	8,66	28,9	10,5	69,6
	C.Poisson	0,33	0,604	104	-8,54	-98,7
	Pegado	S				
Capa 3	Espesor, cm	25				
	Material	Zahorra Artificial				
	Módulo, kg/cm2	2500	0,604	257	-0,054	-98,7
	C.Poisson	0,35	0,262	153	-0,173	-81,6
	Pegado	S				
Explanada	Material	Capa Granular				
	Módulo, kg/cm2	1200	0,262	211	0,0115	-81,6
	C.Poisson	0,4				

Figura 9.

luta. Por desgracia, o por suerte, estamos en el campo de la ingeniería.

4.5 Leyes de fatiga

Este es otro tema que debemos comprender en profundidad. El cálculo a fatiga de los firmes se suele denominar modernamente cálculo mecánico empírico. La parte mecánica corresponde al cálculo de las tensiones y deformaciones que se producen al simular, en un modelo multicapa, la carga de un semieje estándar.

Aquí no se debe olvidar que las capas se suponen infinitas en todas las direcciones, con lo que se prescinde del efecto que pueda tener el borde del firme.

La parte empírica o experimental corresponde a las leyes de fatiga que aplicamos a los valores obtenidos y que relacionan las tensiones o deformaciones claves de cada capa con el número de ejes admisibles hasta que se produce la fatiga del firme.

Estas leyes de fatiga se obtienen en ensayos de laboratorio en unas condiciones que se estimaron lógicas para este tipo de ensayos.

En nuestro país, estos ensayos no superan, de acuerdo con la norma NLT correspondiente, los 600 200 ciclos. El paso de este número de cargas —limitado lógicamente por la necesidad de que el ensayo no dure un tiempo elevado— equivale al tráfico que soporta durante 20 años el carril de proyecto de una carretera con una IMD de pesados de 125 vehículos por día, con un aumento anual medio de tráfico del 3%.

Este valor equivale a un tráfico T3 y, ciertamente, no se encuentra próximo al límite superior del mismo (200). Por encima de este valor de tráfico, los datos obtenidos de las leyes de fatiga son extrapolaciones que se suponen funcionarán razonablemente bien.

Es en este punto cuando debe entrar la experiencia, para determinar si los firmes de carreteras se comportan de acuerdo con las leyes de fatiga, y, si no es así, ajustarlas hasta que suceda.

Como ejemplo, en un trabajo realizado por Anthony P. Stubbs [9] se con-

cluye que la ley de fatiga de la Shell para mezclas bituminosas que se utilizaba en Nueva Zelanda, y que es una de las más comúnmente utilizadas en el mudo, da un número de ejes hasta fatiga inferior al que se ha comprobado en la realidad. Por ello, proponen multiplicar por 5,7 el número de ejes admisibles que resultan de la aplicación de dicha ley de fatiga, modificación que se ha realizado en la última norma publicada en este país.

Las leyes de fatiga de las mezclas bituminosas, por ejemplo, se subdividen entre las que tienen en cuenta el porcentaje de betún de la mezcla y las que no lo tienen en cuenta. Un tema que, al menos, parece lo suficientemente importante como para tenerlo en consideración.

Los cambios en los materiales, los procesos de puesta en obra, etc. a lo largo del tiempo hacen que sea necesario estar vigilantes sobre la validez de las leyes de fatiga que se utilicen en el cálculo.

5. Fiabilidad

En el apartado anterior se han expuesto algunas de las incertidumbres a las que hay que enfrentarse cuando se realiza el cálculo de un refuerzo de firme; pero no están todas. Vamos a detenernos, por ejemplo, a analizar los módulos de elasticidad que hemos indicado anteriormente para su utilización.

Por ejemplo, si pensamos en el módulo de elasticidad de las mezclas bituminosas nuevas, vemos que utilizamos un único valor en función del tipo de mezcla colocada. Pero, como ya se ha indicado, el valor del módulo de elasticidad varía con la temperatura a la que está la mezcla. Por eso, este valor debería ser el correspondiente a la temperatura que causa el daño medio en el firme. Esto requiere un análisis, tanto de la distribución del tráfico horario, diario etc., como del correspondiente valor de la temperatura media en esos casos, lo que hace impensable su realización en casos normales.

Independientemente de ello, otro factor que hace variar el módulo de elasticidad es la velocidad a la que se aplica la carga. Intentar realizar los ensayos de laboratorio e incluso los de deflectometría, con la misma velocidad de carga que producen los camiones al circular es una misión muy difícil. No lo consiguen ni los deflectómetros de impacto, que son los que más se aproximan.

Nos encontramos problemas similares con los módulos de elasticidad nuevos que utilizamos en las capas granulares. Varían con la humedad, varían con la tensión vertical a la que está sometida la capa granular, varían con la velocidad...

La búsqueda de los módulos de elasticidad que realmente deberíamos utilizar en cada caso es una búsqueda muy parecida a la del Santo Grial, por lo que, siendo prácticos, admitiremos los módulos aproximados que se han indicado anteriormente (Tablas 5 y 6) para realizar los cálculos.

Todo ello nos muestra las incertidumbres a las que hacemos frente cuando realizamos un cálculo de rehabilitación. Por ello se entiende que, en bastantes países, se utilice la noción de fiabilidad como una especie de coeficiente de seguridad que se aplica al cálculo.

Es una noción similar a la que se ha explicado anteriormente, referida a la obtención de la deflexión característica en la norma 6.3 IC [2]:

$$d_k = d_m + 2 \text{ desv.est} \quad (7)$$

Cuando decimos que queremos tener la probabilidad de que tan solo en un 2% de los casos el valor que elegimos se vea superado en la realidad, estamos diciendo que si la distribución de la variable es normal, el coeficiente que afecta a la desviación típica es aproximadamente 2, de acuerdo con las tablas de distribución mostradas anteriormente (Figura 2).

El segundo factor que afecta al valor final o característico de parámetro es su desviación estándar, es decir, lo

ancha o estrecha que sea la campana de Gauss que analizamos. En el caso de las deflexiones (dado que están los datos tomados para poder calcularla en los tramos homogéneos) la desviación que se obtenga será función de la homogeneidad del firme.

En el caso de que queramos utilizar el proceso para datos futuros, como el tráfico que va a pasar por una sección o los módulos de elasticidad que se van a obtener, o incluso los espesores reales de las diferentes capas, tendremos que establecer una desviación típica previsible que vendrá guiada por la experiencia.

La norma AASHTO 93 [5] establece, por ejemplo, para una carretera de una cierta importancia y firme flexible, una fiabilidad del 95% y una desviación estándar de 0,44 o 0,49 en función de si se incluye la variación del tráfico futuro o no.

Si realizamos un cálculo de una rehabilitación de firmes para el extranjero, casi siempre deberemos de tenerlo en cuenta. En España, si hacemos un cálculo fuera de la norma 6.3 IC [2], que al ser experimental lo lleva implícito, también deberíamos hacerlo, como se ha explicado anteriormente.

6. Firmes semirrígidos

Se denominan firmes semirrígidos, en general, a aquellos firmes que tienen por base una capa cementada y, sobre ella, una o varias capas de mezcla bituminosa.

Los firmes semirrígidos tienen una serie de características, en el campo de la capacidad estructural, que los hacen diferentes de los firmes flexibles. Estas características especiales son:

- Capacidad estructural elevada, en general, suministrada por la capa cementada.
- El firme semirrígido es un firme discontinuo, debido a la fisuración por retracción de esa capa cementada. Esta importante característica no es evidente en los primeros momentos de la vida del firme, ya que la fisuración que origina esta discontinuidad permanece oculta. Cuando la fisura se refleja en la superficie de la carretera, entonces la discontinuidad se hace manifiesta.

La capacidad estructural de la zona fisurada es bastante menor que la correspondiente a la zona sin fisurar, primero por convertirse en un borde del firme y segundo por ser un lugar por el que el agua de lluvia puede circular fácilmente hasta las capas granulares. Por ello, esta zona fisurada se convierte en la parte más débil del firme, por lo que si no se cuida de forma adecuada —sellándola cuanto antes y controlando su evolución— puede ser la causa de la ruina prematura de éste.

6.1 Análisis de la capacidad estructural

Por lo tanto, a la hora de rehabilitar un firme semirrígido hay que prever dos posibles formas de rotura: una por fatiga, como en el caso anterior, y otra por deterioro de la zona fisurada.

En el caso de los firmes semirrígidos, las leyes de fatiga tienen una forma característica cuando se dibujan en escala normal y no logarítmica, como puede apreciarse en la Figura 10 y en la Tabla 7 en la que se ha empleado la ley de fatiga propuesta por la Instrucción andaluza [3] para el suelo-cemento:

$$\sigma_t = 0,72(1 - 0,065 \log N) \quad (8)$$

Como puede apreciarse, parece que una tensión superior a 0,45 prácticamente rompe el suelocemento, mientras que una inferior —sobre todo si baja de 0,40— permite un número de ejes elevadísimo. En cierta forma es como si esa tensión fuera de rotura siendo muy escaso el margen de fatiga del material.

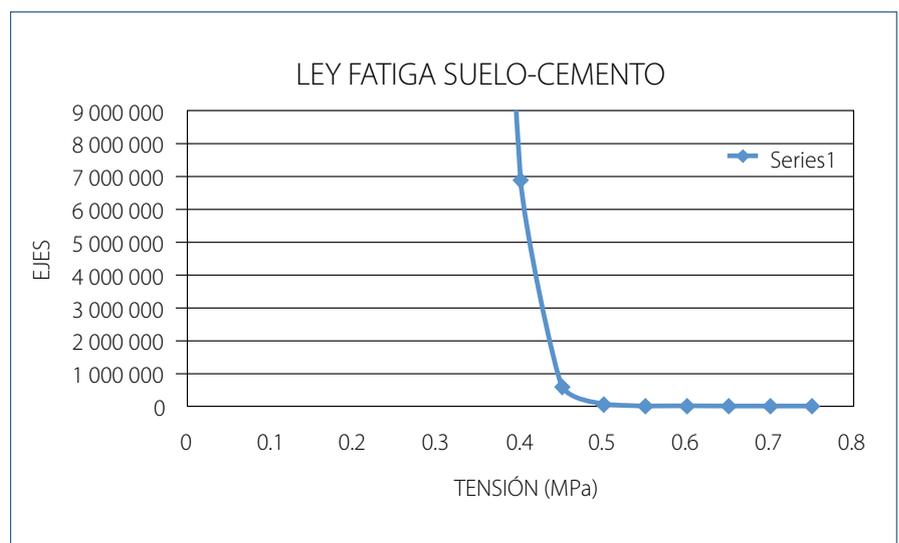


Figura 10. Representación de la ley de fatiga del suelo-cemento [3]

Tabla 7. Ley de fatiga del suelo-cemento [3]

Tensión, σ_t (MPa)	Número, N , de ejes hasta fatiga	Tensión, σ_t (MPa)	Número, N , de ejes hasta fatiga (N)
0,35	80 534 674	0,55	4 290
0,40	6 880 291	0,60	367
0,45	587 802	0,65	31
0,50	50 217	0,70	3

Según el PG 3 español [10], la tensión a compresión a los 7 días del suelocemento debe estar comprendida entre 2,5 y 4,5 MPa.

Una regla práctica que utilizaba cuando trabajaba con estructuras de hormigón es que la tensión de rotura a tracción es, aproximadamente, la décima parte de la tensión de rotura a compresión, y que la tensión de rotura a flexotracción es, aproximadamente, el doble de la de tracción.

Con esta norma del dedo gordo, que dirían los ingleses, el rango de tensiones de rotura a flexotracción que me permitiría el PG3 [10] variaría entre 0,5 y 0,9 MPa. Aunque los valores son muy aproximados, queda claro que existe un rango para la tensión a rotura en el suelocemento mientras que la ley de fatiga utilizada está localizada en un único valor. Por ello, parece mucho más apropiada la ley de fatiga que aparece en la norma 6.3 IC [2]:

$$\frac{\sigma_r}{R_f} = 1 - 0,080 \log N \quad (9)$$

En esta ecuación R_f es la resistencia a flexotracción, en MPa, con lo que la ley de fatiga depende de la resistencia que tenga la capa de suelocemento.

Claro que esto exige una coordinación entre el técnico que diseña la rehabilitación y los técnicos que dirigen la misma, para que el valor adoptado en el cálculo sea el real de la capa una vez puesta en obra.

El cálculo a fatiga de este tipo de firmes es similar al de los firmes flexibles, adoptando normalmente una velocidad de deterioro del módulo de elasticidad de la capa cementada igual a la velocidad de deterioro del módulo de elasticidad de las capas de mezcla bituminosa.

Sin embargo, una mención aparte requiere el tema del reflejo de las fisuras de la capa cementada en la superficie de la carretera.

6.2 La fisuración transversal de los firmes semirrígidos

La fisuración de una carretera con capas cementadas puede deberse a múltiples causas; entre ellas se pueden citar las siguientes:

- Asiento de los terraplenes de la carretera.
- Movimientos de las capas del firme producidos por el hinchamiento y deshinchamiento de las capas inferiores sensibles a la variación de humedad.
- Fisuración superficial térmica.
- Fisuración por asientos debidos a rellenos localizados

Pero realmente la fisuración que sistemáticamente se produce en una carretera con base cementada, de forma prácticamente irremediable, es la fisuración de la base por retracción y posterior movimientos (por cambios térmicos) de las "losas" de firme así formadas.

En el momento de su colocación, la base cementada es un sólido viscoplástico en el que se están produciendo unas reacciones químicas de fraguado que elevan su temperatura.

En el momento en que la capa cementada se hace un sólido rígido, su temperatura es más elevada que la temperatura ambiente. Al enfriarse, se producen tensiones de tracción que acaban rompiendo la base continua en "losas". La fisuración es sistemática, produciéndose fisuras, tanto laterales como longitudinales, a una distancia que suele oscilar entre los cuatro y los siete metros, en función de diversas variables como son el porcentaje de cemento, la relación agua-cemento, la naturaleza de los áridos, las condiciones ambientales, la humedad de la capa, etc.

Los altos gradientes térmicos producidos en inviernos fríos por la diferencia de temperaturas entre una soleada mañana y una noche heladora, producirán, al contraerse las losas, el reflejo de la fisura de la capa cementada hasta su aparición en la superficie. A partir de este momento el problema se agrava ya que el agua puede penetrar, a través de la fisura, hasta las capas inferiores. Esto produce un deterioro de los bordes de la junta. Con el tiempo, el deterioro continuará con una formación de pequeños huecos debajo de la capa cementada, eclosión de finos, aumento del tamaño de los huecos, formación de fisuras paralelas a la inicial al faltar el apoyo inferior (debido al aumento del tamaño del hueco) y deterioro final de la zona.

6.3 Problemas de mantenimiento

Contra este problema se debe luchar desde el proyecto de la carretera, bien drásticamente, no proyectando firmes con capa de gravacemento o colocándola dentro de un firme "inverso" como se experimenta en Francia, bien incluyendo elementos que dificultan el proceso de reflejo de las fisuras, como puede ser aumentar el espesor de las capas de mezcla bituminosa que se sitúen sobre la gravacemento, aumentar la elasticidad de estas capas, colocar elementos que retardan el proceso de reflejo de fisuras, y sobre todo, como se aconseja en la norma española, procediendo a prefisurar la capa cementada a distancias no superiores a los 3-4 metros, con objeto de reducir la importancia de las fisuras de retracción que se produzcan.

Si el problema ya ha surgido, el mantenimiento de la carretera es costoso y pasa por actuaciones que retarden el proceso de reflejo de fisuras primero, y de deterioro de la misma después.

El sellado mediante puenteo de las fisuras, el refuerzo de la carretera con una capa anti reflejo de fisuras y una capa superior de mezcla asfáltica, drenante o no, y el refuerzo con una capa de mezcla asfáltica directamente encima del firme existente, son actuaciones de conservación y de refuerzo que se suelen utilizar en el proceso de mantenimiento y gestión de este tipo de carreteras.

6.4 Auscultación tradicional

En este apartado y en el siguiente nos referimos únicamente a la auscultación de la capacidad portante de los firmes semirrígidos, que es el único tema en el que existe un elemento diferencial con relación a la auscultación de firmes flexibles.

Tradicionalmente, la auscultación se realiza con el curviámetro o el deflectómetro de impacto y algo menos con el deflectógrafo Lacroix 03, midiendo la deflexión y el radio de curvatura cada cierta distancia que es fija, de 5 metros, en el caso de curviámetro y Lacroix, y variable en el deflectómetro de impacto, aunque se suelen tomar medidas

cada 20 o cada 40 metros según el caso y el tipo de auscultación a realizar.

Dado que la zona de fisuras, o próxima, tiene una deflexión más alta que el resto, el valor de la deflexión es función del punto donde se haga el ensayo.

En general, cuando se quiere repetir la auscultación de un firme semirrígido con un deflectógrafo de paso fijo, las zonas que tienen problemas con las capas inferiores del firme se reproducen bastante fielmente, pero ya los valores individuales de deflexiones altas obtenidas en zonas fisuradas es más difícil que se repitan en la siguiente toma, simplemente por la dificultad de coincidencia.

Sin embargo, suprimiendo las deflexiones singulares y estudiando las deformadas aportadas por estos vehículos, se pueden instrumentar modelos de comportamiento que nos informan de los parámetros más significativos del firme semirrígido y valorar así su estado de degradación.

6.5 Auscultación dirigida al punto débil

Dado que el elemento que produce el deterioro del firme es la fisura al evolucionar progresivamente en su degradación, últimamente se ha procedido a auscultar los firmes semirrígidos centrándose el estudio en estos puntos débiles, de forma análoga a como se hace en las juntas de los firmes rígidos.

