

RUTAS TÉCNICA

Carreteras de calzada única con carriles adicionales: la ordenación "2 + 1"

Reflexiones sobre la implantación del pago por uso en las carreteras españolas

NOTICIAS ATC

Luis Alberto Solís Villa nombrado presidente de la Asociación Técnica de Carreteras

VI Simposio de Túneles de Carretera. Explotación Sostenible de Túneles

Entrevista a

D.ª María Auxiliadora Troncoso Ojeda
Directora General de Infraestructuras
Consejería de Fomento y Vivienda
Junta de Andalucía

Desde el año 1988, **Ditecpesa** es una empresa dedicada al desarrollo, fabricación y comercialización de productos asfálticos: betunes asfálticos, betunes asfálticos modificados con polímeros y emulsiones.

En la actualidad comercializa sus productos en España, Reino Unido y Portugal adaptándose en cada proyecto y mercado a las necesidades del cliente y siempre aportando diferentes soluciones a cada situación, como son la asistencia técnica del mejor producto en cada aplicación o incorporar alternativas sostenibles conscientes del cambio climático.

Un claro ejemplo de esto último ha sido la solución medioambiental aplicada en la **carretera M503** de Madrid, en la cual se ha suministrado un betún caucho fabricado con polvo de neumático.



Ditecpesa

Oficina Comercial, Administrativa y Laboratorio
C/ Charles Darwin 4, 28806 Alcalá de Henares (Madrid)
Tel.: (+34) 918 796 930
www.ditecpesa.com

Tribuna Abierta

- 03 Una nueva normativa para el trazado de las carreteras**
Sandro Rocci



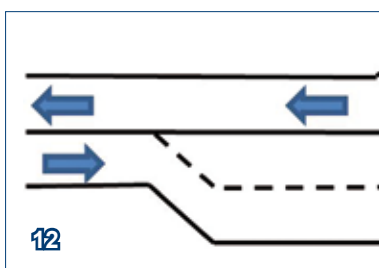
04

Entrevista

- 04 D.ª María Auxiliadora Troncoso Ojeda**
Directora General de Infraestructuras
Consejería de Fomento y Vivienda
Junta de Andalucía

Rutas Técnica

- 12 Carreteras de calzada única con carriles adicionales: la ordenación "2 + 1"**
Single carriageway roads with additional lanes: distribution "2 + 1"
Comité Técnico de Carreteras Interurbanas y Transporte Integrado Interurbano de la Asociación Técnica de Carreteras
- 19 Reflexiones sobre la implantación del pago por uso en las carreteras españolas**
Considerations for implementing a road pricing system in Spain
Grupo de Trabajo 5: Pago por uso
Comité de Financiación de la Asociación Técnica de Carreteras



12

Rutas Divulgación

- 26 Hacia la integración gráfica de los sistemas de gestión de explotación de carreteras**
- 33 La auscultación de pavimentos a nivel de red y su importancia en la gestión de carreteras**

Nota de Lectura

- 39 Prestaciones y comportamiento en servicio de mezclas bituminosas semicalientes**

Actividades del Sector

- 46 12º Simposio Internacional sobre Pavimentos de Hormigón**
- 47 Premios del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid**

Notas de Prensa

- 50 El Ministerio de Fomento presenta sus presupuestos para 2015**
- 51 Julio Gómez-Pomar secretario de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda**

Actividad Internacional

- 52 Autopista urbana de peaje North Tarrant Express (NTE)**

PIARC / AIPCR

- 54 Reunión del Comité Ejecutivo y del Consejo de la Asociación Mundial de la Carretera**
- 56 Congreso Mundial de la Carretera Seúl 2015**

ATC

- 57 Luis Alberto Solís Villa nombrado presidente de la Asociación Técnica de Carreteras**
- 58 VI Simposio de Túneles de Carretera. Explotación Sostenible de Túneles**
- 60 Jornada Técnica Criterios de intervención en Puentes de Fábrica**
- 64 Jornada Técnica Nueva Norma de Trazado**
- 67 Reunión del Comité Técnico Internacional de Vialidad Invernal**
- 68 Entrega de Medallas de Mérito de la ATC**
- 70 Composición de la Junta Directiva de la Asociación Técnica de Carreteras**
- 71 Comités Técnicos de la Asociación Técnica de Carreteras**
- 72 Socios de la Asociación Técnica de Carreteras**



52



56



57



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:

Roberto Alberola García 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)
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)
José María Izard Galindo	Director General de la Asociación Técnica de Carreteras (España)
Carlos Oteo Mazo	Catedrático de Ingeniería del Terreno de la Universidad de la Coruña (España)
Hernán Otoniel Fernández Ordóñez	Presidente HOF Consultores (Colombia)
Félix Pérez Jiménez	Catedrático de Caminos de la Universidad Politécnica de Barcelona (España)
Clemente Poon Hung	Director General de Servicios Técnicos, Subsecretaría de Infraestructura (México)
Manuel Romana García	Profesor Titular de la Universidad Politécnica de Madrid (España)
Jesus J. Rubio Alférez	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 y Maquetación:

Mª José Sánchez Gómez de Orgaz
Victor Domingo Encinas

Publicidad:

ASOCIACIÓN TÉCNICA DE CARRETERAS
Tel.: 913 082 318 ♦ comites@atc-piarc.com

Redacción, Diseño, Producción, Gestión Publicitaria y Distribución:

ASOCIACIÓN TÉCNICA DE CARRETERAS
rutas@atc-piarc.com

Arte Final e Impresión:

Diseño Grafico A2colores
Tel.: 914 308 228 ♦ info@a2colores.es
c/Avenida de la Albufera, 6 · 28038 Madrid

Fotografía de portada: D.ª María Auxiliadora Troncoso Ojeda

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 161 OCTUBRE - DICIEMBRE 2014

RUTAS

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN TÉCNICA DE CARRETERAS

Enlace de descarga del Código de Conducta de la Revista Rutas:
www.atc-piarc.com/codigoconducta.pdf

Una nueva normativa para el trazado de las carreteras

Tribuna
abierta

Sandro Rocci
Profesor Emérito
Universidad Politécnica de Madrid

El pasado día 27 de noviembre la Asociación Técnica de Carreteras, con el patrocinio de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento, organizó una Jornada técnica para presentar la nueva norma de trazado (3.1-IC) que la citada Dirección está tramitando. Para los ingenieros de caminos (en el sentido estrictamente literal del término), el documento posee un atractivo casi irresistible: como lo prueban la numerosa asistencia a la Jornada, y los interesantes coloquios que en ésta tuvieron lugar.

Esta vez la Administración sólo ha dejado transcurrir tres lustros desde que se publicó la norma actualmente vigente, mejorando los más de siete que separaban a ésta de la anterior (si no se cuentan la norma complementaria para autopistas; las Recomendaciones sobre intersecciones, enlaces y glorietas; y tres borradores que se discutieron en la década de los noventa).

Ante todo hay que felicitar a la Comisión nombrada al efecto (y que ha actuado ella misma de ponente), por coronar un trabajo que no siempre es apreciado por los que reciben sus frutos: no ya por los usuarios de las carreteras, a quienes se pretende facilitar ese uso, sino incluso por los técnicos que van a sufrir las limitaciones que toda normativa impone. Este tipo de comisiones tiene que conciliar intereses contrapuestos, y en caso de disenso tomar decisiones a menudo difíciles... o dejar fuera explícitamente el tema.

Otro aspecto de la nueva norma que merece aplauso es su flexibilidad. Yendo mucho más allá de lo que la vigente mencionaba en su artículo 1.2, se maneja profusamente la frase de que los valores de los parámetros de diseño pueden ser modificados en caso de necesidad (no sólo ambiental, sino también económica), siempre "... con la suficiente y fundada justificación". Esta notable apertura sería muy útilmente complementada con unas indicaciones administrativas sobre la tramitación y los efectos de tales justificaciones.

La nueva norma presentada se puede calificar de continuista, pues no representa una ruptura respecto de la vigente, sino una evolución en la mayoría de los casos. También amplía su ámbito, en particular en lo relativo a los nudos viarios, sucintamente tratados en la actual. A este respecto ha sido importante la contribución de la "Guía de nudos viarios", redactada por la misma Comisión (esta vez con un ponente exterior) y aprobada por una

orden circular hará cosa de un año: se ha intentado trasladar a la norma las partes... "normativas" de la Guía, que además incluye recomendaciones y explicaciones.

Entre las evoluciones mencionadas destaca la del concepto de "velocidad de proyecto", que ahora se define (algo circularmente) como la velocidad para la cual se diseña un tramo de carretera. Representa la oferta de la Administración a los usuarios en materia de velocidad en condiciones de comodidad (y *a fortiori*, de seguridad). La gama de velocidades de proyecto se ha matizado (múltiplos de 10 km/h en vez de 20 km/h), y se han recuperado por arriba los 140 km/h que ya campeaban en la norma complementaria de 1976 para autopistas: un guiño al aumento de los límites genéricos de velocidad que el Ministerio del Interior impone. Además, en las carreteras convencionales (¿por qué no en las demás?) se analiza la consistencia de las velocidades debidas al trazado en planta (¿por qué no también en alzado?), comparando la velocidad de proyecto del tramo con la velocidad operativa característica: la diferencia entre ambas está limitada, así como la diferencia entre las velocidades de proyecto de tramos contiguos (criterios de Lamm). De esta manera se evita que las características de un trazado se refieran a valores de la velocidad muy inferiores a la operativa, y se obliga a cuidar las transiciones entre tramos contiguos.

Otra innovación destacable es la definición del trazado en planta por la trayectoria descrita por un vehículo patrón, que se traduce a la sección transversal (al menos para radios medios y bajos) como el área barrida por dicho vehículo, respecto de los bordes de la cual se establecen unos resguardos mínimos al borde de la calzada.