Los parámetros que indican el estado de la zona fisurada, y por tanto del total del firme, son:

- Transferencia de carga entre bordes de fisura.
- Existencia de huecos debajo de la fisura.
- Deflexión en la fisura.

Aunque lo mejor en principio sería auscultar todas las fisuras, en general se elige auscultar una junta de cada cinco, con lo que se obtiene una idea global bastante precisa del estado del firme. También se realiza una toma de deflexiones en el centro de la zona sin afectar por la fisuración, para comprobar su riesgo a una posible rotura del tipo fatiga, improbable,

y para comparar este valor “sano” con el que se obtenga en la zona fisurada.

Evidentemente en las zonas donde no se haya reflejado la fisura ni se puede ni se debe hacer este tipo de auscultación.

Para realizar la auscultación que se indica, se utiliza el deflectómetro de impacto. El aparato va provisto de odómetro lo que permite identificar perfectamente cada fisura auscultada y repetir en el futuro la auscultación en el mismo sitio con objeto de comprobar la evolución de los parámetros. La sistemática a emplear se basa en la normativa AASHTO [5] y más concretamente en su apartado 3.5 “*Non destructive testing deflection measurement*”.

6.5.1 Deflexiones en zonas de juntas

Las deflexiones en las juntas dan idea del deterioro alcanzado en las zonas débiles del firme. Para conseguir la máxima información, se deben realizar también deflexiones en zonas centrales alejadas de las fisuras, para comparar la diferencia de comportamiento entre una y otra.

Las deflexiones en las zonas centrales sirven también para controlar la evolución de los módulos de elasticidad de las capas del firme, en las zonas que no están afectadas por el deterioro que producen las fisuras.

6.5.2 Transferencia de carga en juntas

Cuando las cargas del tráfico se producen cerca de un borde de la estructura del firme, solamente la mitad del firme colabora en resistir estas cargas por lo que las tensiones y las deformaciones aumentan en estas zonas comparadas con las que se producirían en la zona central del firme. Por ello, es necesario controlar qué porcentaje de carga son capaces de transferir las fisuras al lado no cargado del firme, ya que si el porcentaje fuera pequeño tendríamos un problema de deterioro del firme.

En un firme continuo, la transferencia de carga entre un lado de una línea ficticia y el otro lado de dicha línea sería del cien por cien. En cambio, entre dos partes de un firme totalmente separadas la transferencia sería cero. Esto supone un aumento de las tensiones en la losa al disminuir la transferencia, por lo que cuando la transferencia de carga es baja (el límite suele establecerse en el 75% para considerar una transferencia de carga buena) se debe proceder a la reparación de la zona.

El ensayo se realiza dos veces en cada junta, dando el golpe cada vez a un lado de la fisura, ya que la transferencia de carga puede ser distinta si la carga está a un lado o a otro de la misma, pudiendo haber diferencias significativas.

6.5.3 Detección de huecos

Para la detección de huecos, se utiliza el método de la AASHTO basado en la proporcionalidad existente entre cargas y deflexiones en los firmes en buen estado. Cuando existen huecos es necesario rellenarlos antes de actuar, si no se quiere que cualquier esfuerzo que se coloque dure poco.

La única opción existente a la de rellenar los huecos, es la de calcular el espesor del refuerzo para que aguante las cargas a cizalladura que se van a producir en la fisura, lo cual lleva a espesores muy altos de mezcla bituminosa.

6.6 Rehabilitación de firmes semirrígidos fisurados

La rehabilitación de estas carreteras fisuradas mediante la colocación de una capa de refuerzo directamente sobre el firme existente, ha demostrado ser bastante ineficaz porque las fisuras se reflejan en la superficie del firme en unos pocos años. Para evitar esto, es necesario interponer entre el refuerzo y la superficie fisurada existente una capa adicional destinada a retardar el reflejo de dichas fisuras, al disminuir las tensiones y las deformaciones que se producen en esta zona.

En definitiva, una capa de refuerzo estaría compuesta por las siguientes partes:

- Una capa de regularización que, en función del estado de la superficie del firme existente, puede existir o no, o a veces puede sustituirse por el fresado de alguna zona muy concreta del pavimento.
- La capa intermedia destinada a retardar el reflejo de las fisuras, que suele dividirse en el sistema que garantiza la unión del producto con el firme existente y el producto en sí, destinado a retardar el reflejo de la fisura.
- Una capa de mezcla asfáltica de refuerzo.

Últimamente han aparecido en el mercado mezclas bituminosas con un alto contenido de betún, que hace que dichas mezclas sean muy elásticas y capaces de retardar el reflejo de fisuras. Entre estas mezclas cabe citar a las mezclas con betún-caucho con alto contenido en betún que pueden llegar a porcentajes del orden del 8-10%.

También las mezclas bituminosas con fibras permiten un alto contenido de betún, aunque todavía no llegan al nivel de las anteriores, pero se están realizando investigaciones ya avanzadas para que esto pueda ser posible en un futuro próximo.

Si utilizásemos una capa de estos materiales, no sería necesario colocar la capa anti-reflejo de fisuras.

Una actuación previa a realizar, si existen huecos debajo de la

capa cementada, es la inyección de mortero de cemento a baja presión para rellenar dichos huecos. Este procedimiento se está utilizando en varias autopistas en España y su uso se va extendiendo.

Si no se utiliza este método, la diferencia de asientos entre los labios de la fisura hará que cualquier tratamiento, salvo que se coloque un espesor de refuerzo capaz de absorber los esfuerzos de cizalladura, durará poco tiempo hasta que se vuelva a reflejar la fisura en la superficie.

Además, es más económico, aunque más lento, tratar las zonas en mal estado en lugar de realizar un tratamiento general en toda la superficie.

7. Conclusiones

He intentado exponer, y no sé si lo he logrado, que actualmente estamos lejos de poder realizar un cálculo "exacto" de la rehabilitación de un firme. Esto debería servirnos de acicate para ir investigando y desarrollando temas y procesos, que nos permitan avanzar en la fiabilidad de nuestro proceso de cálculo.

Investigaciones, por ejemplo, en la evolución de los módulos de elasticidad con el tiempo y el tráfico, nos permitirían dar un paso de gigante en nuestro esfuerzo por reducir la variabilidad de la solución.

Cuando miramos la ancha campana de Gauss que indica que estamos en el mundo de la ingeniería y el grado de nuestras simplificaciones, también nos indica el camino a

seguir. Tenemos que ir aproximando las ramas laterales de la campana hasta que ningún badajo, real o imaginario, quepa dentro de ella y sea capaz de hacerla doblar.

*"Nunca preguntes por quién doblan las campanas...
Doblan por ti".*

Agradecimientos

A Don Ángel Montes Jiménez por su ayuda en la redacción de este artículo.

Referencias

- [1] Álvarez Loranca, R.; *Las cargas del tráfico sobre la estructura del firme*; Revista Carreteras; 2003.
- [2] Ministerio de Fomento; *Norma 6.3 IC – Rehabilitación de firmes*; 2003.
- [3] Junta de Andalucía; *Instrucción para el diseño de firmes de la red de carreteras de Andalucía*; Sevilla, 2007.
- [4] Comunidad Valenciana; *Norma de secciones de firme de la Comunidad Valenciana*; 2009.
- [5] AASHTO; *Guide for design of pavement structures*; 1993.
- [6] FHWA; *Temperature predictions and adjustment factors for asphalt pavement*; FHWA-RD-98-085; 2000.
- [7] Blanco Caballero, D., Álvarez Loranca, R.; *Corrección por temperatura de las deflexiones obtenidas en los deflectómetros de impacto*; III Congreso Andaluz de Carretera; Sevilla, 2003.
- [8] Ministerio de Fomento; *Norma 6.1 IC – Secciones de firme*; 2003.
- [9] Stubbs, A. P.; *Fatigue behaviour of hot mix asphalt for New Zealand pavement design*; Nueva Zelanda, 2011.
- [10] Ministerio de Fomento; *Pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes (PG-3)*; Última actualización 2015. ❖

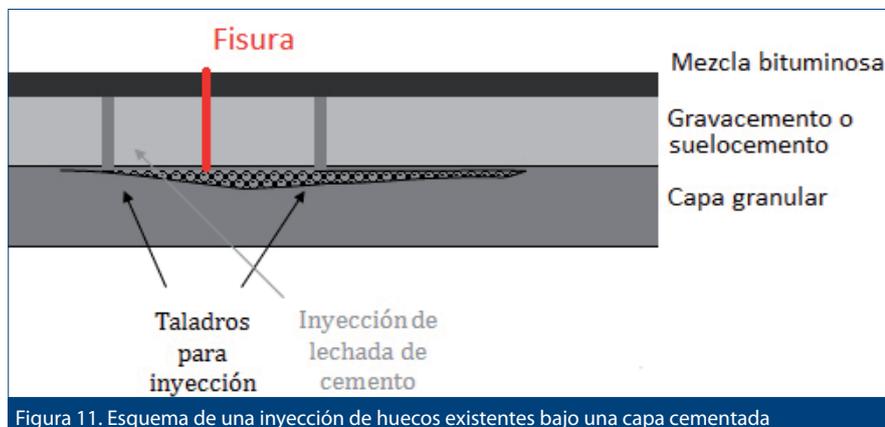


Figura 11. Esquema de una inyección de huecos existentes bajo una capa cementada

El Congreso Anual del TRB alcanza su 94 edición

Alfredo García García

*Catedrático de Ingeniería de Carreteras
Universitat Politècnica de València*

Con una asistencia record de 12 200 personas, el 94º Congreso Anual del *Transportation Research Board (TRB)* de los Estados Unidos tuvo lugar del 11 al 15 de enero de 2015 en Washington, D.C. Tras casi 60 años celebrándose anualmente en tres hoteles de la avenida de Connecticut, este año se ha reubicado en el Centro de Convenciones de Washington Walter E.

En este principal evento anual mundial del transporte se reúnen muy diferentes colectivos: estudiantes de transportes, investigadores, profesionales de la industria privada, profesores universitarios y profesionales de las agencias federales, estatales y locales, que participaron en 664 sesiones técnicas y 112 talleres, donde se llevaron a cabo 5297 presentaciones. Además, se celebraron más de 500 reuniones de comités y subcomités técnicos. La exposición técnica se extendió a un pabellón completo, con participación de unos 200 expositores entre instituciones y empresas.

Se presentaron un total de 3099 ponencias correspondientes a trabajos de investigación, seleccionadas de entre los 5369 textos completos recibidos, tras el habitual proceso de revisión entre pares organizado dentro de cada comité técnico. De todas estas ponencias sólo las 950 mejores serán finalmente publicadas en el *Transportation Research Record*, la revista científica del TRB, durante 2015. Por lo tanto, menos del 60 % de los trabajos envia-



dos son presentados en el congreso, y sólo un 17 % serán finalmente publicados. Esto da idea de la cantidad de investigaciones que se hacen anualmente dentro del ámbito del transporte, y de la oportunidad excepcional que supone este congreso para presentar, compartir y discutir los avances correspondientes, entablando y manteniendo contactos con colegas de los mismos ámbitos de especialización.

La participación de España este año se ha incrementado sustancialmente al asistir 67 personas, frente a las 33 del año anterior. Fruto de algunas de las investigaciones que se desarrollan en España, se han presentado 24 ponencias en las que han intervenido autores españoles. De ellas, 18 estaban relacionadas con la carretera.

De las 664 sesiones hubo un porcentaje mayoritario vinculado a las re-

des viarias y los diferentes modos de transporte que se desarrollan sobre ellas. Las diversas sesiones y talleres son propuestos y patrocinados por los distintos comités técnicos. Seguidamente se detallan algunos de los títulos de las sesiones y talleres relacionados con las redes viarias, distribuidas por comités técnicos, que permiten hacerse una idea de que prácticamente son tratados todos los ámbitos viarios:

- **ABJ35 Monitorización del tráfico de carreteras:** programas de aforos de bicicletas y peatones; estrategias para mejorar la comunicación entre los profesionales de los datos de tráfico y los que toman decisiones en transporte; métodos y tecnologías innovadoras y avanzadas de monitorización del tráfico de carreteras; aplicaciones de los datos de tiempo de recorrido y

velocidad, métodos y medidas de funcionamiento; información de bicicletas y peatones: aplicación práctica de la obtención de datos y tecnología; obtención de datos de tráfico y análisis; métodos de obtención de datos de bicicletas y peatones, tecnologías, exactitud y almacenamiento.

- **ABJ80 Métodos estadísticos:** simuladores de conducción u observaciones naturalísticas – sinergias y conflictos; investigación en métodos estadísticos en transporte.
- **ABJ95 Visualización en el transporte:** buenas prácticas para la creación de datos de diseño para apoyar la entrega digital de proyectos; estrategias para mejorar la comunicación entre los profesionales de los datos de tráfico y quienes toman las decisiones en materia de transporte; visualización colaborativa en el análisis y la operación; modelos 3D avanzados como soporte de la planificación-diseño-construcción-operación y mantenimiento (*Civil Integrated Management* - CIM); buenas prácticas, experiencia adquirida y casos de estudio en la entrega de proyectos de transporte; tendencias en visualización en transportes: evacuaciones, simulación, datos para la investigación de la gestión por funcionamiento; herramientas y técnicas para fomentar el uso de técnicas de gestión por funcionamiento.
- **AFB10 Diseño geométrico:** estrategias para tratar la cuestión de los márgenes de carreteras; investigaciones acerca del diseño geométrico en planta y alzado; efectos en la seguridad vial y en la velocidad derivados de la toma de decisiones en el diseño geométrico.
- **AFB20 Diseño seguro de márgenes de carretera:** riesgo de salidas de la vía; investigación de la seguridad vial en carreteras interurbanas y aplicaciones prácticas.
- **AFB30 Carreteras de bajo volumen de tráfico:** puentes en carreteras

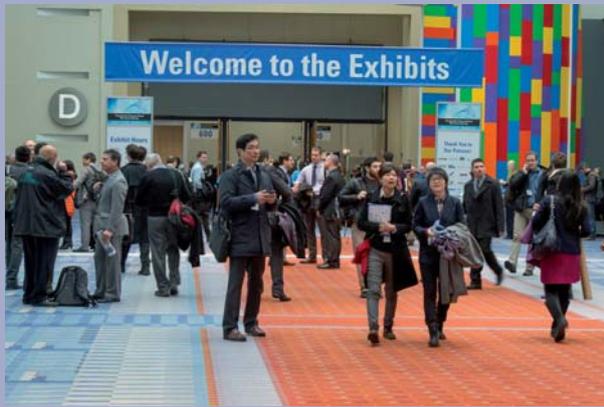


de bajo volumen de tráfico: aspectos críticos; diseño de pavimentos desde el punto de vista mecánico y empírico en Sudáfrica; contratación basada en funcionamiento: hacia un mantenimiento más eficiente y más eficaz de las carreteras; diseño, funcionamiento y gestión de carreteras con bajo volumen de tráfico; el papel clave de las carreteras de bajo volumen en emergencias y desastres; nuevas tecnologías y casos de estudio sobre la reutilización y mejora de infraestructuras; Investigación de la seguridad vial en carreteras rurales y aplicaciones prácticas.

- **AFB40 Paisajismo y diseño del entorno:** reinventando el diseño viario como valor ambiental, económico y social sostenible; reinventando las ocupaciones viarias y el desarrollo de márgenes.
- **AFD10 Sistemas de gestión de firmes:** avances en los sistemas de gestión de firmes; hacia la verdade-

ra retroalimentación: gestión de firmes, evaluación estructural y diseño; evaluación del estado y análisis de datos en sistemas de gestión de firmes.

- **AFD20 Monitorización y evaluación de pavimentos:** experiencia internacional y perspectivas para la medición y evaluación de la textura del pavimento; detección automatizada de grietas: ¿cómo y por qué?; condiciones superficiales del pavimento: nuevos enfoques; mal estado del pavimento: protocolos y evaluación estructural.
- **AFD40 Ensayo acelerado de firmes a escala real:** avances significativos en el estudio de los firmes bituminosos a través del ensayo acelerado de firmes; innovaciones como resultado del ensayo acelerado del firme.
- **AFD50 Diseño de firmes rígidos:** recubrimientos con hormigón como alternativa para la rehabilitación; tendencia al uso de sistemas de



La exposición técnica se extendió a un pabellón completo, con participación de unos 200 expositores entre instituciones y empresas

pavimentos más sostenibles; innovación en pavimentos de hormigón prefabricados y casos de estudio; diseño y análisis de pavimentos de hormigón; innovaciones en el diseño y construcción de pavimentos de hormigón compactados con rodillo; implementación de tecnología de pavimentos de hormigón prefabricados (proyecto R05 del SHRP 2).

- **AFD60 Diseño de firmes flexibles:** problemas de ruido en carreteras; guía de diseño empírico-mecánico de firmes: datos climáticos y calibración local para firmes flexibles; modelos de rendimiento y materiales para el análisis empírico-mecánico de firmes flexibles; uso, aplicabilidad y efectividad del drenaje subterráneo; rendimiento estructural y funcional de firmes flexibles; incorporación del drenaje subterráneo horizontal y vertical en el diseño estructural del firme.
- **AFD70 Rehabilitación de firmes:** experiencia de más de 10 años en el uso

del reciclado del paquete de firme completo (FDR) para la rehabilitación de carreteras; tendencia al uso de sistemas de firmes más sostenibles; reciclado de pavimento asfáltico; diseño y rendimiento de capas superficiales bituminosas y de hormigón.