También se obliga a tener en cuenta las condiciones en las que queda la sección en el caso de una ampliación de la calzada a costa de medianas o tercianas: de esta manera se evitarán sorpresas en materia de continuidad transversal o de visibilidad disponible.

Rebasa con mucho las posibilidades de una "Tribuna libre" analizar, siquiera por encima, las innovaciones que introduce la nueva norma, y sus diferencias con la vigente. Han de ser su aplicación práctica, y el examen de los problemas que suscite, los que proporcionen casos y argumentos para su mejora. Son los trazadistas, pues, quienes deben liderar una labor de discusión constructiva, tanto en los medios de comunicación propios de la profesión, como en las reuniones que se celebrarán. ❖



Entrevista a

D.^a María Auxiliadora Troncoso Ojeda

Directora General de Infraestructuras

Consejería de Fomento y Vivienda

Junta de Andalucía

La Redacción

Nacida en Arcos de la Frontera (Cádiz) en 1973, María Auxiliadora Troncoso es licenciada en Administración y Dirección de Empresas por la Universidad de Sevilla e ingeniera técnica de Obras Públicas, en la especialidad de construcciones civiles, por la de Cádiz. Funcionaria de la Junta de Andalucía, desde 2010 ocupaba la Jefatura de Servicio de Infraestructuras en la delegación provincial de la Consejería de Medio Ambiente en Sevilla.

Desde 2012 ocupa el cargo de directora general de Infraestructuras de la Consejería de Fomento y Vivienda. Anteriormente, desempeñó diversos

cargos en la antigua Consejería de Obras Públicas y Transportes, donde fue asesora técnica de Estudios y Proyectos en la Dirección General de Infraestructuras Viarias (2004-2010) y trabajó en los servicios de Gestión Presupuestaria de la Dirección General de Transportes (2003-2004), Presupuestos de la Secretaría General Técnica (2002-2003) y Coordinación de la Viceconsejería (1999-2001), así como en la Dirección General de Carreteras (1995-1998).

María Auxiliadora Troncoso también ha desarrollado su trayectoria profesional en el ámbito de la empresa

como responsable de Control y Seguimiento de Obras y como técnica de Apoyo para el diseño de las Rutas del Legado Andaluz en la sociedad Cetur-sa Sierra Nevada, SA.

¿Qué balance puede hacer de este periodo que lleva al frente de la Dirección General de Infraestructuras de la Consejería de Fomento y Vivienda de la Junta de Andalucía?

Tras casi dos años y medio en el cargo de directora general destaco que han sido unos meses intensos



y gratificantes en los que el trabajo en equipo ha sido fundamental. Sin embargo, para evaluarla correctamente tendríamos que incluir una variable más, que son los medios con los que contamos.

Si analizamos las cifras de gestión estos años hemos estado ligeramente por encima de lo esperado inicialmente. Es evidente que si miramos a los ejercicios previos a la crisis estamos por detrás de lo allí conseguido, pero con los mimbres que tenemos hoy en día el resultado ha sido bueno. También ha habido aspectos negativos que tendremos que trabajar en algunos subsectores que quizás han sido los más damnificados por la crisis.

En la Dirección General tenemos muchas tareas pero una única misión: prestar un servicio público de calidad. Para hacerlo de manera eficaz he contribuido tratando de humanizar nuestras actuaciones y con la máxima de preservar nuestro patrimonio viario. Este es el balance personal de esta etapa tan importante en mi vida.

¿Cómo se estructura la Dirección General de Infraestructuras y cómo se coordina con el resto de organismos que constituyen

la Consejería de Fomento y Vivienda de la Junta de Andalucía?

La Dirección General de Infraestructuras está integrada a nivel funcional por un total de 50 efectivos, que realizan sus funciones en los diferentes Servicios en que se estructura el centro directivo, y que responden a las diferentes fases por las que pasa la vida de una carretera: Servicio de Planificación, Servicio de Proyección y Supervisión, Servicio de Ejecución e Inspección de Obras, y Servicio de Conservación y Dominio Público Viario. Al mismo tiempo, la Subdirección, que ejerce como coordinadora entre los diversos Servicios y como contacto principal en las relaciones, fundamentalmente en temas técnicos, de normativa, de personal y presupuestarios, con el resto de centros directivos de esta Consejería y con la Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía (ente instrumental dependiente de la Consejería); por otra parte, el Departamento de Gestión Administrativa que atiende de forma horizontal a los cuatro Servicios mencionados, a la Subdirección y a la Dirección.

Cada provincia andaluza cuenta, además, con un Servicio de Carrete-

ras propio integrado en su respectiva Delegación Territorial de Fomento y Vivienda, Turismo y Comercio, encargados de ser los interlocutores directos con los ciudadanos y los ayuntamientos, así como de dirigir las distintas actuaciones que se desarrollan en su ámbito territorial.

**¿Cómo ha afectado la crisis económica a esta Dirección General de Infraestructuras?
¿Cuál fue la política que se llevó a cabo ante esta circunstancia?**

Las actuaciones de carreteras de la Junta de Andalucía se enmarcan desde 2007 en la planificación establecida en el Plan de Infraestructuras para la Sostenibilidad del Transporte en Andalucía (PISTA), que engloba todas las infraestructuras de transporte: viarias, ferrocarriles, puertos y áreas logísticas.

En lo que se refiere a la inversión en carreteras de la Junta de Andalucía, desde 2007 a 2013 ha ascendido a 3270 millones de euros que suponen un 89% de la inversión total inicialmente prevista en el Plan. Sin embargo, el reparto anual en este periodo ha sido muy desigual con inversiones superiores a 600 millones de euros en los años 2007, 2008 y 2009 hasta llegar

a los 167 millones de 2014. En 2012, cuando el equipo de gobierno al que pertenezco se hace cargo de la Consejería de Fomento y Vivienda, la mayor parte de las inversiones en carreteras se encontraban paralizadas. En esta primera etapa nuestros esfuerzos se centraron en regular administrativamente esta situación y en priorizar a dónde se destinarían nuestros esfuerzos. Nuestras prioridades son ir finalizando las obras que con mayor grado de ejecución tienen un mayor impacto en el tráfico y en la seguridad vial, así como destinar las nuevas inversiones a actuaciones de conservación.

Es importante destacar, debido a su importante papel actualmente en la política de actuaciones de carreteras, la evolución de la inversión en conservación que aunque, como el resto de programas viarios, ha sufrido los efectos de la disminución de las inversiones públicas, sin embargo esta reducción ha sido porcentualmente inferior a la que se ha producido en otros programas. La importancia relativa que se le ha dado a la conservación, se refleja en que ha pasado de representar el 25% de la inversión en carreteras en 2007 a valores del 52% en 2013.

¿Qué actuaciones destacarías de las que se han llevado a cabo recientemente en materia de infraestructuras y de carreteras, dentro de la Junta de Andalucía?

El marco presupuestario en materia de infraestructuras viarias de los últimos años, caracterizado por un drástico decremento para los años 2012, 2013 y 2014 en relación a los créditos iniciales para el año 2011 (reducción del 49,65% en el caso del presupuesto 2012, del 62,1% para el presupuesto 2013, y del 57,8% para el presupuesto 2014). La Consejería de Fomento y Vivienda desarrolla sus competencias en un escenario de concentración de recursos en conservación, mantenimiento y seguridad vial de la red autonómica de carreteras, si bien se está



realizando un importante esfuerzo para el ejercicio de nuestra actividad en otras inversiones y actuaciones.

La dotación con fondos comunitarios FEDER, habilitada por el Gobierno andaluz para los años 2014-2015, ha permitido el reinicio de un importante conjunto de obras tanto en autovías como en carreteras convencionales que se encontraban paralizadas temporalmente ante la situación coyuntural de reducción del presupuesto asignado a carreteras por las medidas de contención del déficit público, aun encontrándose en un avanzado estado de ejecución. Así, las cantidades habilitadas, que ascienden a 91,78 millones de euros para autovías y a 47,81 millones de euros para carreteras convencionales, permitirán finalizar en el año 2015 los tramos de la Autovía del Olivar entre Úbeda y Jaén, y la Autovía del Almanzora en la provincia de Almería en el tramo Fines-Albox, así como 126 kilómetros de acondicionamiento o nuevo trazado de carreteras convencionales en casi todas las provincias de Andalucía. En segundo lugar, destacamos el Plan Andaluz de la Bicicleta 2014-2020, aprobado por Decreto 9/2014, de 21 de enero, que tiene como objetivo el impulso de la bicicleta como modo de transporte en el marco del desarrollo de una nueva Ley Andaluza de Movilidad Sostenible. Persigue integrar el uso de este medio de transporte en la vida cotidiana, con sus consiguientes beneficios en la sa-

lud y en la diseminación de la contaminación ambiental y acústica. El Plan constituye una guía para desarrollar toda una red de vías ciclistas en la Comunidad Autónoma Andaluza.

El Plan Andaluz de la Bicicleta prevé la construcción de 1150 kilómetros de vías ciclistas en nueve áreas metropolitanas. El documento recoge también más de 3000 kilómetros de vías de carácter regional, en su mayoría ya existentes sobre el trazado de vías pecuarias y caminos rurales, por lo que las actuaciones previstas van sobre todo dirigidas a su adecuación, señalización y conexión. Finalmente mencionar que en materia de eficiencia energética, con el objetivo principal de lograr un ahorro de costes en el consumo energético y de utilizar sistemas de iluminación energéticamente eficientes, se han redactado cinco proyectos para las actuaciones de sustitución de las luminarias de las carreteras autonómicas por otras de tecnología LED, cumpliendo los niveles de iluminación exigidos por la normativa vigente.

En cuanto al Plan de Infraestructuras para la Sostenibilidad del Transporte en Andalucía (PISTA 2014 – 2020), ¿podría comentarnos en qué estado se encuentra actualmente, puesto que los objetivos previstos en el PISTA 2007 -2013, tuvieron que ser prorrogados hasta el 2020, como consecuencia de las circunstancias económicas?

El Consejo de Gobierno de Andalucía acordó el pasado 19 de febrero de 2013 la revisión del Plan de Infraestructuras para la Sostenibilidad del Transporte en Andalucía (PISTA), marcando un nuevo horizonte temporal en el 2020, incorporando el nuevo escenario económico existente, ajustando sus contenidos al actual contexto de la economía, adecuando éstos a las actuales previsiones presupuestarias y reforzando las estrategias favorables a los modos de transportes más sostenibles.

Desde la Dirección General de Infraestructuras se está procediendo a formular una priorización de inversiones y una ampliación del horizonte temporal de la planificación a 2020, tal como se determina en el Acuerdo, con los objetivos y directrices marcados en el mismo.

¿Qué caracteriza a la Red Autónoma de Carreteras de Andalucía, que la diferencia del resto de redes autonómicas?

La Red Autónoma de Carreteras de Andalucía, con 10 407 kilómetros, es la segunda más extensa después de la de Castilla-León (11 309 km), y la primera en lo que se refiere a longitud de vías autonómicas de alta capacidad (autopistas, autovías y carreteras de doble calzada) que totalizan 921 kilómetros, muy destacada respecto a la segunda comunidad autónoma (Cataluña con 696 km o el País Vasco con 518 km de vías de alta capacidad dependientes de sus Diputaciones). Sin embargo, teniendo en cuenta el total de estas infraestructuras, añadiendo las pertenecientes al Estado y a las Diputaciones y Cabildos encontramos que los kilómetros de vías de alta capacidad por habitante y por superficie son inferiores a la media estatal, y que en Andalucía el porcentaje de estas vías correspondiente el Ministerio de Fomento es bastante inferior a la media. De esta forma a 31 diciembre de 2013 (según datos del anuario estadístico del Ministerio de Fomento) se encontraban en servicio en Andalucía 2687 kilómetros de autopistas, autovías y carreteras de doble calzada. De esa red, el 34% corresponde a viario de la Junta de Andalucía (921 km), un porcentaje sensiblemente superior a la media de todas las comunidades autónomas, donde las vías de alta capacidad de titularidad autonómica suponen solo el 23% del total.

Aparte de sus peculiaridades en cuanto a longitudes, la red autonómica de carreteras tiene sus trazados condicionados a la especial orografía



de Andalucía, permitiendo su desarrollo armonizado, conectando las capitales de provincia con la red de ciudades medias y con las zonas rurales. Igualmente, con las zonas montañosas de elevada altitud, con depresiones fluviales o con los más de 800 km de costa existentes.

También, la elevada altitud de una parte importante del territorio influye especialmente en las tareas que deben programarse en conservación para asegurar la vialidad en épocas invernales mediante la disposición de los medios suficientes para garantizar la retirada de hielo, nieve, barros y desprendimientos en la calzada, y permitir el uso de las carreteras en condiciones de seguridad y comodidad para el usuario y los ciudadanos. Así, desde el punto de vista de la altitud, la mayor parte de la red (cerca del 60%) se mantiene por debajo de la cota 500 m, donde normalmente no deben existir problemas de vialidad invernal. Pero existe un porcentaje significativo de la misma, el 8,5%, que se ubica en el caso opuesto, por encima de la cota 1000 metros, donde son más que previsibles conflictos por presencia de heladas y nevadas; se localizan en las zonas montañosas como Sierra Nevada, donde discurre la carretera más alta de Europa con 3367 m de altitud, así como las otras sierras de las provincias de Granada, Jaén y Almería, y la Serranía de Ronda donde, tal y como

se ha comentado, se hace necesaria una planificación y gestión de la vialidad invernal, como una de las tareas de peso en la gestión de las labores de conservación y explotación.

Por último, a la hora de caracterizar la Red Autónoma es también de especial relevancia el hecho de que una parte importante de la misma esté integrada en la Red Transeuropea de Transporte (RTE-T), con la consecuente normativa europea de gestión que le es aplicable. Dentro de Andalucía hay 11 carreteras pertenecientes a esta RTE-T, de las cuales 4 pertenecen a la Red Autónoma, con una longitud total de más de 530 km de autovías, y el resto a la Red de Carreteras del Estado.

¿Cómo han evolucionado las carreteras de la Junta de Andalucía en los últimos años? ¿Destacaría algún hito, que haya marcado un antes y un después?

Durante los últimos años, el nivel de actividad en la red de gran capacidad viaria andaluza se ha caracterizado por inversiones autonómicas que han permitido seguir incrementando la longitud de la red. Antes de 2007, la red autonómica de alta capacidad tenía una extensión de 804 kilómetros. Al finalizar 2013 el inventario de la red viaria ha registrado una longitud de 921 kilómetros de autovías y carreteras de doble calzada. La red se



ha incrementado, en consecuencia, en 117 kilómetros, entre los que destacarían tramos de las autovías A-381 entre Jerez y Algeciras, la autovía del Olivar A-316 en Jaén y la A-334 del Almanzora en Almería además de actuaciones metropolitanas.

El esfuerzo público realizado durante décadas en materia viaria, ha permitido alcanzar unos indicadores en cuanto a densidad y calidad de las vías andaluzas equivalentes –o superiores– a las del resto de España y de la Unión Europea. De esta forma, Andalucía se encuentra actualmente entre los ámbitos europeos con mejor dotación en red viaria de gran capacidad (autopistas, autovías y doble calzada) tanto por número de habitantes, como por superficie o nivel de renta.

En Andalucía, podemos destacar como hitos más relevantes en materia de carreteras desde la asunción de competencias por la Junta de Andalucía, la puesta en servicio de las dos principales autovías autonómicas que hoy forman parte de la Red Transeuropea del Transporte (RTE-T): la A-92, entre Sevilla y Almería pasando por Granada, que con casi 400 kilómetros unió Andalucía Occidental con Andalucía Oriental; y la Autovía Jerez – Los Barrios que es una conexión fundamental del Puerto de Algeciras con el

centro de la Península y con Europa. La puesta en servicio de la Autovía del Olivar entre Úbeda y Estepa será otro momento muy importante en la construcción de la red andaluza de carreteras. Debido a la coyuntura económica sobrevenida, el ritmo de ejecución de las actuaciones previstas para el periodo 2007-2013 ha sido ralentizado y las actuaciones reprogramadas. El futuro de la red viaria de gran capacidad es previsible que esté directamente afectada por la menor disponibilidad de recursos presupuestarios.

Desde la Consejería se defiende un modelo de inversión pública en Andalucía responsable, coherente, riguroso y con visión global a largo plazo, que cumpla la apuesta por las infraestructuras clave en la comunidad sin hipotecar el futuro de las cuentas públicas.

Los avances en el campo de las carreteras no han quedado reducidos, sin embargo, al bloque de gran capacidad. La mejora de la dotación se ha producido igualmente, y de una manera muy notable, en las carreteras convencionales. En esta última década se ha registrado una sustancial mejora de las características constructivas de la red de carreteras autonómicas. En 2004 todavía la mayoría de la red estaba formada por carreteras con menos de 7 metros de ancho. En la actualidad la propor-

ción se ha invertido: las carreteras con más de 7 metros de ancho y las vías de gran capacidad son las mayoritarias dentro de la red representando el 60% del total.

Este importante esfuerzo inversor y las mejoras introducidas en la red han hecho posible que en la actualidad el usuario de las carreteras andaluzas tenga una buena opinión de su evolución en los últimos años, tal como se puso de manifiesto en el último “Barómetro de Opinión Pública en Andalucía” de diciembre de 2012, realizado por el Instituto de Estudios Sociales Avanzados del Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

¿Qué política de conservación de infraestructuras y patrimonio viario se está llevando a cabo desde esta Dirección General de Infraestructuras?

La idea fundamental que rige la política de conservación y explotación del amplio patrimonio viario autonómico es la de considerar que las actuaciones en este ámbito constituyen un conjunto de actividades tendentes a garantizar la libre circulación de los ciudadanos y la accesibilidad territorial, y que se configuran como el Servicio Público que ha de ser prestado en términos de generalidad, regularidad y continuidad por los órganos competentes de la Administración.

Andalucía es una comunidad autónoma de grandes dimensiones e importantes y diversos recursos económicos, naturales y culturales, que exigen un servicio público viario eficaz y eficiente, que permita potenciar y dinamizar su actividad económica. Ello conlleva la aplicación constante de recursos públicos para mantener, en condiciones óptimas de funcionamiento, el sistema de comunicaciones viarias con objeto de evitar el estrangulamiento de las diversas actividades productivas que se asientan en la comunidad, dotándola de competitividad frente a otros territorios de España y de la Unión Europea.

En la actualidad el sistema que se emplea en la gestión de la conservación y explotación de la Red Autonómica de Carreteras de Andalucía es un sistema mixto en el que participan el personal propio de la Administración Autonómica (Consejería de Fomento y Vivienda) y empresas especializadas.

Como apoyo a las labores asignadas al personal propio de la Consejería, y con el objetivo de asegurar la calidad de servicio que demanda la sociedad actual, se hace necesario recurrir a contratos con empresas especializadas de los denominados contratos de servicios de diversas operaciones de conservación, denominados habitualmente como "conservaciones integrales", o a través de contratos específicos para actuaciones de rehabilitación de elementos que tienen especial envergadura por su importe o necesidad de medios especializados: refuerzos y rehabilitación de firmes, mantenimiento de señalización, mejora de defensas, integración ambiental, etc. Estos contratos permiten programar las actuaciones en el tiempo y conseguir un mayor rendimiento de las inversiones debido a la especialización del trabajo, generación de empleo y al volumen de elementos regenerados.