- **AFD80 Características de resistencia y deformación de secciones de firme:** cálculo iterativo de las propiedades de la sección de firme; caracterización de las propiedades de las capas del firme.
- **AFH50 Construcción de pavimentos de hormigón con cemento portland:** capas de recubrimiento con hormigón como alternativa para la rehabilitación; desarrollos recientes de construcción y rehabilitación de pavimentos de hormigón con cemento portland; innovación en pavimentos de hormigón prefabricados y casos de estudio; diseño y análisis de pavimentos de hormigón; innovaciones en el diseño y construcción de pavimentos de

hormigón compactados con rodillo; implementación de tecnología de pavimentos de hormigón prefabricados (proyecto R05 del SHRP 2).

- **AFH60 Construcción y rehabilitación de firmes flexibles:** medición, monitorización y evaluación de capas bituminosas delgadas de firmes.
- **AFK20 Características de los materiales bituminosos:** investigación doctoral en materiales y mezclas bituminosas; aditivos innovadores para los materiales bituminosos; avances en la rotura por fatiga del ligante; envejecimiento a corto plazo del ligante; análisis o pruebas del ligante mediante métodos distintos al ensayo reológico estándar; estudios reológicos del ligante; envejecimiento del ligante; aditivos no tradicionales del ligante.
- **AFK30 Características de los componentes no bituminosos de las mezclas:** caucho en mezclas bituminosas; tecnologías sostenibles para

- mezclas bituminosas; pruebas mecánicas para evaluar los componentes de la mezcla; mezclas templadas.
- **AFK40 Características de la combinación árido-betún para satisfacer los requisitos de capas superficiales:** buenas prácticas del riego de adherencia para pavimentos bituminosos; diseño y evaluación en laboratorio de asfálticas abiertas; cuestiones en el diseño y construcción de mezclas para capas superficiales; metodologías para evaluar la resistencia al deslizamiento de capas de rodadura de carreteras y pistas de aeropuertos.
 - **AFK50 Características de las mezclas bituminosas para satisfacer los requerimientos estructurales:** caracterización y modelado del árido fino de la mezcla bituminosa; evaluación y ensayos de hormigones bituminosos; modelos experimentales y numéricos de mezclas bituminosas y pavimentos; medición y predicción del módulo dinámico de mezclas bituminosas; caracterización multiaxial de hormigones bituminosos; relación entre el comportamiento en servicio y las propiedades de mezclas bituminosas; avances recientes en evaluaciones mecánicas de firmes flexibles.
 - **AHB15 Sistemas inteligentes de transporte:** estado de la industria; vehículos conectados; diseño e implementación de redes; seguridad de los sistemas inteligentes de transporte; estimación del tiempo de viaje, velocidad y estado del tráfico; información al viajero y control.
 - **AHB20 Operaciones en autopista: gestión de incidencias en el tráfico:** profundizar en las discusiones para identificar las necesidades de investigación; diseño de autopistas y enlaces: aplicación de la ciencia y el arte de las innovaciones ingenieriles; compromiso de las administraciones para el establecimiento de sistemas de gestión y operación; gestión de incidentes; incidentes relativos a la conducción en sentido contrario, detección y medidas de prevención para las carreteras con accesos limitados; conducción en sentido contrario: qué sabemos, qué estamos haciendo y hacia dónde vamos.
 - **AHB25 Sistemas de semaforización:** tecnologías emergentes en sistemas de semaforización, estado del arte y predicciones de futuro; control de tráfico multimodal; control de semáforos en los diseños de intersecciones alternativas; diseño y optimización de la programación de semáforos; comportamiento operacional de sistemas de semaforización y comportamiento del conductor; control de semáforos en un entorno de vehículos conectados; medidas de desempeño y evaluación de sistemas de semaforización.
 - **AHB30 Automatización vehículo-carretera:** investigación sobre la automatización vehículo-carretera y programas mundiales de demostración; proyectos actuales y nuevos desarrollos en la automatización vehículo-carretera; avances recientes en la automatización vehículo-carretera; progresos en la resolución de retos institucionales para implementar sistemas de conducción automática; estrategias alternativas de implementación del uso de vehículos automáticos para producir beneficios en el transporte.
 - **AHB35 Gestión de carriles:** ejemplos de tarifas de congestión y gestión de carriles; aplicaciones de transporte y tecnológicas en la gestión de carriles en corredores; experiencia en la implementación de cambios de políticas de gestión de carriles.
 - **AHB40 Capacidad de carreteras y niveles de servicio:** modelos del comportamiento peatonal y análisis de la capacidad en entornos multimodales; nivel de servicio: ¿amarlo o dejarlo?; docencia innovadora de los procedimientos del Manual de Capacidad; análisis de la capacidad de infraestructuras viarias interrumpidas; análisis de la capacidad de infraestructuras viarias no interrumpidas.
 - **AHB45 Teoría y características del tráfico:** Modelos de peatones y aglomeraciones, simulación y datos; computación paralela en simulación de tráfico y asignación de rutas: de las innovaciones a la puesta en práctica; uso de simulación para los sistemas de toma de decisiones: pasado, presente y futuro; aspectos del flujo de tráfico con vehículos automatizados, incluyendo el tráfico mixto; seguimiento de vehículos en microsimulación; análisis de convergencias en modelos de tráfico; dinámicas de aglomeraciones: estudios empíricos, modelos, simulación y gestión; modelos y gestión de tráfico en redes urbanas de gran tamaño; simulación de tráfico y consideraciones de la red.
 - **AHB50 Dispositivos de control de tráfico:** impactos de los dispositivos de control de tráfico en la velocidad y el comportamiento de los usuarios; investigaciones sobre dispositivos de control de tráfico; investigaciones en dispositivos de control de tráfico basados en luces intermitentes.
 - **AHB55 Control del tráfico en zonas de obras:** avances en la seguridad de zonas de obras; evaluación de la selección de medidas de control de tráfico y de velocidad en zonas de obras; evaluación del comportamiento de los conductores y capacidad en zonas de obras.
 - **AHB65 Efectos operacionales del diseño geométrico:** uso del Manual de Gestión de Accesos del TRB y de sus herramientas; diseño de autopistas y enlaces: aplicación de la ciencia y el arte de las innovaciones ingenieriles; estudio operacional y de seguridad de diseños geométricos de carreteras; casos de estudio de análisis de diseños geométricos basados en el funcionamiento; mejoras en el diseño de carriles de giro; diseños alternativos de intersecciones.

- **AHB70 Gestión de accesos:** uso del Manual de Gestión de Accesos del TRB y de sus herramientas; impacto de las investigaciones en gestión de accesos.
- **AHD10 Gestión del mantenimiento y la explotación:** análisis y modelos de evaluación del mantenimiento y la gestión de infraestructuras; gestión y mantenimiento de infraestructuras que no son firmes ni puentes.
- **AHD20 Mantenimiento de firmes:** herramientas analíticas y métodos para el mantenimiento de firmes y otros elementos de carreteras; mantenimiento de firmes mediante reparaciones y parcheo.
- **AHD65 Vialidad invernal:** avances en el estudio del funcionamiento de la sal y otros materiales para la vialidad invernal; avances en indicadores de calidad de vialidad invernal y la monitorización de la condiciones superficiales; aspectos clave en tecnología y operaciones de vialidad invernal; selección y comportamiento de materiales para vialidad invernal; avances en tecnologías, operaciones e instalaciones de vialidad invernal.
- **ANB10 Gestión de la seguridad del transporte:** abordando el problema global de la seguridad vial: el Manual de Seguridad Vial de la PIARC (2ª edición); análisis de datos de gestión de seguridad vial; enfoque multidisciplinar para la gestión de seguridad vial guiada por los datos; investigación en transporte escolar; transformar el futuro de la seguridad con la visión de "lograr cero muertes"; comparativa internacional de programas de seguridad vial; investigación reciente, buenas prácticas e implementación de planes basados en la "visión cero".
- **ANB20 Análisis y evaluación de datos de seguridad vial:** presente y futuro de los límites de velocidad en el marco de la "visión cero"; prevención y modelos de accidentes graves; análisis y modelos de seguridad basados en estudios de



De izquierda a derecha: Alfredo García, Ana Tsui y Jordi Casas delante de uno de los trabajos presentados al 94º Congreso Anual del TRB

accidentalidad; explorando la seguridad y el riesgo de vehículos no motorizados; ¿es seguro emplear medidas sustitutivas de la seguridad vial?; investigaciones y aplicaciones prácticas en el ámbito de la seguridad de carreteras rurales.

- **ANB25 Funcionamiento en seguridad de las carreteras:** aplicaciones de los factores humanos al diseño de carreteras y la ingeniería de tráfico: herramientas prácticas, recursos y procedimientos; avances en la ciencia del comportamiento seguro de las vías.
- **ANB75 Glorietas:** prácticas de señalización horizontal y vertical; análisis de glorietas: gestión de accesos, pasos de peatones y vehículos pesados; capacidad: aspectos relacionados con diversos modos y con el diseño geométrico; todo sobre glorietas.
- **ANF10 Peatones:** ¡Mirando hacia ambos lados! ¿Dónde?; integrando peatones en intersecciones de diseño alternativo; modelos de comportamiento de peatones y estudios de capacidad en entornos multimodales; realidad virtual y herramientas eficientes para la movilidad y seguridad de peatones; medidas innovadoras en

cruces de peatones; comportamiento e interacción entre peatones en distintos niveles de servicio de rutas peatonales; indicadores de seguridad y funcionalidad de peatones; aspectos de la regulación legal, el diseño y la planificación en la seguridad peatonal; necesidades urgentes de mejora de infraestructuras peatonales: carencias y soluciones.

- **ANF20 Transporte en bicicleta:** determinantes del uso de la bicicleta: el barrio y las características del ciclista; comportamiento, regulación, seguridad e infraestructura ciclista; nuevas investigaciones sobre coche y bicicleta compartida; el punto de vista del ciclista en el diseño y explotación de carreteras.
- **ANF30 Motocicletas y ciclomotores:** análisis de factores concurrentes en accidentes, heridos y muertos; modelos de tráfico, incluyendo motocicletas y ciclomotores; el papel de la tecnología en la seguridad de motocicletas y ciclomotores.

De las 24 ponencias en las que han intervenido autores españoles, 18 tratan de investigaciones en el ámbito de las redes viarias. De ellas, 6 corresponden a la Universidad Politécnica de Madrid, 5 a la Universitat Politècnica de

València, 4 a la Universitat Politècnica de Catalunya, 2 a la Universidade de Coruña, y 1 a la Universidad de Granada. El detalle de las ponencias se recoge seguidamente:

- *Sustainability Assessment of Transport Infrastructure Projects: Review of Existing Tools and Methods*. Carolina Bueno, José Manuel Vassallo, Kevin Cheung. Universidad Politécnica de Madrid.
- *Heavy Vehicle Demand Evolution in Interurban Toll Roads: Key Explanatory Variables in Spain*. Juan Gómez, José Manuel Vassallo. Universidad Politécnica de Madrid.
- *Comparison of Road Freight Transport Trends in Europe: Results of an Input-Output Structural Decomposition Analysis*. Ana Alises, José Manuel Vassallo, Mario Aymerich. Universidad Politécnica de Madrid.
- *Measuring the Effects of Traffic Congestion on Fuel Consumption*. Álvaro García-Castro, Andrés Monzón. Universidad Politécnica de Madrid.
- *An Integral Approach of Performance Based Design for Tunnels*. Mayoral, J.M.; Melis, M.; Román de la Sancha, A.; Vital, D. UNAM; Universidad Politécnica de Madrid.
- *Built environment and Social Capital variables influences on travel behavior: the case of two waves panel survey in Madrid*. Comendador, J., F. Di Ciommo, M. E. López-Lambas, J. C. García-Palomares. Universidad Politécnica de Madrid; Universidad Complutense de Madrid.
- *Minimum Passing Zone Length Design Criteria Considering Operational and Safety Impacts*. Ana Tsui Moreno, Carlos Llorca, Annique Lenorzer, Jordi Casas, Alfredo García. Universitat Politècnica de València; TSS.
- *Comparison of Optimization Methods for Assisted Calibration of Traffic Micro-Simulation*. David K. Hale, Constantinos Antoniou, Mark Brackstone, Dimitra Michalaka, Ana T. Moreno, Kavita Parikh. Leidos, Inc.; National Technical University of Athens; Transport Simulation Systems (TSS); The Citadel; Universitat Politècnica de València; RS&H, Inc.
- *Experimental Determination of the Inertial Operating Speed for Consistency and Segmentation Analysis*. Alfredo García, Francisco Javier Camacho-Torregrosa, Javier Marín-Morales. Universitat Politècnica de València.
- *Sustainable Pavement Management: How to Integrate Economic, Technical and Environmental Aspects in Decision-Making*. Cristina Torres-Machi; Alondra Chamorro; Eugenio Pellicer; Víctor Yepes; Carlos Videla. Universitat Politècnica de València; Pontificia Universidad Católica de Chile.
- *Qualitative Study of Role of Built Environment on Walking for Short Trips*. Sheila Ferrer, Tomás Ruíz, Lidón Mars. Universitat Politècnica de València.
- *Mobility and Environment Improvement of Signalized Networks through Vehicle-to-Infrastructure (V2I) Communications*. Gerard Aguilar Ubiergo, Wen-Long Jin. Universitat Politècnica de Catalunya; University of California.
- *Effect of Aging in the Fatigue Behavior of Asphalt Binder, Mastic and Mixture*. Ramón Botella, Félix Pérez Jiménez, Rodrigo Miró, Adriana Martínez, Antonio Páez Dueñas, Francisco José Barceló Martínez, Virginia Carrera. UPC-Barcelona-Tech; Repsol Technology Center.
- *Experimenting with Dynamic Speed Limits on Freeways*. Francesc Soriguera, Irene Martínez-Josemaría, Mónica Menéndez. Universitat Politècnica de Catalunya; ETH Zürich.
- *Advanced traffic data for dynamic OD demand estimation: The state of the art and benchmark study*. Tamará Djukic; Jaume Barceló; Manuel Bullejos; Lidia Montero; Ernesto Cipriani; Hans van Lint; Serge P. Hoogendoorn. Delft University of Technology; Universitat Politècnica de Catalunya; Universit Degli Studi Roma Tre.
- *Treatments applied to recycled concrete aggregates when used in hot-mix asphalt*. Ana Pasadín, Ignacio Pérez, Breixo Gómez Meijide. Universidade da Coruña.
- *A Comprehensive Model for the Fatigue Analysis of Flexible Pavements Considering the Effects of Dynamic Axle Loads*. Fermín Navarrina, Luis Ramírez; José París, Xesús Nogueira, Manuel Casteleiro, José Ramón Fernández de Mesa. Universidade da Coruña; Holding Eurovia España.
- *Use of Acrylic Fibers for Improvement of Mechanical Performance of High-Modulus Asphalt Mixtures in Severe Climates*. Fernando Moreno Navarro, M^a Carmen Rubio Gámez, Miguel Sol Sánchez, Esther Tomás Fortún, Miguel Segarra Martínez. Universidad de Granada. ❖



En marcha el nuevo Proyecto de la Ley de Carreteras



El pasado 8 de mayo el Consejo de Ministros aprobó el Proyecto de Ley de Carreteras, que en breve será remitido a las Cortes para su tramitación parlamentaria.

Con esta iniciativa se recogen en la nueva Ley la evolución que ha experimentado la red viaria desde el año 1988, fecha en la que se aprobó el texto actualmente vigente.



Entre las novedades introducidas merecen destacarse las siguientes:

- Imposibilidad temporal, por parte de las administraciones autonómicas o locales, de las recalificaciones de suelos durante el proceso de planificación de una carretera, evitando así posibles actuaciones especulativas.
- Necesidad de realización de estudios de viabilidad, incluyendo un análisis coste/beneficio de la vía respecto a otros modos de transporte, así como la posibilidad de recurrir a la participación público-privada.
- Introducción de nuevas medidas para mejorar la seguridad vial en las etapas de planificación, puesta en servicio y explotación.
- Medidas más eficaces para la protección del patrimonio público viario.
- Se habilitan competencias al Ministerio de Fomento para el establecimiento de determinados equipamientos como los sistemas inteligentes de transporte.
- Se aumentan las cuantías de las sanciones previstas en la normativa de autopistas de 1973 para los casos de incumplimiento en la prestación del servicio viario, que pueden alcanzar los 15 000 euros.
- Se introducen mejoras en materia de competencia limitando, por ejemplo, la existencia de más de tres estaciones de servicio seguidas pertenecientes a un mismo suministrador. ❖

El parlamento europeo aprueba el eCall

Su uso será obligatorio en todos los coches y vehículos comerciales ligeros comercializados en la Unión Europea a partir de abril de 2018

El Parlamento europeo ha aprobado, el pasado 5 de mayo, una Directiva por la que la instalación del sistema eCall (el sistema de llamadas de emergencia europeo) será obligatoria para nuevos modelos de turismos y furgonetas. Los fabricantes deberán instalar esta tecnología en todos aquellos vehículos que vayan a homologarse a partir del 31 de marzo de 2018. Con esta medida, se pretende mejorar la seguridad vial en Europa y salvar cientos de vidas cada año.

A pesar de los continuos esfuerzos realizados en la Unión Europea por aumentar la seguridad en las carreteras y los importantes logros alcanzados, en 2014 el número de fallecidos en accidentes de tráfico se elevó a la cifra de 25 700 personas, un trágico balance que la aprobación de esta medida puede compensar en cierta medida.

En opinión de los expertos, el sistema eCall podría disminuir esta cifra hasta en un 10% al permitir reducir la gravedad de las lesiones (y la severidad de sus secuelas), gracias a una atención rápida y profesional a los implicados en los accidentes de tráfico.

La novedad de la decisión adoptada no está en la existencia de estos sistemas en el mercado, sino en la obligatoriedad de su implantación en los vehículos ligeros, con independencia de su tipo y precio de compra, proporcionando al ciudadano europeo un servicio público gratuito que mejorará su seguridad en el uso de las carreteras.



Esta Directiva no solo obliga a los fabricantes de automóviles sino también a los Estados Miembro que antes del 1 de octubre de 2017 deberán tener operativas una serie de infraestructuras que permitan procesar de manera rápida y eficaz todas las llamadas del eCall.

Funcionamiento del eCall

El sistema eCall se activa automáticamente cuando el vehículo detecta un impacto grave; el sistema marca el número de emergencias (112), establece una conexión con el centro de emergencia más apropiado y envía información detallada del accidente a los servicios de rescate: la hora del accidente, la posición precisa del vehículo y la dirección en la que se trasladaba (dato importante en autopistas), el número de ocupantes en el momento del choque, el tipo de vehículo y el combustible utilizado. El sistema eCall permite también su accionamiento manual, por ejemplo por un testigo de un accidente grave.

Esta información permitirá reducir los tiempos de asistencia de los servicios de emergencias, y tendrá también un impacto significativo en la reducción del tráfico generado por los

accidentes, evitando a su vez posibles accidentes secundarios que se pudieran generar por un entorno inseguro en el lugar del siniestro.

Protección de datos

La privacidad de los conductores y la forma de evitar que éstos fueran rastreados en los vehículos equipados con este dispositivo antes de que produjese un accidente, fue uno de los aspectos más polémicos de esta Directiva. Para evitar esta circunstancia la Directiva incluye una serie de garantías por las que el sistema eCall se limita a trabajar con los datos estrictamente necesarios para su propósito, que solamente se transmiten en caso de generarse un accidente grave y que no pueden ser cedidos a terceros por los servicios de emergencia sin el consentimiento expreso de los afectados. Asimismo, el fabricante debe garantizar que toda la información almacenada por el sistema eCall se borre automáticamente y no llegue a terceros y si quiere, por ejemplo, que el aviso sea derivado también a una centralita propia para facilitar otros servicios no cubiertos por la normativa europea, deberá contar con el consentimiento explícito de la persona concernida. ❖

XV Congreso Español sobre Sistemas Inteligentes de Transporte



Acto de Apertura. De izquierda a derecha: Julio García Ramón, Javier Rubio, Joaquín del Moral, María Seguí, Agustín Sánchez Rey y Ángel Guerra

Del 14 al 16 de abril de 2015, organizado por ITS España, se desarrolló en la sede del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid la 15ª edición del Congreso Español sobre Sistemas Inteligentes de Transporte. La cita contó con más de 350 asistentes, representando a 125 empresas y entidades.

La apertura oficial del Congreso estuvo presidida por la directora general de Tráfico, María Seguí Gómez, a la que acompañaban, por parte del Ministerio de Fomento, el director general de Transporte Terrestre, Joaquín del Moral Salcedo, y el subdirector general de Explotación y Gestión de Red de la Dirección General de Carreteras, Agustín Sánchez Rey, el

coordinador general de Sostenibilidad y Movilidad del Área de Gobierno de Medio Ambiente y Movilidad del Ayuntamiento de Madrid, Francisco Javier Rubio de Urquía, así como los presidentes de ITS Iberoamérica, Ángel Guerra Zalabardo, e ITS España, Julio García Ramón.

Especialmente interesantes fueron las palabras de todos los que intervinieron en el acto de apertura para conocer el posicionamiento de las diferentes instituciones ante el panorama actual del ITS español. Cada uno de ellos hizo un repaso de las aplicaciones que tienen estos sistemas en los diferentes ámbitos del transporte, haciendo hincapié en las actuaciones y proyectos que dirigen y llevan a cabo con respecto a los ITS

en sus respectivas competencias. Se mostró también el amplio abanico de posibilidades que ofrecen las tecnologías de la información y de la comunicación aplicadas a la movilidad y los retos que el mercado internacional brinda a las empresas españolas, quienes desarrollan e instalan cada vez más sus sistemas fuera de nuestras fronteras y de modo particular en Latinoamérica.

Tras la apertura comenzaron las sesiones técnicas que a lo largo de los tres días del Congreso abordaron los últimos avances en los ITS aplicados e instalados en las infraestructuras, su empleo para la gestión del tráfico y sus beneficios para la seguridad vial, así como en el transporte público.

ITS en la Infraestructura

En la primera sesión sobre ITS en autopistas de peaje el director del Centro de Gestión de Tráfico del Noroeste de la DGT, Ramiro Martínez Rodríguez, presentó el Borrador de las "Recomendaciones para la implantación de Sistemas Cooperativos en las carreteras españolas" que está desarrollando el Comité de Sistemas Cooperativos de ITS España que él mismo preside cuyo objetivo es identificar y orientar los pasos necesarios para implantar en nuestras carreteras estos sistemas y facilitar la comunicación de la infraestructura con los vehículos conectados que, en los próximos años, empezarán a circular por nuestras vías.

El presente y futuro de los sistemas ITS en las autopistas fue analizado por Rafael Fando (Ferrovia), que en su presentación desarrolló algunos de los ámbitos que, a su juicio, en el futuro van a tener influencia en la gestión de las autopistas: las aplicaciones sobre

smartphones, el *Big Data* aplicado y su desarrollo en las autopistas, el internet de las cosas, los drones y el vehículo conectado como antecedente de la conducción autónoma.

«Estamos fijando las bases para que en pocos años nuestras carreteras puedan entenderse con los vehículos conectados. En un corredor de 100 km de carreteras de Galicia y en la ciudad de Vigo se está verificando que vamos por el camino correcto»

(Ramiro Martínez)

Las empresas españolas explicaron sus experiencias en diferentes autopistas por el mundo, como el *backoffice* del sistema de peaje *free-flow* (sin barreras) en Australia, una aplicación móvil para obtener descuentos en las autopistas urbanas de Dallas o servicios de valor añadido que ofrecen los OBE además del pago del peaje.

Se realizó un repaso de la presencia de los ITS en túneles, cómo se había abordado este tema en el VI Simposio de Túneles de Carretera celebrado en Zaragoza del 11 al 13 de marzo de 2015, y se presentaron varios ejemplos de sistemas para la gestión de estas infraestructuras. Especial interés despertó el proyecto de construcción de las instalaciones de los nuevos accesos a Bilbao por San Mamés y la transformación de la A-8 en vía urbana.

El aparcamiento cobró también protagonismo en el Congreso con los nuevos sistemas que mostraron las empresas especializadas para la gestión y cobro con datos en la



Diferentes proyectos están desarrollando la utilización de los drones para la gestión del tráfico en autopistas
[Fuente: <http://www.thatdroneshow.com/drone-sightings-dramatically-us/>]

nube y que refleja la importancia de la integración del aparcamiento en la planificación de la movilidad urbana.

ITS para la Gestión del Tráfico

Las exposiciones sobre tráfico urbano dejaron claro que las *Smart Cities* están diseñadas en base a la integración de las diferentes soluciones que ofrecen los ITS para una gestión de la movilidad más segura, sostenible y eficiente. Es el desafío de integrar los datos recogidos por todos los equipos de campo instalados en la ciudad (equipos de control, sensores, actuadores, comunicaciones, etc.) para disponer de una información más completa y poder así tomar mejores decisiones en aras de una gestión inteligente de la movilidad. El jefe del Departamento de Tecnologías del Tráfico del Ayuntamiento de Madrid, Carlos Rubio, habló sobre el nuevo regulador español de cruces semafóricos y la necesidad de una nueva normativa y procedimientos de prueba de compatibilidad. Este regulador incrementa la seguridad vial, tiene nuevos sistemas de comunicaciones y permite la incorporación de nuevos periféricos y sensores.

En el ámbito interurbano tuvo especial interés la intervención de Jaime Moreno, subdirector general de Gestión de la Movilidad de la Dirección General de Tráfico, quien detalló los planes y estrategias de la DGT en ITS y la necesidad y oportunidad de utilizarlos para alcanzar los objetivos marcados de Visión Cero: 0 lesionados, 0 congestión, 0 emisiones. Entre ellos destacó los nuevos sistemas ITS para gestionar la movilidad en las carreteras, potenciar el uso y demanda de los sistemas cooperativos, el apoyo para realizar pruebas piloto de conducción automatizada y el despliegue de sensores y sistemas a lo largo de toda la red. Bajo la presidencia del secretario autonómico de Infraestructuras, Transporte y Medio

La Universidad de León ha desarrollado un sistema de información que proporciona al conductor la ruta con mejores condiciones meteorológicas, con alertas en tiempo real

Ambiente de la Generalitat Valenciana, Victoriano Sánchez-Barcaiztegui Moltó, varias de las intervenciones ahondaron en las diferentes metodologías para la captura de los datos de tráfico y su posterior tratamiento. Se contó con la presencia del ingeniero holandés de TomTom, Maarten Clements, quien realizó una demostración de la información de tráfico proporcionada por su entidad con datos en tiempo real de las calles de Madrid.

La tarde del segundo día estuvo centrada en los sistemas ITS para la mejora de la seguridad vial y en cómo estos contribuyen a reducir la siniestralidad. Jesús Leal Bermejo, jefe de Área de Tráfico y Seguridad Vial del CEDEX, participó en la mesa presentando el análisis coste beneficio de los principales sistemas y proyectos ITS. Mostró la necesidad de evaluar los sistemas ITS y qué tipos de métodos existen para ello, con resultados de evaluaciones realizadas y aspectos prácticos de la evaluación. Esto generó un enriquecedor debate con los asistentes y con el resto

La EMT de Málaga está estudiando la eliminación del pago en efectivo en los autobuses urbanos

de ponentes en el que se aportaron diferentes puntos de vista. De las comunicaciones libres hay que resaltar, por un lado, una comparativa entre las diversas tecnologías existentes para la captura de datos de tráfico y, por otro, un sistema de información sobre riesgos meteorológicos para un vehículo con predicción de rutas seguras y un sistema de aviso entre usuarios y los gestores de riesgos. Este último sistema, desarrollado por el Grupo de Física de la Atmósfera de la Universidad de León, permite mostrar información meteorológica y alertas en tiempo real para localizaciones presentes y futuras, proporcionando además la ruta con mejores condiciones atmosféricas.

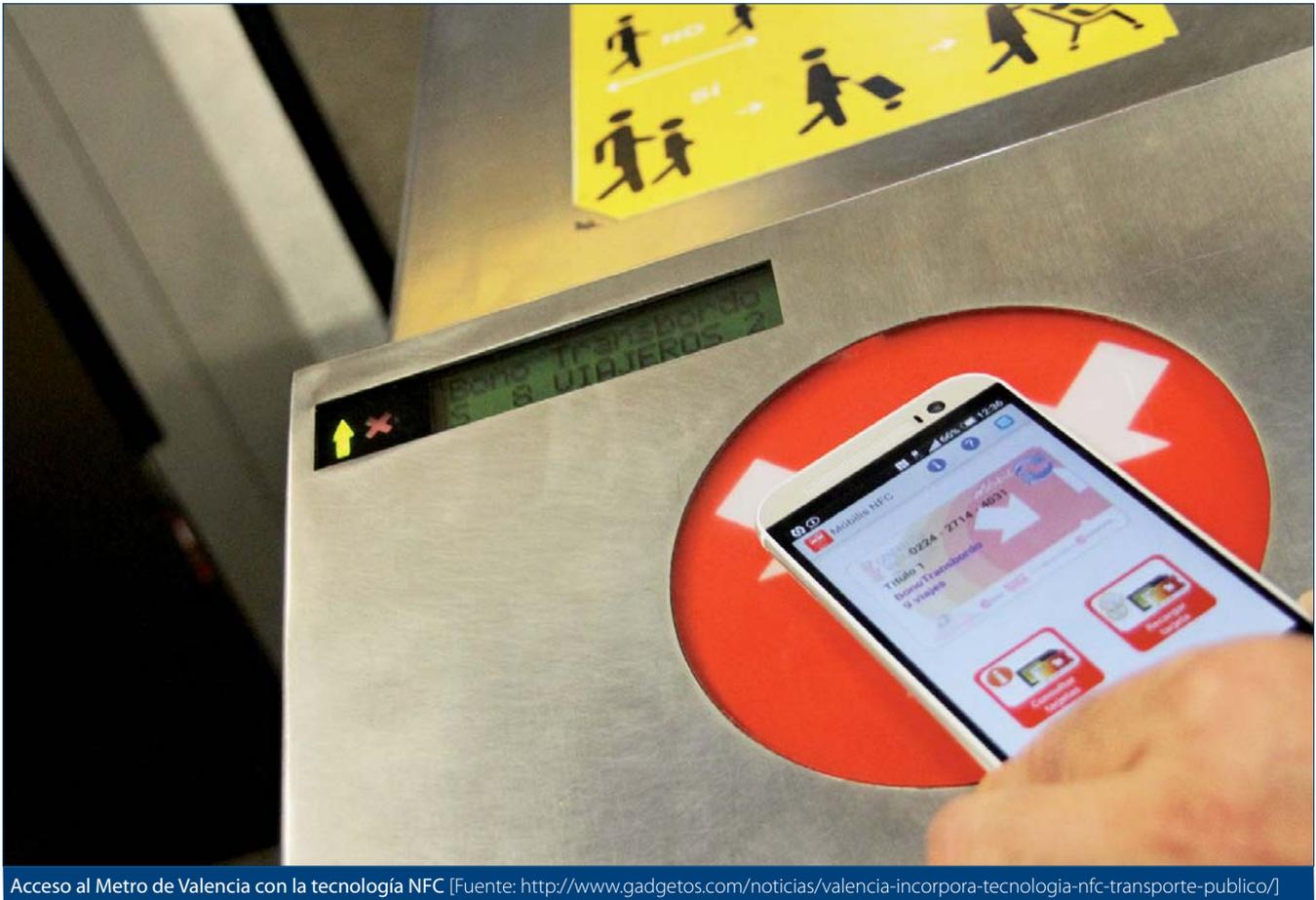
ITS en el Transporte Público

El transporte público se abordó en dos sesiones diferentes. La primera se centró en los sistemas de información mientras que la segunda estuvo enfocada al *Ticketing*.

En la sesión de sistemas de información se habló del planificador europeo, los planificadores multimodales *Muévete* y *MyWay*, la reutilización de datos procedentes de tarjetas sin contacto, así como de la armonización de datos multimodales en la red de transporte público.

En la sesión dedicada al *Ticketing* el presidente de ATUC y Gerente de la EMT de Málaga, Miguel Ruiz Montañez, presentó el estudio que está realizando en colaboración con ITS España para la eliminación del pago en efectivo en los autobuses urbanos. En dicho documento se analiza la situación actual del pago en efectivo, las alternativas tecnológicas existentes, se definen las condiciones que se deben dar para poder eliminar el pago en efectivo a bordo, se proponen soluciones y se identifican las más adecuadas.

Una de esas alternativas tecnológicas es el sistema de billeteaje



Acceso al Metro de Valencia con la tecnología NFC [Fuente: <http://www.gadgetos.com/noticias/valencia-incorpora-tecnologia-nfc-transporte-publico/>]

Para el pago del transporte público con el *smartphone*, además de los avances tecnológicos se necesita un modelo de negocio donde todos los actores involucrados se encuentren cómodos. España es por ahora el único país de Occidente en conseguirlo y los ciudadanos de Valencia, Málaga y Logroño los primeros en disfrutarlo

inteligente sobre *smartphones* que ya ha puesto en marcha el Metropolitano de Tenerife y que explicó en esta cita. El *smartphone* lee un código QR colocado en el autobús y sirve como validación del billete.

La sesión de *Ticketing* terminó con una mesa redonda sobre NFC (*Near Field Communication*) donde Gregorio Haro Javaloyes mostró la estrategia para la implantación ordenada del modelo español NFC en el transporte público que tiene el Comité de ITS España para hacer crecer este modelo implantado ya en España, abierto y escalable donde se puede emular en un móvil cualquier tarjeta de transporte con funcionalidades completas de configuración y recarga vía red del teléfono móvil, que se desarrolla sin coste para el titular de la tarjeta de transporte con cargo a la comisión que genera la venta de billetes.

ITS en el vehículo

La sesión dedicada a los ITS en el vehículo giró en torno a los últimos avances tecnológicos en el ámbito de la automoción, principalmente los que tratan la conectividad del vehículo y la conducción automatizada. Ana Blanco Bergareche, subdirectora adjunta de Circulación de la Dirección General de Tráfico, explicó el estado del *eCall* a nivel europeo y su introducción en España. Francisco Sánchez Pons, del CTAG, presentó "Los mitos y realidades de la conducción automatizada", donde se mostró la tecnología en los vehículos que la hace posible y los aspectos clave que hacen que este tipo de conducción vaya a ser una realidad en los próximos años. Dicha ponencia tuvo un complemento perfecto en la presentada por el director de Ventas para España del área de Soluciones de Movilidad de Bosch sobre los sistemas actuales y



Vehículo con conducción autónoma [Fuente: Proyecto SARTRE <http://www.sartre-project.eu/en/press/imagegallery/Sidor/default.aspx>]

futuros de ayuda a la conducción, que hizo un repaso de los sistemas y de los requisitos que han identificado para la conducción automatizada y las necesidades de adaptación del marco legal. En el animado debate que se suscitó a continuación salieron datos como los ambiciosos planes de trabajo de Google en relación a la conducción autónoma y la escasa viabilidad de los proyectos actuales a la vista de que el coste de los sistemas de navegación supera los 300 000 €.