La Junta de Andalucía abrió el pasado 15 de abril una convocatoria para financiar proyectos I+D+i en infraestructuras de obras públicas, transporte, vivienda e intervención urbana en Andalucía para el periodo 2014 - 2015, ¿en qué consiste esta iniciativa?

La línea de trabajo en el campo de la I+D+i, se inicia en el año 2011 con la primera convocatoria de proyectos de I+D+i por parte de la Consejería de Fomento y Vivienda a través de la Agencia de Obra Pública, en el marco de las políticas europeas favorables a la innovación en las infraestructuras y desarrollo de nuevas soluciones para su más óptima proyección, construc-

ción, conservación y explotación. En el marco de esta primera convocatoria, se adjudicaron 28 proyectos por un importe total de 7,9 millones de euros (15 en materia de carreteras por importe de 4 millones de euros). Dando continuidad a este programa, se formalizó durante el mes de octubre de 2013 la firma de los contratos para la elaboración de 50 proyectos de I+D+i, por un importe total de 11,86 millones de euros, adjudicados en el marco de una segunda convocatoria pública realizada en diciembre del año 2012. Entre estos proyectos adjudicados, 10 son en materia de Infraestructuras viarias, por un importe superior a 2,51 millones de euros.

Como continuación a este Programa, en el mes de abril de este año 2014 licitamos una tercera convocatoria de proyectos de I+D+i, recibiendo de parte de las universidades andaluzas un total de 151 ofertas destinadas a una nueva línea de incentivos, dotada con un presupuesto de 2,42 millones de euros, para financiar proyectos de investigación aplicados a infraestructuras de obras públicas y transportes, y a vivienda y ciudad en Andalucía para el periodo 2014-2015.

Con este nuevo concurso, la Consejería pretende desarrollar soluciones innovadoras que mejoren y optimicen la ejecución de sus infraestructuras en el ámbito de los transportes y en materia de vivienda, así como materializar aplicaciones que incidan en una gestión de excelencia de los servicios públicos que presta la Junta en sus diferentes áreas. Esta investigación

redundará, además, en potenciar el conocimiento y en adecuar las infraestructuras y servicios a los criterios de sostenibilidad ambiental, económica, energética y de equidad social.

¿Qué proyectos u objetivos futuros se plantea para los próximos años como directora general de Infraestructuras?

Durante las últimas décadas hemos mantenido en Andalucía y en España una política de inversión en carreteras muy intensa, lo que ha llevado a disponer en estos momentos de una malla viaria madura.

Como todos sabemos, desde el punto de vista del reparto modal de la movilidad, existe un fuerte predominio de la carretera frente a otros modos, tanto para pasajeros como mercancías como consecuencia de este importante desarrollo de la red viaria, así como por su flexibilidad y carácter de acceso y cobertura universal. El futuro de las infraestructuras irá encaminado al fomento del equilibrio modal para alcanzar una movilidad más sostenible, que promuevan modos alternativos al transporte por carretera hacia otros modos con mayor eficiencia energética y medioambiental, para alcanzar un sistema de transportes más sostenible.

Las administraciones públicas tenemos el objetivo de lograr el reequilibrio modal, el impulso del transporte público de calidad, y la promoción de los modos no motorizados en las ciudades. Los objetivos de eficiencia energética y medioambiental pasan por





conseguir un cambio en las pautas de movilidad de toda la ciudadanía.

El aspecto fundamental sobre el que versará la política de carreteras será la conservación del amplio patrimonio viario autonómico para asegurar que la movilidad por las carreteras andaluzas siga realizándose en condiciones de comodidad y seguridad vial para los usuarios. Este objetivo de preservar el patrimonio viario está relacionado con la sostenibilidad y mejora de la competitividad del sistema productivo andaluz y con el nuevo papel que deberá desempeñar la movilidad en Andalucía, adaptando las previsiones al nuevo escenario económico-financiero, en el que cobra mayor protagonismo si cabe la rentabilidad socioeconómica de las inversiones.

Además de ello, resta por completar algunos itinerarios de carreteras de gran capacidad. Cabe destacar la previsión de finalización de diversos tramos de autovías, tanto de grandes ejes como en áreas metropolitanas:

- En la autovía del Olivar finalizarán las obras correspondientes a los tramos: conexión de la N-322 con la variante de Baeza; Enlace Norte de Puente del Obispo – Enlace Sur Puente del Obispo; Enlace Sur Puente del Obispo – Intersección con la A-6000 (Torquebradilla) y la Variante de Mancha Real. En la autovía del Almanzora finalizarán las obras correspondientes a la variante de Albox y se iniciarán las obras del tramo La Concepción – El Cucador.

- En entornos metropolitanos destacan la finalización del acceso Norte a Sevilla Tramo II Tronco y Ramal a Brenes así como de la duplicación de calzada de la A-491 entre el p.k. 15 y el p.k. 24.

Entre las principales actuaciones para contribuir a este reparto modal del que hablamos, en los próximos años seguirá destacando el impulso a los medios de transporte no motorizados en el marco del Plan Andaluz de la Bicicleta. Este año se ha dado un importante impulso a la ejecución de los programas de redes urbanas y metropolitanas, esperando que a finales de año se hayan adjudicado un total de 14 actuaciones por un importe global de 20 millones de euros y una longitud de 74 kilómetros.

El Plan Andaluz de la Bicicleta, con apenas once meses de vida, tiene como objetivo básico a escala urbana, fomentar el uso de la bicicleta mediante el apoyo a la creación de redes urbanas de vías ciclistas y la puesta en marcha de servicios complementarios, que formen parte de estrategias urbanas para el fomento de la bicicleta como medio de transporte, preferentemente. Este objetivo tiene en las ciudades su ámbito natural, y especialmente en las grandes ciudades andaluzas, dada la intensidad de esta movilidad en las mismas y su concentración espacial, haciendo más factible el trasvase de viajes desde el automóvil privado y permitiendo que las medidas com-

plementarias al desarrollo de la infraestructura ciclista sean más eficaces, fomentando la intermodalidad con otros medios de transporte público, como son los autobuses, cercanías, metros o tranvías, facilitando la interconexión ágil y el acceso y aparcamiento de bicicletas.

Por último, ¿qué opinión tiene de la labor que realizan las asociaciones de carreteras y en concreto de la Asociación Técnica de Carreteras, como Comité Nacional Español de la Asociación Mundial de la Carretera, así como de la Asociación Mundial a la que pertenece?

La existencia de Asociaciones Técnicas permite generar puntos de encuentro para el intercambio de conocimiento y experiencias sobre la materia entre empresas y administraciones a nivel nacional e internacional. Son foros de debate que permiten la difusión de buenas prácticas y que abarcan todo el rango de temáticas asociadas a las infraestructuras viarias, desde su planificación, proyección y ejecución, a su conservación, gestión y explotación. Desde la financiación de las infraestructuras a la preocupación por la seguridad vial. Por medio de la publicación de revistas especializadas, el establecimiento de comités técnicos, la difusión por Internet, la organización de encuentros, jornadas y congresos, las asociaciones contribuyen a crear una comunidad activa muy útil para los profesionales de las infraestructuras viarias.

La Asociación Mundial y la Asociación Técnica de Carreteras han tenido un recorrido histórico pionero en esta labor que se remonta a 1909. Su contribución al sector de la carretera ha sido fundamental, contando para ello con el apoyo y participación de grandes profesionales, por ello es un gran honor representar a la Administración Andaluza en su Junta Directiva. ❖

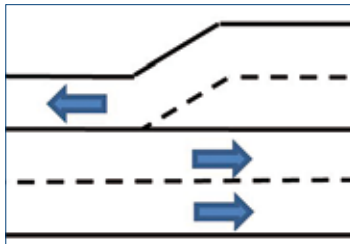
Con PROAS
vuelve a estrenar
carretera.

Nuestra amplia gama de productos cuida y conserva el buen estado de las carreteras. Desde masillas sellantes hasta la gama ELASTER, última generación de betunes modificados con polímeros. Sea cual sea tu necesidad elige PROAS y estarás apostando por productos de última tecnología pensados para alargar la vida de la carretera.

Más información en www.proas.es



Carreteras de calzada única con carriles adicionales: la ordenación "2 + 1"



Single carriageway roads with additional lanes:
distribution "2 + 1"

Comité Técnico de Carreteras Interurbanas y Transporte Integrado Interurbano
Asociación Técnica de Carreteras

Resumen

En el artículo "Las carreteras a partir de la crisis económica" (RUTAS nº 159, abril-junio 2014) se planteaba la cuestión siguiente: dado que la actual coyuntura económica dificulta o incluso impide que se sigan aplicando los paradigmas hasta ahora vigentes para la construcción de autopistas y autovías de nuevo trazado, ¿qué otras soluciones puede aportar la técnica para seguir mejorando la red de carreteras? En dicho artículo se examinaban las ventajas e inconvenientes de duplicar la calzada como se hizo en el Programa de Autovías del Plan General de Carreteras 1984/1993; y se hacían algunas propuestas sobre la aplicación de la normativa, especialmente la de trazado.

El Comité Técnico de Carreteras Interurbanas y Transporte Integrado Interurbano opina que procede ahora ver qué mejoras substanciales se podrían obtener manteniendo una única calzada en la carretera convencional existente: otro de los paradigmas posibles para los casos en los que la intensidad del tráfico ha aumentado, pero todavía no justifica las calzadas separadas de una autopista o autovía.