Internacionalización

La sesión sobre los ITS e internacionalización fue dirigida por el presidente de ITS Iberoamérica, cargo que actualmente ocupa Ángel Guerra Zalabardo como presidente del Comité Industrial de ITS España, y contó con representación europea en la figura de Carla Messina, del Ministerio de Infraestructura y

El sector se prepara para un futuro próximo: la conducción automatizada. Técnicamente viable en pocos años, deberá reducir sus costes para que su uso sea una realidad

Transporte de Italia, y de Alexander Frötscher, de la entidad AustriaTech, así como latinoamericana con Óscar Elorriaga Echevarría, del Órgano de Control de Concesiones Viales de la República Argentina. Se presentaron, además, varios proyectos de empresas españolas que implementan sistemas ITS a lo largo de todo el mundo.

Clausura y entrega de Premios ITS España 2015

Durante la clausura del Congreso tuvo lugar la entrega de los Premios ITS España 2015 en todas sus categorías con Sebastián de la Rica Castedo, presidente de la Asociación de Ingenieros de Tráfico y Técnicos de Movilidad, como Maestro de Ceremonias. Los premios ITS son otorgados anualmente por la Asociación a las personas, entidades o proyectos elegidos por el Jurado de entre las propuestas realizadas por los Consejeros de ITS España a entidades, personas o proyectos que tienen especial relevancia en el sector.

En la edición de este año los galardonados han sido los siguientes:

ITS en Movilidad Urbana a TRANSyT (Universidad Politécnica de Madrid) por el desarrollo y mantenimiento del Observatorio de la Movilidad Metropolitana (OMM). Con este premio el jurado

reconoce el esfuerzo que ha hecho Transyt en mantener los trabajos del OMM a pesar de las dificultades para encontrar recursos para desarrollarlos. Este Observatorio es la fuente obligada de información para cualquiera que quiera trabajar en el ámbito de la movilidad metropolitana en España.

ITS en la Logística al proyecto para la gestión eficiente de la flota de vehículos frigoríficos de Transalbert basado en el servicio Moviloc, desarrollado por GMV. Es un premio al equipo cliente-proveedor: por un lado 10 años de este sistema ITS embarcado para la gestión de flotas de múltiples aplicaciones; por otro el titular del sistema que hace el esfuerzo de definir muy bien sus necesidades y dar el salto tecnológico.

ITS en el Transporte Público al proyecto de post-pago con la tarjeta T-Avança de la EMT de Tarragona, por el importante cambio de paradigma que supone un proyecto de estas características y por las mejoras para el ciudadano. La T-Avança es una tarjeta sin contacto personalizada y su principal característica es que el usuario paga por lo que viaja a fin de mes en función del número de viajes que ha realizado, generándose una factura donde se especifica cada viaje realizado, con su fecha correspondiente y la tarifa que se ha aplicado, siempre la más beneficiosa para el usuario.

Internacionalización a AustriaTech, entidad pública del Gobierno austriaco centrada en tecnología y que ha sido uno de los líderes del ITS en Europa. AustriaTech ha sido referencia en foros internacionales por el enfoque acertado y práctico de sus proyectos de I+D, por la disposición de sus técnicos y su presencia activa en todos los foros del sector ITS.

ITS en Tráfico Interurbano a D. Iñaki Eguiara Garay, responsable del Área de Investigación de Tráfico de la Dirección de Tráfico del Gobierno Vasco. Profesor de Reconstrucción de Accidentes de Tráfico en la



Mario Cortés (EMT de Tarragona) recibiendo el Premio ITS en el Transporte Público de manos de Rafael Orihuela (EMT de Madrid)

Academia de la Policía Vasca (1986 a 1995), desde 1995 trabaja en la Dirección de Tráfico del Gobierno Vasco encargado del área de ingeniería, responsabilizándose entre otras cosas de los proyectos ITS de gestión de tráfico, desde la planificación del sistema hasta la dirección de la ejecución de varias fases del proyecto.

ITS en Autopistas a D. Álvaro Martín Hernández por su trabajo desde Abertis Autopistas. Como Consejero de ITS España ha apoyado de forma decidida a la Asociación así como representando a Abertis Autopistas. Desde los comienzos del ITS en España ha participado activamente en todos los foros sectoriales de ASETA, la ATC, comités de normalización, etc., destacando además de su profesionalidad sus planteamientos positivos y conciliadores. Al recoger el premio realizó una especial mención a Agustín Sánchez Rey que presidió el Comité ITS de la ATC que fue el primer lugar donde empezaron a impulsarse los ITS en nuestro país.

ITS en el Vehículo a Bosch por las innumerables aportaciones en pro

de una movilidad más segura, sostenible, eficiente y confortable, muy en especial suministrando sistemas a los fabricantes de vehículos. Recogió el Premio Frank Seidel, presidente de Bosch para España y Portugal.

Premio Especial 2015 para la EMT de Málaga, en reconocimiento a la trayectoria de permanente innovación en proyectos ITS. La EMT de Málaga es una referencia permanente para el resto de operadores españoles, ya que fueron los primeros en implantar la tarjeta sin contacto y lo mismo con en el pago por el móvil y ahora con tecnología NFC. Recogió el premio el presidente de la EMT de Málaga y Concejal de Movilidad del Ayuntamiento de Málaga, Raúl López Maldonado.

Jaime Moreno clausuró el Congreso tras esta ceremonia felicitando a todos los participantes por el éxito del evento, agradeciendo la presencia de los asistentes durante los tres días y animando a todos ellos a ser parte activa de la próxima edición. ❖

El Congreso Multisectorial de la Carretera inicia su andadura en Valladolid



Mesa de apertura del Congreso, de izquierda a derecha: Alberto Bardesi, Juan Lazcano, José A. de Santiago-Juárez, Manuel Niño y Luis Alberto Solís Villa

Los pasados 11 y 12 de mayo se celebró en Valladolid el Congreso Multisectorial de la Carretera. Este congreso nace con la voluntad de servir de foro de debate a las diversas temáticas que concita el mundo de las carreteras y de convertirse en plataforma de difusión de sus distintas áreas de conocimiento. Para esta primera edición se eligió como lema: «Por la Conservación, la Innovación, la Eficiencia y el Empleo», lo que dejaba bien a las claras los temas de debate que se pretendían abordar: la carretera como modo de transporte básico para la recuperación de la economía y el empleo, la necesidad de mantener la red adecuadamente conservada, y la innovación como herramienta para aumentar la eficiencia del sistema.

El marco elegido fue el Auditorio Miguel Delibes de la ciudad de

Valladolid, escenario en el pasado de varios de los Congresos Nacionales de Firms. La organización corrió a cargo de cuatro de las más conocidas asociaciones relacionadas con las carreteras: La Asociación Técnica de Carreteras (ATC), la Asociación Española de la Carretera (AEC), la Asociación de Empresas de Conservación y Explotación de Infraestructuras (ACEX) y la Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas (ASEFMA). El Congreso contó con la participación de 750 técnicos y expertos en la materia, 300 de los cuales lo hicieron por vía *streaming*.

El evento fue inaugurado por el consejero de Presidencia de la Junta de Castilla y León, José Antonio de Santiago-Juárez; el secretario general de Infraestructuras del Ministerio de Fomento, Manuel Niño; los presidentes

de la AEC y la ATC, Juan Lazcano y Luis Alberto Solís.

Juan Lazcano se mostró optimista sobre el futuro del sector al indicar que “2015 será el año de la recuperación económica en nuestro país” y que “las previsiones presupuestarias marcan un cambio de tendencia para el sector viario”, uno de los más golpeados por la crisis. Recalcó que es preciso que los políticos se den cuenta de la necesidad de las carreteras, por lo que representan para la movilidad de las personas y la logística del transporte. La red debe estar abierta 24 horas al día, 365 días al año y por ello deben estar bien conservadas. Recordó que las operaciones de mantenimiento preventivas contribuyen a prologar la vida útil de las carreteras de un modo sostenible y a reducir costes, por lo que es ne-

cesario programar actuaciones y disponer de una financiación estable y suficiente, mediante la aplicación de tasas por uso si fuera necesario, así como recurrir a las nuevas tecnologías, como el reciclado, y externalizar la actividad ya que el sector privado está más que preparado para estas labores.

Por su parte, Solís Villa, tras agradecer el esfuerzo de ACEX y ASEFMA en la organización, afirmó que “las últimas tres décadas el sector viario ha conocido una transformación sin precedentes”. También señaló que “las empresas de ingeniería y construcción españolas se sitúan en la élite internacional y son buen ejemplo de la marca España”.

En su intervención, Manuel Niño afirmó que “mantenimiento y conservación de carreteras es una prioridad para Fomento, como así lo refleja el PITVI 2012-14” y que “la inversión total en carreteras durante esta legislatura será de 11 200 millones de euros”. Hizo especial referencia al anteproyecto de la Ley de Carreteras, aprobado el pasado 8 de mayo, del que señaló introduce novedades en gestión viaria como la “exigencia de análisis de eficiencia e intermodalidad” y la “promoción de la colaboración público-privada”. Por otro lado, el secretario general de Infraestructuras señaló que se han licitado a lo largo de esta legislatura 639 M€ a los que se sumarán otros 509 M€ previstos para 2015. Respecto a los contratos de conservación integral, desde 2012 se han licitado 100 por un importe total de 1234 M€ y durante este 2015 están previstos otros 26 por un total de 336 M€. Y en cuanto a las obras de rehabilitación y refuerzo de firmes, que no se licitaron durante el período 2009-13, está previsto para 2015 la licitación de 235 M€.

José Antonio de Santiago-Juárez, también responsable en funciones de la Consejería de Fomento en la Junta de Castilla y León, reconoció el bajón presupuestario de las consejerías inversoras en materia de carreteras a pesar de ser un importante activo,



Juan José Potti, presidente ejecutivo de ASEFMA, y Mario Aymerich, director de desarrollo del Banco Europeo de Inversiones

«Es necesario programar actuaciones de mantenimiento y conservación, y disponer de una financiación estable y suficiente, mediante la aplicación de tasas por uso si fuera necesario» (Juan Lazcano)

fundamental en el acceso ciudadano a servicios básicos. Señaló la importancia de “optimizar la inversión en carreteras” y subrayó que “la prioridad es conservar”. También mostró su confianza en que durante la próxima legislatura se aumente la inversión viaria, ya que “España habrá salido de la crisis”.

Conferencia inaugural

La conferencia inaugural corrió a cargo de D. Óscar de Buen, presidente de la Asociación Mundial de la Carretera (PIARC). Tras presentar esta centenaria asociación dedicada básicamente a la transferencia de tecnología entre sus 123 países miembros, presentó unos de sus últimos trabajos

titulado «Importancia de la Conservación» y que en su versión completa está disponible en la página web de esta asociación. Como resume podrían destacarse sus diez mensajes claves:

1. Las carreteras son fundamentales para las actividades económicas y sociales.
2. Las carreteras son activos públicos muy valiosos (casi siempre el patrimonio más importante de un país). No conservarlas supone desperdiciar inversiones y comprometer el futuro.
3. Las inversiones en conservación de carreteras son las más rentables en el sector transporte.
4. La conservación requiere fondos suficientes, estables y oportunos para ahorrar en costes futuros. Prevención vs Corrección.
5. La conservación ofrece beneficios difícilmente monetizables: seguridad, medio ambiente, integración social, accesibilidad...
6. El estado de conservación influye directa y exponencialmente en los costes de uso de los vehículos (aunque sea la suma de muchos pequeños costes individuales).
7. La conservación preventiva reduce la vulnerabilidad de la red frente a fenómenos naturales, terremotos,... o derivados del cambio climático.

8. En muchos países, los usuarios prefieren carreteras en buen estado frente a carreteras nuevas.
9. Los programas de servicios requieren una sólida planificación y una buena gestión de riesgos, aunque el resultado de la conservación no se vea de forma inmediata.
10. Los procedimientos de contratación deben incorporar valor vía innovación, mejora de desempeño, mayor rentabilidad y eficiencia administrativa.

Y toda una reflexión filosófica resumida en una frase: "no conservar los activos que tenemos implica menospreciar los esfuerzos de nuestros predecesores y desentendernos del futuro de nuestros hijos".

Primera sesión: Conservación

Tras la conferencia inaugural se inició la primera de las tres sesiones previstas dedicada a Conservación, que fue coordinada por Juan José Poti, presidente ejecutivo de ASEFMA. Se presentaron en ella dos comunicaciones invitadas y se celebró una mesa redonda.

La primera comunicación corrió a cargo de Mario Aymerich, director de Desarrollo del Banco Europeo de inversiones (BEI), que explicó que este organismo se creó para facilitar la convergencia entre los países de la UE y también con terceros países, y que tiene dos grandes objetivos: la formación para el empleo y la lucha contra el cambio climático.

El BEI maneja unos 75 000 M€/año en préstamos para proyectos que deben reunir tres características: coherentes con las prioridades establecidas: rentabilidad financiera, viabilidad técnica y viabilidad económica. Actualmente estos préstamos se reparten al 50% entre el sector público y privado. La conservación de infraestructuras no entraba dentro de sus campos de actuación porque sus préstamos iban dirigidos a la generación de capital fijo. Sin embargo, en la actualidad se empiezan a contem-

plar proyectos ligados con la seguridad vial y/o el cambio climático. En los últimos 5 años se han financiado 89 proyectos de carreteras. Un tema que podría ser interesante en España son los proyectos para reducir el impacto de inundaciones y aquellos que incluyan aspectos significativos relativos a la sostenibilidad.

«No conservar los activos que tenemos implica menospreciar los esfuerzos de nuestros predecesores y desentendernos del futuro de nuestros hijos»
(Óscar de Buen)

«Nuestras carreteras ya no se adaptan a las necesidades del 2050»
(Jean-Claude Roffé)

Las vías de financiación pueden ser de tipo "lending" (préstamo puro garantizado), "blending" (mixta préstamo y subvención de la UE), y "advising" (asistencia técnica). Lo más reciente es el denominado Plan Juncker (15+5 kM€/año) para proyectos de más riesgo, asumido mediante la participación del capital privado que se encuentra pendiente de aprobación en el Parlamento Europeo.

La segunda comunicación fue presentada por Jean-Claude Roffé, presidente de la International Bituminous Emulsion Federation (IBEF) y versó sobre las principales conclusiones del congreso PPRS 2015 celebrado recientemente en París, y del que pueden destacarse los siguientes puntos:

1. Hay consenso a nivel mundial de que es momento de actuar proactivamente en la conservación de carreteras.

2. Algunos países han iniciado este proceso. Así, por ejemplo, el Reino Unido destina 6000 M€/año para reparar carreteras.
3. La situación de falta de conservación es preocupante para la seguridad y compromete los costes futuros.
4. El presidente de la Comisión de Transporte señaló que la UE debe dejar de financiar grandes proyectos y focalizarse en conservación.
5. Nuestras carreteras ya no se adaptan a las necesidades del 2050.
6. Es preciso priorizar la participación de todos los sectores para promover la innovación.
7. Varios países están abordando la financiación vía peaje al usuario. Pero se necesita una aproximación más "marketiniana", hay que generar una opinión pública favorable. La comunicación es fundamental. El transporte debe convertirse en una cuestión social.

En la mesa redonda de responsables de conservación moderada por el presidente de ACEX, Jacobo Martos, participaron Carmen Sanchez, del Ministerio de Fomento, Julio González, de la Junta de Castilla y León, José Enrique Pardo, de la Xunta de Galicia, Carlos Estefanía, de la Diputación Foral de Vizcaya, y José Miguel Baena, del Ayuntamiento de Madrid. Como principales aportaciones de esta mesa redonda podrían señalarse las siguientes:

- Parece que mejoran los escenarios económicos lo que debería permitir un mayor esfuerzo en conservación. ¿Suficiente para recuperar el déficit acumulado? Hay que convencer a los grandes gestores políticos de que hay que dedicar presupuestos mayores. Los ciudadanos de países muy significativos, como el Reino Unido, consideran que la conservación es una prioridad sobre otras inversiones en infraestructuras.
- Hay que aumentar y mejorar la colaboración entre distintas administraciones.

- Pese a que los presupuestos disponibles y las redes atendidas son muy diferentes, las líneas de trabajo que se siguen son similares:
 - Tendencia a externalizar la conservación y disminuir la actividad mediante personal y medios propios y necesidad de dedicar una parte mayor a la conservación no ordinaria.
 - Necesidad de implementar sistemas de gestión sólidos, basados en indicadores (pocos pero eficaces para un análisis adecuado), trabajando con un inventario único, gestión de incidencias, gestión de suministros, modificando si fuera preciso de los pliegos de cláusulas técnicas y administrativas de los contratos de conservación integral, incluyendo los temas de I+D+i y cuadros de precios específicos.
 - Acercar al usuario a la administración crea mucha presión en el día a día pero genera proximidad a sus problemas y es un aliciente muy valioso para estimular la mejora continua.
 - Necesidad de normativa específica adaptada a las peculiaridades de la red gestionada. Son frecuentes problemas de conservación por una normativa de construcción no adecuada. Hay vacíos en la normativa estatal cuando se quiere aplicar a redes locales: señalización, cunetas, drenaje, etc. La colaboración en los comités de la ATC se ha mostrado muy útil para resolver algunos casos.
- Las vías urbanas representan un parte muy importante de la red y la falta de conservación tiene una inmediata repercusión social y política, con una fuerte componente ambiental: ruido, humos, calidad del aire, etc. La presencia de bicicletas y peatones (26 millones de metros cuadrados de aceras en la ciudad de Madrid) generan tensiones adicionales a la de la gestión de los firmes de las calles.



Óscar de Buen y Jean-Claude Roffé, en un momento de su intervención en el Congreso

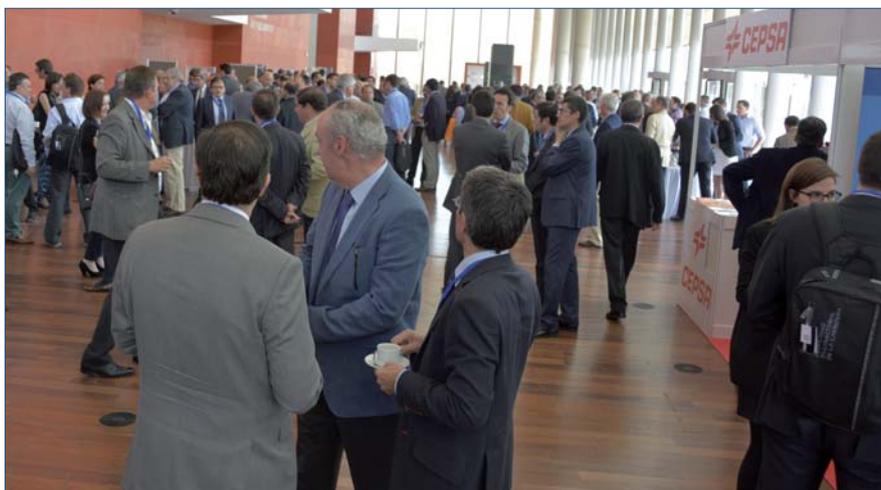
- Las nuevas tecnologías, en particular las medioambientalmente amigables como las mezclas semiclientes o los reciclados templados, son particularmente adecuadas a estos entornos urbanos.
- Es fundamental tener un nivel mínimo de inversión anual para poder gestionar correctamente y mantener un equipo técnico estable.
- Cada día es más frecuente asociar accidentes con el mal estado de la carretera. Hay que imprimir más rapidez a la corrección de los puntos negros. Obstáculos a la circulación: fuera.
- El déficit de conservación empieza a dar miedo. Los partidos no hablan de inversiones. Conservar no da titulares. La carretera no es una prioridad pública.

Segunda sesión: Innovación

La segunda sesión, coordinada por José Luis Prieto, director de Asfaltos de CEPSA, trató sobre los temas de innovación y contó con tres comunicaciones invitadas y con los resúmenes de las comunicaciones técnicas presentadas al Congreso.

La primera comunicación corrió a cargo del periodista Fernando Onega. Bajo el título «Carreteras del futuro. La visión del usuario», se trató de un conjunto de vivencias, impresiones y reflexiones personales entre las que podrían destacarse algunas de ellas:

- La carretera es demasiado dura, hay que re-humanizarla. No podemos perdernos el paisaje, los edificios. La historia está en la carretera o a su lado.
- Se ven más cadáveres de empresas junto al tren que junto a la carretera.
- La segunda comunicación, bajo el título «¿Qué esperamos que aporte la innovación?» fue desarrollada por Enric Pérez, de Abertis. Empezó con unas reflexiones sobre cómo puede ser el futuro: en 2050 seremos 9000 millones de personas, la mayoría concentradas en megaciudades; la población estará más envejecida, los conductores serán diferentes (¿más peligrosos?) y a corto plazo estaremos todos hiperconectados, se habrá desarrollado una cultura de la compartición. Tras lo cual, desglosó los que, a su juicio, serán los grandes desafíos que requerirán carreteras inteligentes:
 - Cambio climático, reducción de emisiones.
 - Reducción de la congestión sin reducir la movilidad ni discriminar entre modos.
 - Independencia energética.



Inauguración de la Exposición Técnica

- Seguridad vial.
- Financiación de infraestructuras: pago por uso.
- Integración de infraestructuras.
- Peajes automáticos.
- Llamadas SOS automáticas.
- Sistemas de apoyo para decisión óptima de modo de transporte.
- Trenes de vehículos (camiones) que permiten descansar sin parar el camión.
- Vehículo conectado autónomo ¿para 2050?
- Seguridad pasiva.
- Pintura que señala la temperatura.
- Pavimentos generadores de electricidad.
- Alimentación continua de vehículos eléctricos: trolebuses, inducción.
- Inspección visual mediante drones. La tercera comunicación, bajo el título «Desafíos tecnológicos de las carreteras», fue presentada por Antonio Ramírez, vicepresidente de la Plataforma Tecnológica de la Carretera (PTC). En su exposición hizo un repaso por los 7 grandes desafíos tecnológicos que han sido identificados en esta Plataforma:
 - Reducción del consumo de materias primas.
 - Reciclados templados con emulsión.
 - Mezclas en frío con comportamiento como mezclas en caliente.
 - Aumento de la durabilidad.
 - Riegos de protección/sellado.
 - Mezclas autorreparables mediante cápsulas o sistemas de inducción.
- Captación de energía.
 - Proyecto REC de Repsol.
 - Carreteras solares tricapa prefabricadas.
- Cambio climático: a finales de siglo en España las temperaturas podrían haber aumentado 11°C y haberse reducido el nivel de precipitaciones.
- Métodos rápidos no destructivos de control de calidad.
 - Termografía.
 - Mediante sensores implantados en el firme.
- Disminución del ruido en las ciudades.
 - Empleo de mezclas drenantes bicapa que no presenten problemas de durabilidad.
 - Pavimentos poro-elásticos (tipo tartán poroso). Problemas de durabilidad y adherencia.
- ITS y Movilidad.

Como colofón de la segunda sesión se presentaron las comunicaciones libres. De las 39 comunicaciones recibidas, el Comité Técnico del congreso, presidido por Félix E. Pérez de la UPC, seleccionó 8 de ellas para ser presentadas por los autores. El resto fueron presentadas de forma resumida por Jorge Lucas, del Ministerio de Fomento, y Jesús Díaz, de IECA.

Todas las comunicaciones fueron entregadas en CD a los asistentes. Por grupos, aparte de las seleccionadas, se presentaron 4 comunicaciones sobre mezclas bituminosas a baja temperatura, incluido el reciclado templado;

10 sobre técnicas en frío: lechadas, riegos, reciclado, etc.; 2 sobre pavimentos de hormigón; 8 sobre sistemas de gestión y auscultación; 2 sobre señalización y balizamiento; 2 sobre control de calidad y el resto sobre otros temas. Las seleccionadas trataban los siguientes temas:

- Betunes aditivados con nanotubos de carbono.
- Innovaciones en pavimentos de hormigón.
- Aplicación GIS FERMS para la gestión de la red de Andorra.
- Valoración del patrimonio viario.
- Retos actuales en sistemas de contención.
- Conservación preventiva. Sistemas de gestión.
- Estudio de áridos para capa de rodadura.
- Protección catódica en estructuras de hormigón armado.

Esta última, bajo el título «Protección catódica en estructuras de hormigón armado. Reparación del puente de acceso a la isla de Arousa» recibió el premio a la mejor comunicación del congreso. El premio fue entregado por Mario Garcés, subsecretario del Ministerio de Fomento, y lo recibió, en nombre de los autores, José Enrique Pardo.

Tercera sesión: Competitividad y empleo

La tercera sesión del Congreso contó con una comunicación invitada sobre el tema «La conservación e innovación de carreteras como motor de competitividad y empleo» que fue desarrollada por Pere Macías, presidente de la Comisión de Seguridad Vial y Transporte Sostenible del Congreso de los Diputados, y con dos mesas redondas.

En su intervención, Macías puso el foco en la priorización de la conservación y la importancia de la innovación, señalando:

- Falta de previsibilidad de la inversión: falta cultura, hay que buscar fórmulas de contratación a medio plazo, sistemas concesionales, modelos de financiación de las administraciones.

- Hay que optimizar la eficiencia de las inversiones.
- No a la desafección impositiva: sería muy adecuado (vía euro viñeta) afectar una pequeña parte del impuesto de carburantes a la conservación.
- *Smart and safety road*: visión cero accidentes, supresión de riesgos, una enorme oportunidad a la innovación.
- Conceptualmente podemos hablar de la industria de la conservación de carreteras.
- Hay conocimiento, nuestras empresas son líderes mundiales en concesiones de infraestructuras del transporte.
- Innovación no va tan bien. Hemos caído al puesto 19 de 28 en el *ranking* de la UE. Incluso detrás de Malta y Portugal. En el pelotón de los malos, aunque no los peores.
- El capital riesgo no apuesta por la innovación y las empresas han reducido su inversión en I+D. Los centros de transferencia, Universidad, tampoco están funcionando.

La primera de las mesas redondas, formada por representantes de asociaciones del sector y coordinada por Juan Lazcano, como presidente de la CNC, contó con la participación de Bruno de la Fuente, de SEOPAN; Jaime Lamó de Espinosa, de ANCI; Juan Ignacio Lema, de TECNIBERIA, Alejandro Llorente, de AERCO; José Polimón, de AUSIGETI, Jaime Huerta, de ITS y Mercedes Aviñó, de FOROVIAL.

Las preguntas clave de Lazcano a la mesa fueron: ¿qué riesgos tiene el sector? y ¿qué puede hacer el sector por la economía? Entre las respuestas, muy amplias y no siempre alineadas, dada la variedad de asociaciones presentes, destacaríamos las siguientes:

- Principales amenazas:
 - Los presupuestos insuficientes y variables.
 - Falta de inversión, de planificación a largo plazo integrando los diferentes modos.



Mesa redonda en la que participaron, de izquierda a derecha: José Miguel Baena, Julio González Arias, Jacobo Martos (moderador), Carmen Sanchez, José Enrique Pardo Landrove y Carlos Estefanía

- Falta de valoración de la calidad en los criterios de adjudicación de contratos de proyecto y de construcción.
- El precio como único criterio de adjudicación.
- No estar en los comités normativos europeos.
- Pensar que no hay posibilidad de innovación en la construcción y que todo es financiación.
- Problemas derivados de la concentración urbana.
- Habría que hacer cosas con la inversión pública para salir de la crisis. Hemos hecho lo contrario y lo ha pagado el empleo.
- No es aceptable que la carretera esté minusvalorada frente al ferrocarril y, sobre todo, frente al AVE.
- Nuestras universidades publican mucho y patentan poco. La universidad y la empresa llevan velocidades diferentes y tienen objetivos diferentes.
- La falta de innovación es un riesgo en cualquier sector. Hay que mejorar

«En materia de innovación España ha caído desde el puesto 19 al 28, dentro de la Unión Europea, por detrás de países como Malta o Portugal»
(Pere Macías)

la tecnificación del sector. La innovación es una apuesta a largo plazo.

- El sector es más innovador de lo que parece pero el entorno no ayuda mucho. Falta reconocimiento interno y posibilidad de aplicarlo en las obras.
- Hay que trabajar en el reconocimiento social de la carretera y concienciar sobre su valor patrimonial y la necesidad de conservarla.
- Concebir la red como un todo y mantenerla bien integrada.
- La información al público y a las redes sociales es un factor clave
- Potenciar la marca España. Hay un potencial enorme a nivel internacional.
- Se necesita previsibilidad y mantenimiento de los presupuestos asignados.

La segunda mesa redonda de la sesión, mesa de directores generales de carreteras, fue coordinada por Luis Alberto Solís, de la Junta de Castilla y León, y contó con la presencia de Margarita Torres, de la Junta de Castilla-La Mancha; Jorge Urrecho, del Ministerio de Fomento; Xavier Flores, de la Generalitat de Cataluña; Iván Maestre, de la Comunidad Autónoma de Madrid y Miguel Ángel Arminio, del Gobierno de Aragón.

Los temas principales que planteó Solís Villa fueron: ¿qué hemos hecho? y ¿qué retos y perspectivas tenemos para el futuro? Entre las respuestas destacaríamos:

- Han sido años muy difíciles por la falta de recursos en los presupuestos. Cada Administración ha tenido que adaptarse de forma diferente en función de sus disponibilidades y la extensión de su red. Un ejemplo



Luis Alberto Solis Villa y Pablo Sáez, presidente y vicepresidente de la ATC, departiendo en el café

(Castilla-La Mancha): se han distribuido los escasos recursos en forma de «lluvia fina», usando unidades de bajo coste: lechadas, reciclados, pintura, etc.; a partir del último año se han iniciado rehabilitaciones. Lo importante es que están planificadas las actuaciones futuras. No se pretende hacer duplicaciones ni obras nuevas porque consideran que la red «ya está bien como está» y la demanda no justifica inversiones extraordinarias. Hay que centrarse en conservación.

- Se ha renovado/avanzado en la normativa estatal: señalización, barreras, PG-3, y nueva ley de Carreteras.
- Hay que aplicar criterios de rentabilidad/beneficio de forma general, tomando en cuenta otros modos y parámetros sociales.
- Hay que modernizar la forma de hacer las cosas. La Administración tiene que liderar la innovación. El sector tiene que tener una cultura común que permita tener una estrategia compartida.
- Necesitamos estabilidad presupuestaria y con ello mejorará la eficiencia, tanto de las inversiones, como de las propias infraestructuras: sistemas de gestión de tráfico, sistemas de gestión de la conservación, mejorar la seguridad viaria, reducir costes de usuarios.
- Uno de los frenos a la «smartización» de las carreteras es la separación de funciones entre tráfico e infraestructuras.

- Los criterios de competitividad deben aplicarse también a las administraciones. Tenemos un problema de coste de oportunidad frente a otros servicios públicos cuando competimos por el presupuesto.
- La gestión se complica en áreas fuertemente pobladas, con un gran impacto de peatones, ciclistas y servicios de transporte público.
- Contratos de conservación integral con indicadores.
- La conservación de firmes debe estar basada en la prevención y «la puntada a tiempo».
- La inspección visual con medios propios complementada con auscultación puntual contribuye a una adecuada selección de las actuaciones.
- Actuaciones concertadas con administraciones municipales con criterios de interés común y aportación local.

Ponencia de clausura

Finalmente, Mario Garcés, subsecretario del Ministerio de Fomento, fue el encargado de la ponencia de clausura del Congreso. Destacó algunos aspectos de la actuación del ministerio en esta legislatura tales como la finalización los últimos tramos de la A-8 y la A-7, el nuevo puente sobre la bahía de Cádiz, una de las obras más emblemáticas y complejas actualmente en Europa, y la construcción de casi 500 km de nuevas carreteras. Se han invertido casi 10 000 M€ de los que el 55% se han dedicado a la creación de capital rompiendo la tendencia al aumento del gasto corriente. En 2015 se licitarán 600 M€ de los que 235 estarán destinados a obras de rehabilitación y refuerzo de firmes.

Más allá de las cifras, Garcés destacó que los últimos 40 años de las carreteras han sido la crónica de una transformación única en la historia española. Somos marca, en gran parte debido a la capacidad de nuestra ingeniería y de las empresas. La Administración dispone de los recursos y marca qué hacer pero son las empresas las que hacen. También puso el énfasis en los vectores principales de la nueva legislación de carreteras: rentabilidad económico-social, seguridad auditada, abrirse a la promoción privada de infraestructuras, abrirse a las nuevas tecnologías, nuevo régimen de sanciones, mejora de la accesibilidad, etc. ❖



Ponencia de clausura del Congreso, de izquierda a derecha: Alberto Bardesi, Juan José Potti, Mario Garcés, Jorge Urrecho y Pablo Sáez

Ayesa supervisa la ejecución de la mayor autopista realizada en la India

Esta autopista comunicará las ciudades de Agra (Taj Mahal) y Lucknow (la Constantinopla de la India) con tres carriles por sentido y 302 kilómetro de longitud



segunda autopista de nueva construcción en la India, y juntas permitirán la comunicación entre Nueva Delhi y Lucknow mediante una vía de altas prestaciones.

El proyecto está gestionado por la *Uttar Pradesh Expressways Industrial Development Authority (UPEIDA)*, empresa pública india creada en 2007 para desarrollar este estado a través de 8 nuevas autopistas estatales.