PALABRAS CLAVES: diseño geométrico, carril adicional, trazado, carreteras interurbanas, carreteras convencionales.

Abstract

In the article "Roads since the economical crisis" (from RUTAS No. 159, April-June 2014) the following question raised: due to the current economic situation it is still more difficult or even impossible to continue implementing the existing paradigms for the construction of motorways and new designed carriageways, what other solutions can we use to further improve the road network? In that article the advantages and disadvantages of duplicating the roadway were examined as it was done in the Motorway Program from the National Roads Plan 1984/1993; and some proposals were made on the implementation of the legislation, especially the one concerning the design.

The Technical Committee on Interurban Roads and Integrated Interurban Transport thinks that we must now consider the improvements achieved by maintaining a single carriageway on the existing conventional road: this is another possible paradigm for cases where traffic intensity has been increased, but this still does not justify the dual carriageway of a highway or motorway.

KEY WORDS: geometric design, passing lanes, design, interurban roads, conventional roads.

En el mundo se observa una tendencia hacia las carreteras auto-explicativas: se empieza a convenir en que las sanciones no terminan de lograr un comportamiento seguro por parte de los conductores.

Los choques frontales, relacionados con una insuficiente oferta de adelantamiento, entre vehículos que circulan en sentidos opuestos por carreteras convencionales de calzada única representan sólo un 20% de los siniestros con víctimas; pero casi un 40% de los siniestros con víctimas mortales.

La solución más frecuentemente empleada en España para reducir la frecuencia de esos choques, permitir adelantamientos más seguros y mejorar la capacidad es la transformación de la carretera en otra con calzadas separadas; y no se suelen considerar otras ordenaciones del tráfico basadas en que alternativamente se disponga un carril adicional para el adelantamiento en uno de los dos sentidos de circulación¹, manteniendo sólo uno para el sentido contrario. Sin embargo, de esta manera se puede, con coste e impacto ambiental bajos², colmar el hueco que hay, en la oferta de capacidad y adelantamiento, entre una carretera de calzada única y otra con calzadas separadas.

La frecuencia con la que se disponen estos carriles adicionales ha ido aumentando:

- Las primeras realizaciones norteamericanas y luego españolas, a partir de mediados del pasado siglo, consistían en carriles adicionales para circulación lenta (a veces también para circulación rápida), bastante separados y, en general, coincidentes con rampas largas o empinadas. Se han venido utilizando con éxito para una IMD³ entre 4000 y 22 000 vehículos.
- En las más modernas realizaciones europeas, que reciben el nombre de "2 + 1", la alternancia de los carriles adicionales en uno

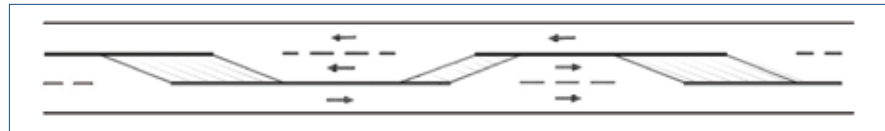


Figura 1. Alternancia de carriles adicionales en uno y otro sentido

y otro sentido es prácticamente continua⁴ (Figura 1). Esta ordenación funciona como un sistema coordinado cuyo objetivo no es ya el de aliviar una situación localizada, sino la mejora de un tramo de cierta longitud⁵. Se aplica a tramos con una IMD mayor³, entre 8000 y 30 000 vehículos.

La decisión de disponer una ordenación del tráfico "2 + 1" se debe fundamentar en un análisis del nivel de servicio, basado en una estimación realista de la evolución de la demanda:

- En una red de carreteras convencionales de calzada única con dos carriles, se analizan los tramos⁶ que formen itinerarios y que funcionen por debajo de un cierto nivel de servicio. La Tabla 1 muestra los umbrales de IMD a partir de los cuales se puede justificar una ordenación "2 + 1"; está tomada de un estudio de Mutabazi, Russell y Stokes [9] para el Estado de Kansas (EE.UU.). Su aplicación a las condiciones españolas es dudosa; pero pone de manifiesto que la proporción de vehículos pesados tiene mucha influencia.

- Para organizar proyectos concretos se priorizan los tramos identificados en esos itinerarios, según las disponibilidades presupuestarias. Para fijar la configuración de los carriles adicionales de manera que se reduzca al mínimo la proporción de vehículos demorados, se pueden utilizar las indicaciones del estudio citado. Cada vez se utilizan más los programas de micro-simulación del tráfico.

Sin embargo, este tipo de ordenación en las carreteras convencionales de calzada única también presenta algunos inconvenientes:

- No es aplicable en obras de paso de gran longitud que no la puedan alojar, ni en tramos con nu-

merosos accesos, ciclistas o peatones en los que resulte muy cara o incluso imposible.

- Donde quede un solo carril, los vehículos que sigan a otro más lento (por ejemplo, a un tractor) quedan atrapados tras él hasta llegar al siguiente tramo con dos carriles.
- Si hay una barrera de seguridad en la mediana, que impida los giros a la izquierda desde la carretera o hacia ella, para acceder a una parcela colindante puede que se tengan que recorrer distancias mayores; los giros se tienen que realizar en las intersecciones.

Configuración

En una ordenación "2 + 1" el carril adicional se suele disponer a la izquierda del carril normal de paso (que se continúa):

- Hacia este último se encauzan los vehículos lentos, por medio de las marcas viales de borde de calzada del tramo de transición.
- Al final del carril adicional para el adelantamiento se han utilizado varias ordenaciones de la circulación para pasar de dos carriles a uno:
 - Una zona de confluencia de anchura variable, sin marcas viales de separación de carriles.

¹ No se trata de disponer un carril adicional sólo en rampas de longitud o inclinación significativas, como se ha hecho desde los años setenta.

² Sobre todo en terrenos llanos u ondulados.

³ Las cifras indicadas son orientativas.

⁴ 1,5 – 2,5 km según las circunstancias locales y, especialmente, la localización de las intersecciones.

⁵ Entre 10 y 75 km.

⁶ Con una longitud orientativa de unos 3 km.

Tabla 1 IMD total mínima en el año horizonte para considerar necesaria una ordenación

Terreno llano											
% Pesados		10		15		20		30		40	
Nivel de servicio		B	C	B	C	B	C	B	C	B	C
Longitud con adelantamiento prohibido (%)	0	3900	6200	3700	5890	3520	5600	3210	5110	2950	4690
	20	3460	5630	3290	5340	3130	5080	2850	4630	2620	4260
	40	3030	5190	2880	4930	2740	4690	2500	4280	2290	3930
	60	2740	4900	2600	4660	2480	4430	2260	4040	2080	3710
	80	2450	4760	2330	4520	2220	4300	2020	3920	1860	3600
	100	2310	4620	2190	4380	2090	4180	1900	3800	1750	3490
Terreno ondulado											
% Pesados		10		15		20		30		40	
Nivel de servicio		B	C	B	C	B	C	B	C	B	C
Longitud con adelantamiento prohibido (%)	0	3000	4850	2630	4240	2340	3770	1910	3090	1620	2610
	20	2660	4500	2320	3940	2070	3500	1690	2870	1430	2430
	40	2190	4040	1920	3540	1710	3140	1400	2570	1180	2180
	60	1960	3690	1720	3230	1530	2870	1250	2350	1060	1990
	80	1730	3460	1520	3030	1350	2690	1100	2210	940	1670
	100	1500	3230	1320	2830	1170	2520	960	2060	810	1740

- Cerrar el carril derecho (el de paso) por medio de marcas viales, obligando a los vehículos lentos que circulan por él a ceder el paso a los más rápidos que vengan por el carril adicional. Aunque se subraye esta obligación mediante señales verticales, la experiencia muestra que los vehículos lentos son reacios a ceder el paso.
- Cerrar el carril izquierdo (el adicional) también por medio de marcas viales, obligando a los vehículos rápidos (más maniobreros) a ceder el paso a los más lentos que vengan por el carril derecho (el de paso), dando por terminada la posibilidad de adelantar. Esta ordenación, idéntica a la de los carriles adicionales para circulación rápida empleados en autopistas y autovías, parece la más ventajosa.

Además del caso de un carril adicional aislado, dispuesto en un solo sentido de circulación para aliviar⁷ un tramo puntual (Figura 2), donde haya una interacción entre carriles adicionales contiguos y correspondientes a sentidos distintos, dichos carriles se pueden disponer con distintas secuencias.

La interacción puede revestir dos formas:

- Si no se permite adelantar en el tramo de carril (único) correspondiente al sentido contrario a aquél para el que se dispone el carril adicional, se reduce el nivel de servicio en aquél.
- La desagregación de las caravanas en un sentido de circulación trae como consecuencia que los vehículos que circulan en el sentido opuesto encuentren menos intervalos entre vehículos que tengan una duración suficiente para completar un adelantamiento; por lo tanto, se agrupan más en caravanas. Pero esto último produce intervalos más largos aprovechables para adelantar por los vehículos que circulan en el sentido primeramente mencionado. De esta manera se crea una diferencia entre ambos sentidos de circulación, que se realimenta a sí misma.

Lo anterior conduce a la consecuencia de que sólo se puede dejar adelantar a los vehículos que circulen por el carril único (invadiendo temporalmente el carril adicional para adelantamiento dispuesto para el sentido contrario) si la IMD es peque-

ña (por ejemplo, < 3000 vehículos). Si fuera suficiente la distancia entre los dos principios (o los dos finales) de los carriles adicionales para ambos sentidos (Figura 3), de manera que cada uno de ellos no tenga influencia sobre el otro⁸, su funcionamiento será parecido al caso anterior; en caso contrario, se parecerá al caso siguiente.