Para llevarlo a cabo la UPEIDA decidió dividir la autopista en 5 tramos y licitarlos en modalidad de proyecto y construcción. Los contratistas adjudicatarios, tras una fase de precalificación y posterior oferta, son los siguientes:

El valor total de construcción,

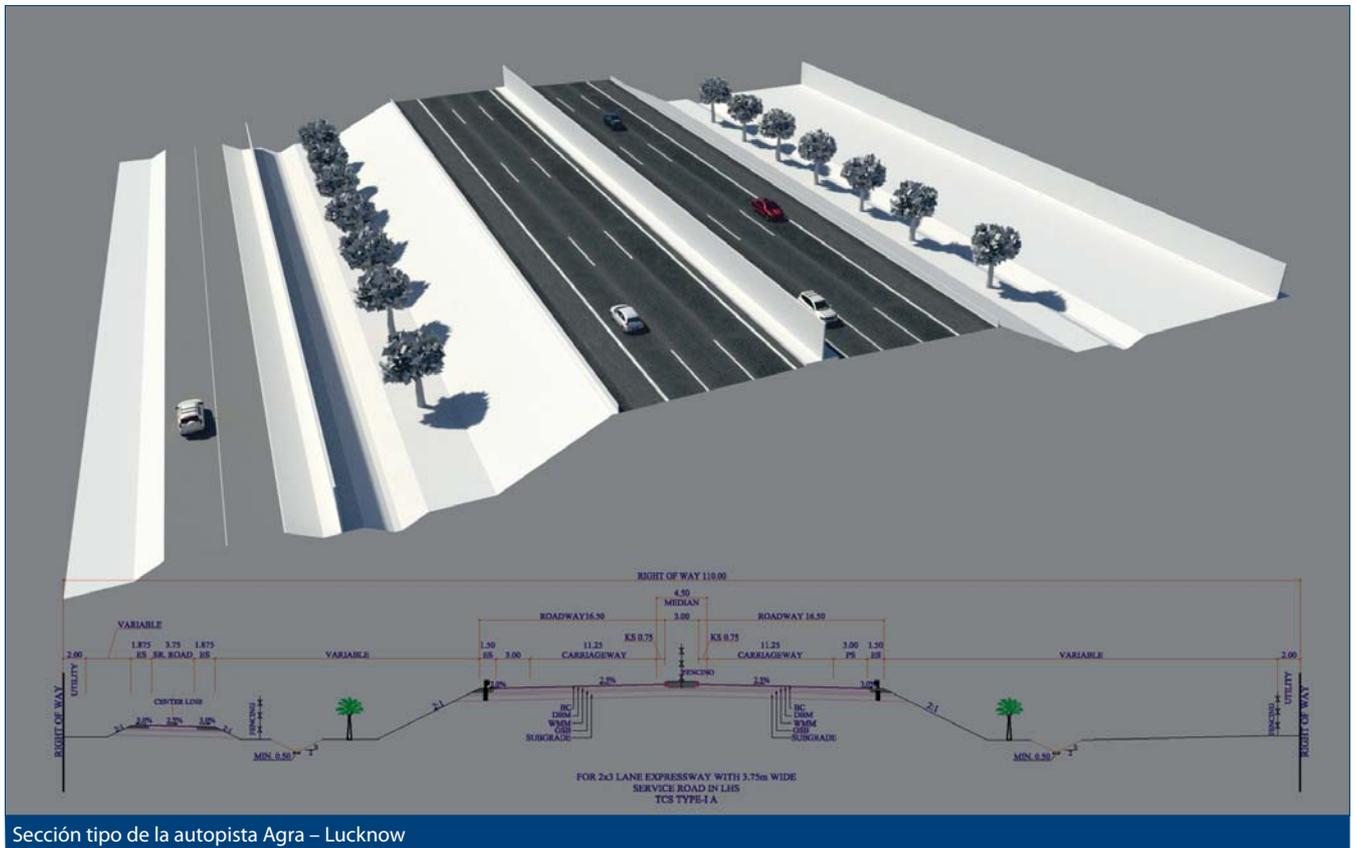
La ingeniería española Ayesa, a través de su sucursal india y en consorcio con un socio local, ha sido adjudicataria de la supervisión del contrato de proyecto y construcción de una nueva autopista que unirá los municipios de Agra y Lucknow, pertenecientes al estado de Uttar Pradesh, al norte de la India.

La nueva infraestructura, que se prevé ejecutar en un plazo de 36 meses, se convertirá en la autopista de mayor longitud de este país, con 302 kilómetros, y conectará dos de los más importantes

polos económicos de la región contribuyendo a su desarrollo y a la vertebración del país.

Tras la autopista Noida – Agra, también en el estado de Uttar Pradesh y de 165 km de longitud, la autopista Agra – Lucknow supone la

Tramo	Distancia	Contratista
Tramo 1	p.k. 2+634 a p.k. 53+500	PNC Infratech Ltd.
Tramo 2	p.k. 53+500 a p.k. 115+500	AFCONS Ltd.
Tramo 3	p.k. 115+500 a p.k. 172+500	NCC Ltd.
Tramo 4	p.k. 172+500 a p.k. 236+500	AFCONS Ltd.
Tramo 5	p.k. 236+500 a p.k. 299+588	LARSEN & TOUBRO Ltd.



Sección tipo de la autopista Agra – Lucknow

incluyendo el coste de expropiaciones, ascenderá a unos 150 000 millones de rupias, aproximadamente 1875 millones de euros.

Para preservar la uniformidad de estándares y especificaciones técnicas durante la construcción del proyecto, la UPEIDA decidió la contratación de una ingeniería independiente con reconocida capacidad y experiencia local para supervisar el diseño y la construcción de los 5 tramos y velar por la correcta ejecución del proyecto, iniciándose un proceso de selección entre las diferentes ofertas técnicas y económicas que se presentaron, en el que fueron claves las referencias de obras similares y la posibilidad de aportar personal local de alta cualificación.

Ayesa, presente en la India desde el año 2009 ha estado involucrada en importantes actuaciones como, por ejemplo, los proyectos de los metros de Delhi, Jaipur, Kolkata o Mumbai o el proyecto del corredor oriental de Mercancías, entre otros, contando en la actualidad con una plantilla, ma-

yoritariamente india, que supera los 200 empleados.

El consorcio formado por Ayesa y la ingeniería local Aarvee, resultó finalmente adjudicatario de este contrato, que se formalizó el 12 de marzo de 2015.

El consorcio está llevando a cabo la revisión de los proyectos y la construcción, así como el asesoramiento a la UPEIDA en aspectos financieros, legales y de gestión del tráfico y la seguridad. Una vez finalizadas las obras, el consorcio se encargará de las labores de inspección del mantenimiento y de las condiciones de operación de esta autopista durante un periodo de 5 años.

Los principales retos a los que debe hacer frente el consorcio, como *Authority Engineer*, además de la gran longitud de la obra, son la necesidad de homogeneizar el trabajo realizado por cinco contratistas diferentes y la celeridad con la que deben revisarse los cálculos de las diferentes ingenierías subcontratadas para que la planificación de las obras no se vea

afectada en ninguna circunstancia.

Las principales características técnicas de la autopista en construcción son las siguientes:

- *Sección tipo*: dos calzadas de tres carriles de 3,75 metros y arcenes exteriores de 3 metros separadas por una mediana de 4,5 metros y vía de servicio a izquierda o derecha que discurre en la mayor parte del trazado en terraplén.
- *Velocidad de proyecto*: 120 kilómetros por hora.
- *Número de intersecciones a distinto nivel*: 9.
- *Número total de estructuras*: 886 incluyendo pasos superiores e inferiores, marcos, puentes y viaductos. Entre estos últimos (13 en total) destacan el viaducto sobre el río Yamuna, de 600 metros de longitud, y el viaducto sobre el río Ganga, de 750 metros de longitud. La obra, que ya está en marcha, se ha iniciado de manera simultánea en cinco puntos: Lucknow, Unnao, Firozabad, Kannauj y Agra. ❖

XXV Congreso Mundial de la Carretera

“Carreteras y movilidad – Creando nuevos valores desde el transporte”



Seúl, República de Corea, 2 a 6 de noviembre de 2015

Como venimos anunciando desde hace algunos meses en la revista Rutas, se aproxima la celebración del XXV Congreso Mundial de la Carretera, un evento que desde hace más de un siglo organiza la Asociación Mundial de la Carretera (PIARC) con una periodicidad cuatrienal, y que representa el mayor intercambio mundial de conocimientos y técnicas sobre la carretera.

Los interesados en acudir a este evento, que tendrá lugar en Seúl (República de Corea) del 2 al 6 de noviembre de 2015, pueden beneficiarse, hasta el 31 de agosto, de unas tarifas de inscripción reducidas (más información en <http://www.piarcseoul2015.org/wrcs/>).

Este Congreso, al que acudirán miles de profesionales de todo el mundo, contará con la presencia del Presidente de la República de Corea

en la sesión de inauguración, y será un lugar de encuentro al más alto nivel político y directivo, además de técnico. Para la Sesión de Ministros se han confirmado ya la presencia de 21 de ellos, pertenecientes a los siguientes países: Australia, Bangladés, Bolivia, Burkina Faso, Chile, Costa Rica, Estados Unidos, Filipinas, Francia, Ghana, Honduras, Letonia, Madagascar, Nicaragua, Níger, Malasia, Myanmar, Senegal, Tanzania, Uzbekistán y Vietnam.

En su faceta técnica, el Congreso contará con un gran número de sesiones técnicas y talleres interactivos, tal y como se describe a continuación.

Comités Técnicos

PIARC cuenta en estos momentos con 17 Comités Técnicos Internacionales, en los que participan de forma directa más de un millar de expertos de todo el mundo, que expondrán los resultados y conclusiones de su ciclo de trabajo de cuatro años, muchos de los cuales se sintetizan en informes y



manuales, como el nuevo Manual de Seguridad Vial de PIARC, la gran contribución de esta asociación a la «Década de Acción por la Seguridad Vial» lanzada por Naciones Unidas.

Sesiones Especiales

Adicionalmente a las 17 sesiones de los Comités Técnicos, se realizarán 13 sesiones técnicas especiales, que abordarán temas complementarios a los estudiados por los Comités Técnicos durante estos cuatro años, para completar una imagen integral de la actualidad del sector de las carreteras, sus desafíos actuales y futuros.

Sesiones de Orientación Estratégica

Los desafíos futuros del sector y cómo la Asociación Mundial de la Carretera quiere contribuir a su resolución serán abordados en 4 sesiones de orientación estratégica sobre los siguientes aspectos:

- El papel de la administración de carreteras en una sociedad multimodal.
- La movilidad y el aumento de la urbanización.
- El recorrido que las administraciones de carretera están realizando hacia una mayor seguridad vial.
- Optimización de la inversión en infraestructuras de carreteras y rendición de cuentas.

Sesiones Magistrales

El Congreso contará, además, con 3 sesiones magistrales a cargo de especialistas del más alto nivel que expondrán sus puntos de vista sobre los siguientes temas:

- El papel de la red de carreteras en el desarrollo exitoso de la economía de Corea.
- Una perspectiva asiática para el futuro de la infraestructura del transporte.
- Una visión prospectiva sobre la tecnología de vehículos automotores.



Talleres Interactivos

Este intenso programa técnico se completará con la organización de 6 talleres interactivos sobre las siguientes materias:

- El nuevo Manual de Seguridad Vial de PIARC.
- El Manual de Túneles de Carretera de PIARC.
- El Manual de Operación de redes e ITS de PIARC.
- El reciclado de pavimentos (flexibles y rígidos) en cooperación con REAAA.
- Pavimentos aeroportuarios en cooperación con la industria aeronáutica.
- Uso del programa HDM-4 para desarrollo y gestión de autopistas.

Exposición Comercial

El encuentro de la industria y las administraciones del sector se fomentará a través de la celebración de una exposición comercial sobre una superficie de más de 10 000 m², en la que la Asociación Técnica de la Carretera (ATC), junto con el Ministerio de Fomento y el resto de sus socios, estará presente.

Visitas Técnicas

Ocho visitas técnicas, incluyendo la visita a la primera autopista inteligente del mundo, le ofrecerán a los

participantes una visión de los avances realizados por Corea en infraestructura vial, una de las claves de su desarrollo desde el país de bajos ingresos que era en la década de 1960, hasta el país de alto nivel de desarrollo tecnológico en el que se ha convertido hoy.

Programa Social y otros eventos asociados

El Congreso será, como de costumbre, un lugar de encuentro con una serie de eventos asociados, como son la reunión del Consejo de REAAA (*Road Engineering Association of Asia and Australasia*), la reunión del Consejo de DIRCAIBEA (Consejo de Directores de Carreteras de Iberia e Iberoamérica), la reunión de HORA (*Heads of Road Authorities*) y diversas reuniones de instituciones coreanas que aprovecharán el Congreso para intercambiar experiencias con la comunidad internacional.

Y como siempre el Congreso representará un momento de convivencia entre los profesionales venidos de todo el mundo, propicio para crear nuevas relaciones profesionales y estrechar lazos con otras culturas. Para ello el Congreso cuenta entre sus actos sociales con un cóctel de bienvenida, una cena de gala, una decena de visitas culturales nocturnas y post-Congreso, y media docena de actividades programadas para las personas acompañantes. ❖

Próxima Jornada Técnica sobre Reparaciones Geotécnicas en Infraestructuras en Servicio

Madrid, 23 de septiembre de 2015

Se distribuirá entre los asistentes el libro
“Quince lecciones y un epílogo sobre geotecnia de obras subterráneas”

En los últimos treinta años se ha hecho un gran esfuerzo en la construcción de infraestructuras del transporte en España, tanto en los casos urbanos como interurbanos. Por ello, las redes de carreteras y ferroviarias han aumentado considerablemente, lo que está obligando a un gran esfuerzo en las tareas de conservación. Pero, en algunos casos, debido a condiciones geotécnicas desfavorables y no previstas, acción de lluvias excepcionales, etc., se han de hacer reparaciones de importancia.

El Comité de Geotecnia Vial de la Asociación Técnica de Carreteras, en estas circunstancias, ha querido organizar, con el apoyo de la Subdirección General de Conservación de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento, una Jornada Técnica sobre reparaciones en obras interurbanas que tengan el origen de la patología en temas geotécnicos, principalmente realizadas en infraestructuras en servicio. Esta Jornada contempla tanto obras de carreteras como ferroviarias y está dirigida a técnicos relacionados con el mantenimiento, conservación y reparación de obras de infraestructura del transporte.

Se ha reservado la tarde de la Jornada para la presentación de comunicaciones libres, para lo que se invita a todos aquellos técnicos que han trabajado en estos temas, a fin de que se animen a presentar sus propias experiencias.

Para más información, consulte nuestra web
www.atc-piarc.com/

PROGRAMA TÉCNICO

- 08:45 • 09:30 **Acreditaciones**
- 09:30 • 09:45 **Acto de inauguración**
- 09:45 • 10:30 **Experiencias recientes en reparaciones de infraestructuras lineales. Carreteras**
D. Álvaro Navareño
Presidente del Comité de Puentes de la ATC
Dirección General de Carreteras, Ministerio de Fomento
- 10:30 • 11:15 **Reparaciones geotécnicas en infraestructuras lineales. Ferrocarriles.**
D. José María García Mezquita
Taboada Construcciones
- 11:15 • 11:45 **Pausa café**
- 11:45 • 12:30 **Reparaciones en terraplenes**
D. Carlos Oteo Mazo
Presidente del Comité de Geotecnia Vial de la ATC
- 12:30 • 13:15 **Medidas de reparación en desmontes compatibles con el tráfico**
D. Javier Castanedo
Equipo de Prospecciones, S. A.
- 13:15 • 13:30 **Coloquio**
- 13:30 • 14:00 **Presentación del libro “Quince lecciones y un epílogo sobre geotecnia de obras subterráneas”**
- 14:00 • 15:30 **Almuerzo de trabajo**
- 15:30 • 17:30 **Comunicaciones libres**
- 17:30 • 18:00 **Debate**
- 18:00 • 18:15 **Acto de clausura**



Composición de la Junta Directiva de la Asociación Técnica de Carreteras

PRESIDENTE:	- D. Luis Alberto Solís Villa
CO-PRESIDENTES DE HONOR:	- D. Jorge Urrecho Corrales - D.ª María Seguí Gómez
VICEPRESIDENTES:	- D. José Luis Elvira Muñoz - D. Jesús Díaz Minguela
TESORERO:	- D. Pedro Gómez González
SECRETARIO:	- D. Pablo Sáez Villar



Asociación Técnica de Carreteras
Comité nacional español de la Asociación Mundial de la Carretera



VOCALES:

- Presidente Saliente:
 - D. Roberto Alberola García
- Designados por el Ministerio de Fomento:
 - D. José Luis Elvira Muñoz
 - D. Carlos Bartolomé Marín
 - D.ª María del Carmen Sánchez Sanz
 - D.ª María del Carmen Picón Cabrera
 - D. José Manuel Cendón Albarte
- En representación de los órganos de dirección relacionados con el tráfico:
 - D.ª Ana Isabel Blanco Bergareche
 - D. Jaime Moreno García-Cano
 - D.ª Garbiñe Sáez Molinuevo
- En representación de los órganos de dirección de las Comunidades Autónomas:
 - D. Luis Alberto Solís Villa
 - D. Iván Maestre Santos-Suárez
 - D. Xavier Flores García
 - D. Carlos Estefanía Angulo
 - D. Juan Carlos Alonso Monge
- En representación de los órganos responsables de la vialidad en los municipios, ayuntamientos o empresas públicas:
 - D. Manuel Arnáiz Ronda
- Designados por los órganos de la Administración General del Estado con competencia en I+D+i:
 - D. Ángel Castillo Talavera
 - D. Antonio Sánchez Trujillano
- En representación de los departamentos universitarios de las escuelas técnicas:
 - D. Félix Edmundo Pérez Jiménez
 - D. Carlos Delgado Alonso - Martirena
- Representante de las sociedades concesionarias de carreteras:
 - D. Bruno de la Fuente Bitaine
 - D. Carlos Mijangos Gorozarri
- Representantes de las empresas de consultoría:
 - D. José Polimón López
 - D. Casimiro Iglesias Pérez
 - D. Juan Antonio Alba Ripoll
- Representantes de las empresas fabricantes de materiales básicos y compuestos de carreteras:
 - D. Aniceto Zaragoza Ramírez
 - D. Alberto Bardesi Orúe - Echevarría
 - D. Jaime Huerta Gómez de Merodio
- Representantes de las empresas constructoras de carreteras:
 - D. José Enrique Bofill de la Cierva
 - D. Juan José Potti Cuervo
 - D. Alejandro Llorente Muñoz
- Representante de las empresas de conservación de carreteras:
 - D. Pablo Sáez Villar
- Representante de los laboratorios acreditados
 - D. Juan Mata Arbide
- Representantes de los Socios Individuales de la Asociación:
 - D. Jesús Díaz Minguela
 - D. Enrique Soler Salcedo
- Entre los Socios de Honor:
 - D. José María Morera Bosch
 - D. Pedro Gómez González
 - D. Francisco Javier Criado Ballesteros
 - D. Sandro Rocci Boccaleri

Comités Técnicos de la Asociación Técnica de Carreteras

Coordinador de los Comités Técnicos: *D. José María Morera Bosch*

COMITÉ DE VIALIDAD INVERNAL

- Presidenta *D.ª María del Carmen Sánchez Sanz*
- Presidente Adjunto *D. Luis Azcue Rodríguez*
- Secretaria *D.ª Lola García Arévalo*

PUENTES DE CARRETERAS

- Presidente *D. Álvaro Navareño Rojo*
- Secretario *D. Gonzalo Arias Hofman*

COMITÉ DE FINANCIACIÓN

- Presidente *D. Gerardo Gavilanes Ginerés*
- Vicepresidente *D. José María Morera Bosch*
- Secretario *D. José A. Sánchez Brazal*

GEOTECNIA VIAL

- Presidente *D. Carlos Oteo Mazo*
- Secretario *D. Manuel Rodríguez Sánchez*

CARRETERAS INTERURBANAS Y TRANSPORTE INTEGRADO INTERURBANO

- Presidente *D. Sandro Rocci Boccaleri*
- Secretario *D. Javier Sáinz de los Terreros*

SEGURIDAD VIAL

- Presidente *D. Roberto Llamas Rubio*
- Secretaria *D.ª Ana Arranz Cuenca*

TÚNELES DE CARRETERAS

- Presidente *D. Rafael López Guarga*
- Vicepresidente *D. Ignacio del Rey Llorente*
- Secretario *D. Juan Manuel Sanz Sacristán*

CARRETERAS Y MEDIO AMBIENTE

- Presidente *D. Antonio Sánchez Trujillano*

CONSERVACIÓN Y GESTIÓN

- Presidenta *D.ª María del Carmen Sánchez Sanz*
- Presidente Adjunto *D. Vicente Vilanova Martínez-Falero*
- Vicepresidente *D. Pablo Sáez Villar*

CARRETERAS DE BAJA INTENSIDAD DE TRÁFICO

- Presidente *D. Andrés Costa Hernández*
- Secretaria *D.ª Paloma Corbí Rico*

FIRMES DE CARRETERAS

- Presidente *D. Julio José Vaquero García*
- Secretario *D. Francisco José Lucas Ochoa*

Socios de la Asociación Técnica de Carreteras

Los Socios de la Asociación Técnica de Carreteras son:

- Socios de número:
 - Socios de Honor
 - Socios de Mérito
 - Socios Protectores
 - Socios Colectivos
 - Socios Individuales
- Otros Socios:
 - Socios Senior
 - Socios Júnior

Socios de Honor

D. ENRIQUE BALAGUER CAMPHUIS
D. JOSÉ LUIS ELVIRA MUÑOZ
D. FRANCISCO CRIADO BALLESTEROS
D. SANDRO ROCCI BOCCALERI
D. JOSÉ MARÍA MORERA BOSCH
D. LUIS ALBERTO SOLÍS VILLA
D. JORDI FOLLIA I ALSINA
D. PEDRO D. GÓMEZ GONZÁLEZ

Socios de Mérito

D. FRANCISCO ACHUTEGUI VIADA
D. CARLOS OTEO MAZO
D. ADOLFO GÜELL CANCELA
D. ANTONIO MEDINA GIL
D. CARLOS DELGADO ALONSO-MARTIRENA
D. ALBERTO BARDESI ORUE-ECHEVARRIA
D. RAFAEL LÓPEZ GUARGA
D. ÁLVARO NAVAREÑO ROJO
D.ª MERCEDES AVIÑÓ BOLINCHES
D. FEDERICO FERNANDEZ ALONSO
D. JUSTO BORRAJO SEBASTIÁN
D. JESÚS RUBIO ALFÉREZ
D. JESÚS SANTAMARÍA ARIAS

Socios Protectores y Socios Colectivos

Administración General del Estado

DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS. MINISTERIO DE FOMENTO
DIRECCIÓN GENERAL DE TRÁFICO. MINISTERIO DEL INTERIOR
DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIA. MINISTERIO DEL INTERIOR
SECRETARÍA GENERAL TÉCNICA. MINISTERIO DE FOMENTO

Comunidades Autónomas

COMUNIDAD DE MADRID
GENERALITAT DE CATALUNYA
GOBIERNO DE ARAGÓN, DEPARTAMENTO DE OBRAS PÚBLICAS, URBANISMO, VIVIENDA Y TRANSPORTES
GOBIERNO DE CANARIAS
GOBIERNO DE CANTABRIA
GOBIERNO DE EXTREMADURA. CONSEJERÍA DE FOMENTO, VIVIENDA, ORDENACIÓN DEL TERRITORIO Y TURISMO
GOBIERNO DE NAVARRA
GOBIERNO VASCO
GOBIERNO VASCO. DIRECCIÓN DE TRÁFICO
JUNTA DE ANDALUCÍA
JUNTA DE CASTILLA Y LEÓN
JUNTA DE COMUNIDADES DE CASTILLA - LA MANCHA
PRINCIPADO DE ASTURIAS
XUNTA DE GALICIA. CONSELLERÍA DE MEDIO AMBIENTE

Diputaciones Forales, Diputaciones Provinciales, Cabildos y Consells

EXCMA. DIPUTACIÓN FORAL DE ÁLAVA
 EXCMA. DIPUTACIÓN FORAL DE BIZKAIA
 EXCMA. DIPUTACIÓN DE BARCELONA
 EXCMA. DIPUTACIÓN DE GIRONA
 EXCMA. DIPUTACIÓN DE TARRAGONA
 EXCMA. DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE ALICANTE
 EXCMA. DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE ÁVILA
 EXCMA. DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE HUESCA
 EXCMA. DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE LEÓN
 EXCMA. DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE SALAMANCA
 EXCMA. DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE SEGOVIA
 EXCMA. DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE SEVILLA
 EXCMA. DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE VALENCIA
 EXCMA. DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE VALLADOLID
 EXCMA. DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE ZARAGOZA
 CABILDO INSULAR DE TENERIFE
 CABILDO DE GRAN CANARIA
 CONSELL DE MALLORCA. DIRECCIÓN INSULAR DE CARRETERAS

Ayuntamientos

AYUNTAMIENTO DE BARCELONA
 MADRID CALLE 30

Colegios Profesionales y Centros de investigación y formación

COLEGIO DE INGENIEROS TÉCNICOS DE OBRAS PÚBLICAS E INGENIEROS CIVILES
 INSTITUTO CIENCIAS DE LA CONSTRUCCIÓN EDUARDO TORROJA
 CENTRO DE ESTUDIOS DEL TRANSPORTE, CEDEX
 ESCUELA DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS DE BARCELONA. CÁTEDRA DE CAMINOS
 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID. ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA CIVIL

Asociaciones

AGRUPACIÓN DE FABRICANTES DE CEMENTO DE ESPAÑA, OFICEMEN
 ASOCIACIÓN DE EMPRESAS DE CONSERVACIÓN Y EXPLOTACIÓN DE INFRAESTRUCTURAS, ACEX
 ASOCIACIÓN NACIONAL DE EMPRESAS CONSTRUCTORAS DE OBRA PÚBLICA, AERCO
 ASOCIACIÓN DE FABRICANTES DE SEÑALES METÁLICAS DE TRÁFICO, AFASEMETRA
 ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE FABRICANTES DE MEZCLAS ASFÁLTICAS, ASEFMA
 ASOCIACIÓN NACIONAL DE AUSCULTACIÓN Y SISTEMAS DE GESTIÓN TÉCNICA DE INFRAESTRUCTURAS, AUSIGETI
 ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE EMPRESAS CONSTRUCTORAS DE ÁMBITO NACIONAL, SEOPAN
 ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE EMPRESAS DE INGENIERÍA, CONSULTORÍA Y SERVICIOS TECNOLÓGICOS, TECNIBERIA
 ASOCIACIÓN TÉCNICA DE EMULSIONES BITUMINOSAS (ATEB)
 FORO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS EN EL TRANSPORTE, ITS ESPAÑA
 FUNDACIÓN REAL AUTOMÓVIL CLUB DE CATALUÑA, RACC

Sociedades Concesionarias

ABERTIS AUTOPISTAS ESPAÑA, S.A.
ACCIONA CONCESIONES, S.L.
CEDINSA CONCESSIONARIA, S.A.
AP - 1 EUROPISTAS, CONCESSIONARIA DEL ESTADO, S.A.U.
AUCALSA, AUTOPISTA CONCESSIONARIA ASTUR - LEONESA, S.A.
AUDENASA, AUTOPISTAS DE NAVARRA, S.A.
AUTOPISTAS DEL ATLANTICO, CONCESSIONARIA ESPAÑOLA, S.A.
CONCESIONARIA VIAL DE LOS ANDES, S.A. (COVIANDES)
SACYR CONCESIONES, S.L.
TÚNEL D'ENVALIRA, S.A.
TÚNELS DE BARCELONA I CADÍ, CONCESSIONÀRIA DE LA GENERALITAT DE CATALUNYA, S.A.

Empresas

3M ESPAÑA, S.A.
ACCIONA INFRAESTRUCTURAS, S.A.
ACCIONA INGENIERÍA, S.A.
AECOM INOCSA, S.L.U.
A. BIANCHINI INGENIERO, S.A.
ACEINSA MOVILIDAD, S.A.
AGUAS Y ESTRUCTURAS, S.A. (AYESA)
ASFALTOS Y CONSTRUCCIONES ELSAN, S.A.
ALAUDA INGENIERÍA, S.A.
ALVAC, S.A.
API MOVILIDAD, S.A.
ARCS ESTUDIOS Y SERVICIOS TÉCNICOS, S.L.
AUDECA, S.L.U.
AZUL DE REVESTIMIENTOS ANDALUCES, S.A.
BARNICES VALENTINE, S.A.U.
BASF CONSTRUCTION CHEMICALS, S.L.
BETAZUL, S.A.
CARLOS FERNÁNDEZ CASADO, S.L.
CEPSA - PRODUCTOS ASFÁLTICOS, S.A.
CHM OBRAS E INFRAESTRUCTURAS, S.A.
COMPOSAN PUENTES Y OBRA CIVIL, S.L.
CLOTHOS, S.L.
CYOPSA-SISOCIA, S.A.
DRAGADOS, S.A.
DINÁMICAS DE SEGURIDAD, S.L.
EIFFAGE INFRAESTRUCTURAS, S.A.
ELSAMEX, S.A.
ESTEYCO, S.A.P.
ETRA ELECTRONIC TRAFIC, S.A.
EUROCONSULT, S.A.
EUROESTUDIOS, S.L.
FCC CONSTRUCCIÓN, S.A.
FCC INDUSTRIAL E INFRAESTRUCTURAS ENERGÉTICAS, S.A.U.
FERROSER INFRAESTRUCTURAS, S.A.
FERROVIAL AGROMÁN, S.A.
FHECOR INGENIEROS CONSULTORES, S.A.
FIBERTEX ELEPHANT ESPAÑA, S.L. SOCIEDAD UNIPERSONAL
FREYSSINET, S.A.
GEOCONTROL, S.A.
GEOTECNIA Y CIMENTOS, S.A. (GEOCISA)

GETINSA – PAYAM, S.L.
 GINPROSA INGENIERÍA, S.L.
 GPYO INGENIERÍA Y URBANISMO, S.L.
 HUESKER GEOSINTÉTICOS, S.A.
 IKUSI - ÁNGEL IGLESIAS, S.A.
 IMPLASER 99, S.L.L.
 INCOPE CONSULTORES, S.L.
 INDRA SISTEMAS, S.A.
 INDUSTRIAL DE TRANSFORMADOS METÁLICOS, S.A. (INTRAME)
 INES INGENIEROS CONSULTORES, S.L.
 INGENIERÍA IDOM INTERNACIONAL, S.A.
 INGENIERÍA Y ECONOMÍA DEL TRANSPORTE, S.A. (INECO)
 INNOVIA COPTALIA, S.A.U.
 INVENTARIOS Y PROYECTOS DE SEÑALIZACIÓN VIAL, S.L.
 INVESTIGACIÓN Y CONTROL DE CALIDAD, S.A. (INCOSA)
 ISOLUX - CORSÁN, S.A.
 JEROL VIAL, S.L.
 KAO CORPORATION, S.A.
 LRA INFRASTRUCTURES CONSULTING, S.L.
 MATINSA, MANTENIMIENTO DE INFRAESTRUCTURAS, S.A.
 PADECASA OBRAS Y SERVICIOS, S.A.
 PAVASAL EMPRESA CONSTRUCTORA, S.A.
 PAVIMENTOS BARCELONA, S.A. (PABASA)
 PROBISA VÍAS Y OBRAS, S.L.U.
 PROES CONSULTORES, S.A.
 PUENTES Y CALZADAS INFRAESTRUCTURAS, S.L.U.
 RAUROSZM.COM, S.L.
 REPSOL LUBRICANTES Y ESPECIALIDADES, S.A.
 RETINEO, S.L.
 S.A. DE GESTIÓN DE SERVICIOS Y CONSERVACIÓN (GESECO)
 S.A. DE OBRAS Y SERVICIOS (COPASA)
 SENER, INGENIERÍA Y SISTEMAS, S.A.
 SEÑALIZACIONES VILLAR, S.A.
 SERBITZU ELKARTEA, S.L.
 SOCIEDAD IBÉRICA DE CONSTRUCCIONES ELÉCTRICAS, S.A. (SICE)
 SGS TECNOS, S.A.
 TALHER, S.A.
 TALLERES ZITRÓN, S.A.
 TÉCNICA Y PROYECTOS, S.A. (TYPESA)
 TECNIVIAL, S.A.
 TECYR CONSTRUCCIONES Y REPARACIONES, S.A. (TECYRSA)
 TELVENT TRÁFICO Y TRANSPORTE, S.A.
 TENCATE GEOSYNTHETICS IBERIA, S.L.
 TEVASEÑAL, S.A.
 TRABAJOS BITUMINOSOS, S. L.
 ULMA C Y E, SOCIEDAD COOPERATIVA
 VALORIZA CONSERVACIÓN DE INFRAESTRUCTURAS, S.A.
 V.S. INGENIERÍA Y URBANISMO, S.L.
 ZARZUELA, S.A. EMPRESA CONSTRUCTORA

Socios Individuales

Personas físicas (63) técnicos especialistas de las administraciones públicas; del ámbito universitario; de empresas de ingeniería, construcción, conservación, de suministros y de servicios; de centros de investigación; usuarios de la carretera y de otros campos relacionados con la carretera. Todos ellos actuando en su propio nombre y derecho.

RUTAS

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN TÉCNICA DE CARRETERAS



Asociación Técnica de Carreteras
Comité nacional español de la Asociación Mundial de la Carretera



Si quiere suscribirse por un año a la revista **RUTAS** en su edición impresa y digital, cuyo importe (I.V.A. no incluido) es de 60,10 € para socios de la ATC y 66,11 € para no socios, rellene sus datos en el formulario de abajo y envíelo por Fax o por correo postal a la sede de la Asociación:

C/ Monte Esquinza, 24, 4.º Dcha. 28010 Madrid.

Si quiere anunciarse en la revista **RUTAS** póngase en contacto con:
Ediciones Técnicas PAUTA. Tel.: 915 537 220
publicidad@edicionespauta.com



Para más información:
puede dirigirse a:
Asociación Técnica de Carreteras
Tel.: 913082318 Fax: 913082319
info@atc-piarc.com
www.atc-piarc.com

Desde este link http://www.atc-piarc.com/rutas_digital.php, podrá consultar los artículos de la revista *Rutas*, así como los de otras publicaciones, Congresos y Jornadas que organiza la ATC

Forma de pago:

Domiciliación bancaria CCC nº _____

Transferencia al número de cuenta: 0234 0001 02 9010258094

Nombre

Empresa

NIF

Dirección

Teléfono

Ciudad

C.P.

e-mail

Provincia

País

Fecha

Firma



Innovar está en nuestros genes

En Repsol, la innovación forma parte de nuestra esencia. Por eso, en el Centro de Tecnología Repsol, dedicamos todo nuestro esfuerzo a la investigación y desarrollo de asfaltos que hacen nuestras carreteras más seguras, eficientes y sostenibles.



REPSOL

Inventemos el futuro

Repsol Lubricantes y Especialidades, S.A.
Más información en [repsol.com](https://www.repsol.com)



SALÓN INTERNACIONAL DE
LA MOVILIDAD SEGURA Y
SOSTENIBLE

29 SEPTIEMBRE
A 2 OCTUBRE
2015
MADRID-ESPAÑA



CONECTIVIDAD



SOSTENIBILIDAD

TRAFIC 2015



SEGURIDAD



APARCAMIENTO



INFRAESTRUCTURAS

**TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN
PARA UNA MOVILIDAD SEGURA,
SOSTENIBLE Y CONECTADA**

PROMUEVEN



MINISTERIO
DE FOMENTO



MINISTERIO
DE INTERIOR



MINISTERIO
DE INDUSTRIA, ENERGIA
Y TURISMO

COLABORAN



www.trafic.ifema.es

LINEA IFEMA

LLAMADAS DESDE ESPAÑA
INFOIFEMA 902 22 15 15
LLAMADAS INTERNACIONALES (34) 91 722 30 00

trafic@ifema.es