Si dos carriles adicionales en sentidos opuestos se hallan contiguos (Figura 4), serán imposibles los adelantamientos en los tramos de un solo carril si la intensidad de la circulación es alta. Hay investigadores que opinan que la secuencia superior es más eficaz que la inferior, porque la formación de caravanas tiene lugar frente al carril adicional correspondiente al sentido opuesto, seguida de la desagregación de las caravanas: así que al abandonar el carril adicional los vehículos ya no van en caravana. En la secuencia inferior, la desagregación de las caravanas tiene lugar en el carril adicional; pero los vehículos se pueden volver a agrupar frente al carril adicional correspondiente al sentido opuesto. Esto último implica que los vehículos pueden abandonar el tramo provisto de carriles adicionales agrupados en caravanas. Otros investigadores opinan que no hay pruebas suficientes para establecer la superioridad funcional de una secuencia sobre la otra. En cualquier caso, la secuencia inferior es menos favorable desde el punto de vista de la seguridad viaria, puesto que las zonas de convergencia de uno y otro sentido están una frente a otra.

Los argumentos anteriores se basan en carriles adicionales de longitud más bien estricta; puede que mejoraran si se considerase, en vez de la longitud real, la longitud efectiva⁹, es decir: el tramo realmente afectado por la presencia del carril adicional.

La secuencia de ordenación del tráfico "2 + 1" propiamente dicha se representa en la Figura 5. Si la intensidad del tráfico es baja y la visibilidad disponible es suficiente, los con-

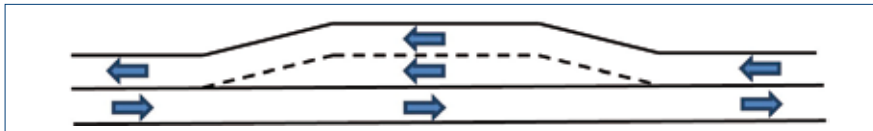


Figura 2. Carril adicional aislado en un solo sentido de circulación para aliviar un tramo puntual

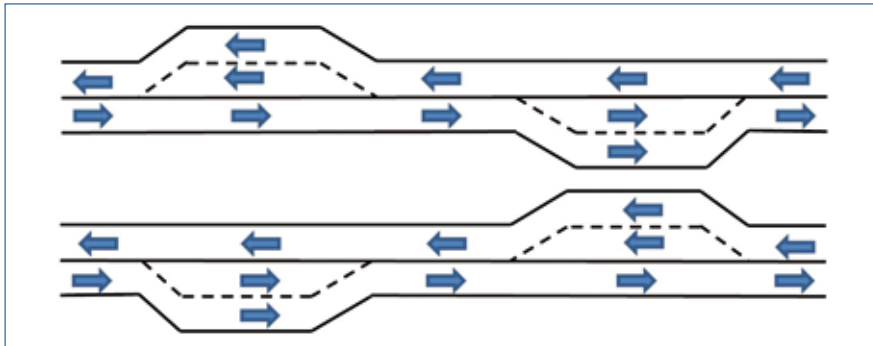


Figura 3. Carriles adicionales para ambos sentidos, cada uno de ellos sin influencia sobre el otro

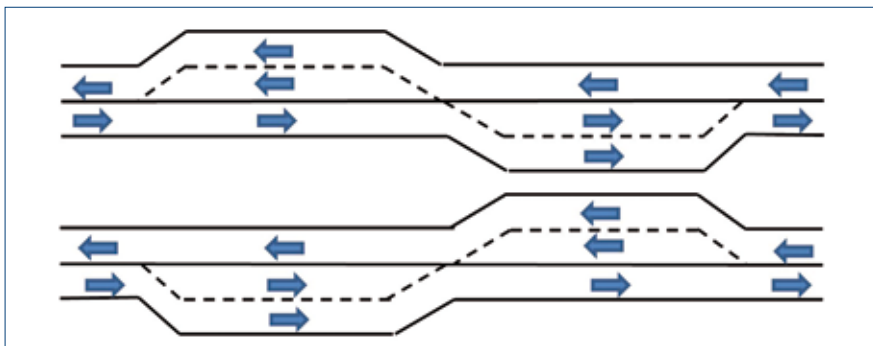


Figura 4. Dos carriles adicionales en sentidos opuestos contiguos

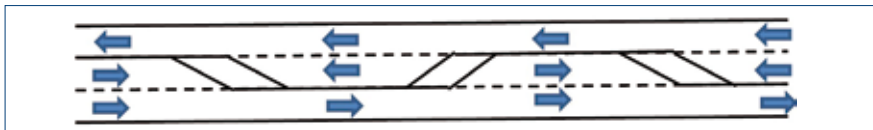


Figura 5. Secuencia de ordenación "2+1" convencional

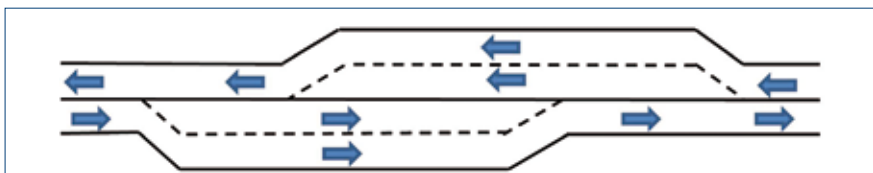


Figura 6. Secuencia de ordenación "2+1" solapada adelantada

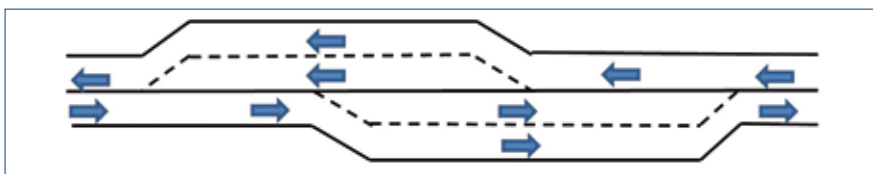


Figura 7. Secuencia de ordenación "2+1" solapada retrasada

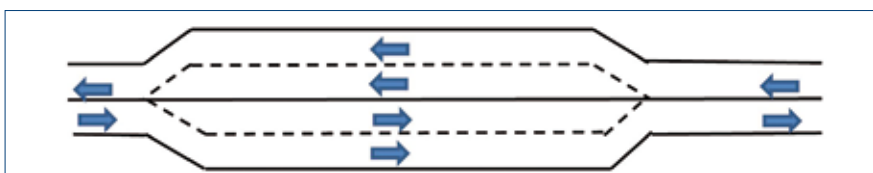


Figura 8. Secuencia de ordenación "2+1" adyacente

ductores que circulan por los tramos con un solo carril, se pueden sentir indebidamente coartados si ese carril es largo y en él está prohibido adelantar¹⁰.

La secuencia de ordenación solapada adelantada de la Figura 6 se puede utilizar en acuerdos verticales convexos en los que hay sendas rampas a la entrada de aquélla.

La secuencia de ordenación solapada retrasada de la Figura 7 se puede utilizar en acuerdos verticales cóncavos en los que hay sendas pendientes a la entrada de aquélla.

Por último, la secuencia adyacente (Figura 8) puede ser conveniente en los casos siguientes:

- Donde se necesiten carriles adicionales para ambos sentidos de circulación.
- Donde la causa principal de no poder adelantar no sea la visibilidad restringida, sino la intensidad de la circulación contraria. En este caso, la ubicación de los carriles adicionales no depende de la visibilidad.
- Donde haya dificultades específicas: falta de terreno, falta de visibilidad al final de un carril adicional, presencia de intersecciones o accesos en correspondencia con éste, etc.

La secuencia adyacente no es conveniente en zonas urbanas ni junto a intersecciones principales.

Capacidad y niveles de servicio

Si la frecuencia de los carriles adicionales para el adelantamiento es baja, la mejora del nivel de servicio suele ser de un escalón, respecto de la carretera convencional de calzada única con dos carriles. Con intensidades medias y altas, una ordenación

⁷ Por ejemplo, en una rampa larga o empinada.

⁸ 150 m para la secuencia superior; 300 a 500 m para la inferior.

⁹ Cf. apartado 3.

¹⁰ Si la intensidad del tráfico fuera baja, no se necesitarían los carriles adicionales.

del tráfico "2 + 1" puede mejorar el nivel de servicio en dos escalones.

Por ejemplo, en condiciones favorables una carretera convencional de calzada única con dos carriles puede funcionar en un nivel de servicio C hasta una intensidad de 1100 veh. lig./h. Si se le añaden carriles adicionales con frecuencia baja, el límite del nivel C se eleva hasta 1370 veh. lig./h; y si la frecuencia es mayor, hasta 1790 veh. lig./h. Una ordenación "2 + 1" puede alcanzar los 2800 veh. lig./h¹¹; y una carretera con calzadas separadas (dos carriles cada una), unos 6000 veh. lig./h. Pero esta última proporciona un significativo exceso de capacidad, para el cual puede que no haya necesidad.

Emplazamiento

En una carretera convencional de calzada única de dos carriles hay circunstancias favorables y desfavorables para disponer carriles adicional para el adelantamiento. Son circunstancias favorables:

- Que el emplazamiento parezca lógico a los conductores, por ejemplo: donde de no disponer un carril adicional, habría un tramo de adelantamiento prohibido.
- En terreno llano, donde la demanda de adelantamiento rebase la oferta.
- Disponer de visibilidad suficiente: mínima de parada al principio del carril adicional, y mínima de decisión al final.
- La posibilidad de aprovechar otros costes de construcción: por ejemplo, que por razones de seguridad se haya decidido mejorar el trazado en planta.
- Una rasante en pendiente, que acentúa las diferencias de velocidad entre un vehículo que adelanta y otro adelantado.
- Los emplazamientos situados más allá de un tramo congestionado, en los que el tráfico se aleja de él.
- Disponer el principio del carril adicional en una curva a izquier-

das, encauzando al tráfico hacia el carril exterior.

Son circunstancias desfavorables:

- Los tramos con estándares estrictos de trazado. Por ejemplo, con curvas de radio reducido donde pueda resultar peligroso adelantar.
- La presencia de intersecciones y accesos que requieran giros a la izquierda con una IMD mayor de 100 vehículos desde la vía prioritaria o hacia ella; especialmente cerca de los extremos del carril adicional.
- La presencia inminente de un tramo con cuatro carriles.
- En terrenos llanos u ondulados, los tramos donde en ambos sentidos de circulación ya haya visibilidad suficiente para adelantar; a no ser que la intensidad de la circulación sea alta y no haya huecos suficientes para completar un adelantamiento.
- Donde resulte difícil o caro ensanchar la plataforma: obras de paso o desagüe, grandes desmontes o terraplenes
- La presencia de curvas en planta o de acuerdos verticales convexos en los extremos del carril adicional.
- Los emplazamientos situados antes de un tramo congestionado, en los que el tráfico se acerca a él.

Longitud

La longitud real de un carril adicional para el adelantamiento no incluye las transiciones en sus extremos.

La longitud efectiva de un carril adicional aislado es la suma de su longitud real y de la distancia (más allá de él) hasta la sección donde el estado de la circulación vuelve a un nivel semejante al inmediatamente anterior al carril adicional. En la Figura 9 se puede observar cómo la presencia de un carril adicional aislado reduce el tiempo perdido en una cola, entre un 10% y un 31%, afectando a una distancia mayor que la longitud de dicho carril. El *Highway Capacity Manual 2010* estima que la mejora está entre el 58% y el 62% del valor del tiempo perdido antes del carril adicional. Lo mismo ocurre con la velocidad media de recorrido: la mejora se estima entre el 8 % y el 11 % de las condiciones antes del carril adicional.

Mediante simulaciones informáticas, Harwood y otros hallaron que:

- La longitud real no debe ser inferior a 0,3 km, para que los vehículos atrapados en una caravana tengan al menos una oportunidad de realizar un adelantamiento.
- Si la longitud real rebasa los 1,6 km, las mejoras de la circulación empiezan a disminuir. Con IMD superiores a 700 vehículos se pueden justificar longitudes superiores.
- La longitud efectiva está comprendida entre 5 km y 13 km, según la longitud real, la intensidad del tráfico, su composición y las posibilidades de adelantamiento más allá del carril adicional.

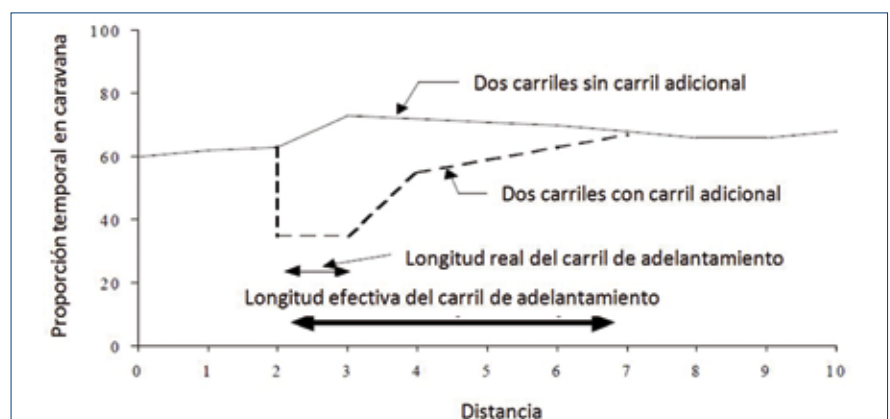


Figura 9. Efecto de un carril adicional en el tiempo perdido en cola

En una ordenación del tráfico "2 + 1" propiamente dicha, la longitud real de los carriles adicionales está comprendida entre 1,0 km y 2,0 km, según el trazado y el emplazamiento de las intersecciones. En la Tabla 2 se consignan la longitud real recomendada de los carriles adicionales con frecuencia baja, y la separación recomendada entre ellos.

Sección transversal

La anchura mínima de la plataforma para que se pueda instalar un carril adicional para el adelantamiento es de 12,20 m.

En los tramos con dos carriles, la anchura de cada carril se reduce de la estándar (3,50 m) a 3,25 m; en cambio, en los tramos con un solo carril, se aumenta (a 3,75 m) si la IMD es inferior a 3000 vehículos, para facilitar el adelantamiento de vehículos aislados.

Las transiciones de los extremos del carril adicional son lineales, y su longitud ha de ser tanto mayor cuanto mayor sea la IMD.

- En la transición de entrada, la cotangente del ángulo que forma el borde del carril con el eje no debe ser mayor de 25.
- En la transición de salida, la cotangente del ángulo que forma el borde del carril con el eje no debe ser menor de 50 - 60; se recomienda que la isleta central obtenida a continuación, que es de anchura uniforme y va cebrada, tenga una longitud mínima de 100 m.

No es necesario que haya bombeo en las alineaciones rectas.

La anchura de los arcenes exteriores no tendría por qué diferir de la empleada en los tramos adyacentes¹² (con sólo dos carriles); pero se puede reducir hasta un mínimo de 0,75 m, si de ello se derivara un ahorro sustancial. En los tramos con un solo carril, para que no queden taponados por un vehículo averiado, hay que disponer una zona despejada (arcén + berma afirmada) cuya anchura mínima sea de 1,75 m. De esta manera, esa parte de la plataforma tendrá una anchura mínima de 5,75 m, suficiente para que pasen dos camiones; por lo que la avería de un vehículo en ella no resultará problemática. En ordenaciones provisionales de larga duración, se puede establecer un carril a contramano en la parte contigua (la de dos carriles).

El pavimento de la mediana o zona comprendida entre los sentidos de circulación es una prolongación de las dos partes de la plataforma a las que separa. Su anchura es de 1,25 m y en ella no se diferencian arcenes. Su interior va cebrado.

Señalización

La seguridad y la comodidad de los carriles adicionales para el adelantamiento se reducirían si no estuvieran correctamente señalizados: en especial, su presencia y su final deben ser avisados con antelación por la señalización vertical; y unas marcas viales de borde de calzada y, en su caso, de separación de carriles reducirán la probabilidad de que un conductor intente circular por un carril reservado al sentido contrario.

- Al principio de un carril adicional, se dispondrá una señal del tipo S-50d (velocidad mínima 70 km/h) en la margen derecha de la plataforma, con un cajetín del tipo S-800 que indique la longitud del carril adicional; y se complementará con una señal del tipo R-502, montada sobre el mismo poste
- Antes de la última sección en la que el carril adicional tiene su anchura completa, se dispondrán en ambos márgenes señales de preaviso del tipo S-52b, una a 400 m y otra a 200 m, con cajetines del tipo S-800 que indiquen esas distancias; a partir de la señal de preaviso a 200 m, se dispondrán sobre el pavimento tres marcas viales de fin de carril, uniformemente espaciadas.

Si la distancia al siguiente carril adicional fuera inferior a 20 km, se recomienda complementar la señalización vertical de aviso previo con un cartel situado a 3 km antes del carril adicional: más de la mitad de los conductores decidirá esperar a adelantar. Además, este aviso previo informa a los conductores de la naturaleza reiterativa de esta ordenación del tráfico.

Intersecciones

Ante todo, hay que recordar que, en las carreteras convencionales de calzada única, la normativa española prohíbe cruzar un carril a partir de una IMD de 5000 vehículos

Los carriles adicionales de baja frecuencia pueden funcionar con seguridad aunque haya algunos accesos e intersecciones de poca importancia, siempre que:

¹¹ Siempre que la demanda en el sentido en el que sólo hay un carril no exceda de la capacidad, que es del orden de 1200 - 1650 veh. lig./h.
¹² Al final del carril adicional, disponer de un amplio arcén pavimentado proporciona una reserva de espacio para los casos de conflicto en la convergencia.

Tabla 2. Recomendaciones de longitud real y separación de carriles adicionales con frecuencia baja. FUENTE: Roadway Design Manual. Texas Department of Transportation, Austin, oct. 2006. <ftp://ftp.dot.state.tx.us/pub/txdot-info/gsd/manuals/rdw.pdf>

Máxima IMD (veh.)		Longitud real recomendada (km)	Separación recomendada (km)
Terreno llano	Terreno ondulado		
< 1950	< 1650	1,3 - 1,8	14 - 18
2800	2350	1,3 - 1,8	6 - 8
3150	2650	1,9 - 2,4	6 - 7
3550	3000	2,4 - 3,2	5,5 - 6,5

- La IMD de la vía no prioritaria no rebase los 100 vehículos.
- La presencia del acceso o intersección sea destacada.
- Los giros a la izquierda desde la vía prioritaria se resuelvan preferentemente mediante vías de giro semidirectas (“cayados”).

Las intersecciones importantes deben situarse en las zonas situadas entre carriles adicionales para sentidos opuestos, y deben estar dotadas de carriles centrales de espera para los giros a la izquierda; al acercarse a ellas se recomienda limitar la velocidad a 70 km/h.

Sistemas de contención de vehículos

La experiencia sueca muestra que, si en el centro de la mediana se dispone una barrera doble de seguridad¹³ con un nivel de contención no inferior al N2 y una anchura de trabajo no superior a W5¹⁴, la siniestralidad se puede reducir entre un 40% y un 55% (víctimas mortales y heridos graves); pero aumentan ligeramente los siniestros con heridos leves o sin víctimas. Además, se impide que se realicen adelantamientos en los tramos de un solo carril. Los conductores no suelen estar acostumbrados a que haya barreras de seguridad en el medio de una carretera convencional de calzada única; así que deben adaptarse a esta nueva situación, y es necesario explicar claramente al público cómo funciona este nuevo tipo de carretera.

Una mediana que no lleve barreras sólo alcanza una reducción de un 25% de la siniestralidad.

11. Seguridad vial

Una investigación reciente desarrollada en Texas [1], empleando el método empírico de Bayes para el análisis de cinco corredores con esta tipología (allí denominada Super 2), encontró una reducción estadísticamente significativa del 35% de los ac-

cidentados con víctimas en los tramos, al comparar con los accidentes esperados sin carriles adicionales para el adelantamiento. La reducción de la siniestralidad fue del 42% al considerar todos los accidentes, tanto en los tramos como en las intersecciones.

Hasta ahora sólo habían sido posibles las investigaciones con metodología de análisis transversal, al no disponer de suficientes años con datos de siniestralidad tras la ejecución de las actuaciones evaluadas [9], por lo que los resultados eran poco concluyentes.

Referencias

[1] BREWER, MARCUS A., VENGLAR, STEVEN P., FITZPATRICK KAY, LIANG DING, AND BYUNG-JUNG PARK (2012). “Super 2 Highways in Texas: Operational and Safety Characteristics”. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No. 2301, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., pp. 46–54. DOI: 10.3141/2301-06

[2] CAMERON, L.J., CENEK, P.D. & WANTY, D.K. (2008). “Passing & Overtaking on New Zealand Two-Lane State Highways: Policy to Practice”. 23rd ARRB Conference Research Partnering with Practitioners, Adelaide, Australia.

[3] CAMPBELL, J.L., RICHARD, C.M., BROWN, J.L., LICHTY, M.G., GRAHAM, J. & O’LAUGHLIN, M. (2010). “Human Factors Guidelines for Road Systems”. Collection C: Chapters 16, 17, 18, 19, 20, 22 (Tutorials 4, 5, 6), 23 (Updated), 24, 25, 26 (Updated). NCHRP Report 600C.

[4] DERR, B.R (2003). “Application of European 2+1 Roadway Designs”. NCHRP Research Results Digest No. 275, Transportation Research Board, Washington, D.C.

[5] HARWOOD, D. W. & C. J. HOBAN (1987). “Low-Cost Methods for Improving Traffic Operations on Two-Lane Roads”. Report No.

FHWA-IP-87-2, Federal Highway Administration, Washington, D.C.

[6] HARWOOD, D.W., HOBAN, C.J. & WARREN, D.L. (1988). “Effective Use of Passing Lanes on Two-Lane Highways”. Transportation Research Record, 1195, 79-91.

[7] MORRALL, J.F. & L. BLIGHT (1984). “Evaluation of Test Passing Lanes on the Trans-Canada Highway in Banff National Park”. Proceedings of International Transport Congress, Roads and Transportation Association of Canada. Vol. 5, Montreal, 23-27 september 1984, pp B63-B93.

[8] MUTABAZI, M.I., RUSSELL, E.R. & STOKES, R.W. (1998). “Drivers’ Attitudes, Understanding and Acceptance of Passing Lanes in Kansas”. Transportation Research Record, 1628, pp. 25-33.

[9] MUTABAZI, M.I., RUSSELL, E.R. & STOKES, R.W. (1999). “Review of the Effectiveness, Location, Design and Safety of Passing Lanes in Kansas”. Report No. K-TRAN: KSU-97-1, Kansas State University, Manhattan, Kansas, EE.UU.

[10] POTTS, I.B. & HARWOOD, D.W. (2004). “Benefits and Design/Location Criteria for Passing Lanes”. Jefferson: Missouri Department of Transportation.

[11] RINDE, E.A. (1977). “Accident Rates vs. Shoulder Width: Two-Lane Roads, Two-Lane Roads with Passing Lanes (CA-DOT-TR-3147-1-77-01)”. Sacramento: California Department of Transportation.

[12] WOOLDRIDGE, M.D., MESSER, C.J., HEARD, B.D., RAGHUPATHY, S., PARHAM, A.H., BREWER, M.A. & LEE, S. (2001). “Design Guidelines for Passing Lanes on Two-Lane Roadways (Super 2) (FHWA/TX-02/4064-1, TTI: 0-4064)”. College Station: Texas Transportation Institute. ❖

¹³ Típicamente de cables. Este tipo de barrera no parece compatible con un tráfico significativo de motociclistas.

¹⁴ Según la Norma UNE-EN 1317.

Reflexiones sobre la implantación del pago por uso en las carreteras españolas

Considerations for implementing a road pricing system in Spain

Grupo de Trabajo 5: Pago por uso, Comité de Financiación
Asociación Técnica de Carreteras

Redactado por: **Bruno de la Fuente** (coordinador)
José María Morera
José Manuel Vassallo

José María Izard
Gonzalo Ortiz
Enrique Soler Salcedo

Resumen

En este artículo se plantea una reflexión sobre la introducción en España del pago por uso en la red viaria y las ventajas que se derivan para completar la red de carreteras y asegurar su mantenimiento.

En los países, como España, donde la infraestructura está en gran parte construida, el esfuerzo inversor y la búsqueda de financiación estable deben centrarse prioritariamente en su conservación y explotación. Por ello, resulta conveniente realizar una reflexión sobre nuevas formas de financiación alternativas a la financiación presupuestaria, que permitan financiar de forma estable, e independiente de los ciclos económicos, la conservación y el mantenimiento de las vías. En este sentido, la aplicación de una tarifa por el uso de la carretera, representa una alternativa que debe ser planteada y analizada con detalle.

La introducción del pago por uso se analiza mediante la aplicación de una tasa, estimada en 0,03 €/km para vehículos ligeros y en 0,09 - 0,14 €/km para vehículos pesados, que se aplicaría a la red de vías de gran capacidad que no está actualmente sujeta a régimen de concesión por peaje y a la red secundaria que pudiera ser alternativa (16 455 km). Aplicando estas tarifas a los últimos tráficos de referencia, los ingresos estimados se situarían entre 5800 y 6800 millones de euros anuales.

Aunque caben otros sistemas, en el artículo se plantea el sistema de cobro basado en un sistema DSRC, similar e interoperable con el implantado en la red de autopistas de peaje. Se estima que la puesta en marcha de este sistema requeriría una inversión de unos 672 millones de euros, con unos gastos anuales de operación de 247 millones de euros.

PALABRAS CLAVES: tarificación, tasa, financiación, carreteras, mantenimiento, costes de infraestructura, costes externos, DSRC.

Abstract

This article proposes to consider the implementation of a road pricing system in Spain and its benefits in order to complete the road network and to ensure its maintenance.

In some countries such as Spain, where the infrastructures are largely built, the investment effort and the search for stable financing should focus primarily on the operation and maintenance of the roads. Therefore it is important to consider new forms of stable funding as an alternative to the budgetary funding and independently of the economic cycles. In this sense, the implementation of a road pricing system is an alternative that must be raised and analyzed in detail.

Payment for the use of roads could be implemented through an estimated rate of 0,03 €/km for light vehicles and from 0,09 - 0,14 €/km for heavy vehicles, to be applied to road networks of high capacity which are not currently subject to toll concession and to alternative secondary networks (16 455 km). With the application of these rates, the estimated annual income range could be from 5800 to 6800 million euros.

Although there are different toll collection systems, this article proposes a DSRC system, similar and interoperable with the toll collection system implemented in the motorway network. This will require an investment of 672 million Euros, being the estimated annual operating expenses of 247 million euros.

KEY WORDS: road pricing, taxes, financing, roads, maintenance, infrastructure costs, external costs, DSRC.

Introducción

La financiación de las carreteras es un factor esencial para su construcción y para su conservación y explotación, por lo que la búsqueda de fuentes de financiación es una preocupación constante para las administraciones de carreteras. En España, la fuente de financiación más importante de las redes viarias ha sido -y sigue siendo en la actualidad- los presupuestos generales de las distintas administraciones públicas. El recurso a la financiación por parte de los usuarios de las vías sólo se aplica en la red de autopistas de peaje concesionadas.

La financiación presupuestaria de las carreteras implica que las administraciones deben consignar los correspondientes presupuestos durante el periodo de construcción y, posteriormente, durante toda su vida útil, deben continuar consignando partidas específicas para su conservación y explotación. A efectos de la sociedad, las carreteras que se financian por la vía presupuestaria no tienen cargo específico para los usuarios de estas vías: es la sociedad en su conjunto la que a través de los ingresos de las administraciones públicas financia las carreteras. A diferencia de la financiación presupuestaria en sus distintas modalidades, la financiación de la construcción y mantenimiento de las autopistas sujetas al régimen de concesión la soportan los usuarios de estas vías.

La financiación presupuestaria está sujeta a la disponibilidad de fondos públicos; por ello, como ha venido ocurriendo en diversas ocasiones a lo largo de la historia, los ciclos económicos adversos suelen caracterizarse por una fuerte restricción de la inversión pública, perjudicando a los presupuestos destinados para las carreteras. En estos últimos años nos encontramos con esta situación, marcada por fuertes restricciones presupuestarias de las

Tabla 1. Situación en Europa de los sistemas de pago por uso en las carreteras

	Peaje en régimen de concesión	Euroviñeta (por distancia)	Viñeta (por tiempo)	Ningún sistema de pago por uso
En operación	<ul style="list-style-type: none"> • España (3.040 km) • Italia • Francia • Portugal • Grecia • Noruega • Irlanda • República Serbia • Croacia • Dinamarca • Eslovenia • Polonia 	<ul style="list-style-type: none"> • Austria (DSRC) • República Checa (DSRC) • Hungría (GNSS) • Eslovaquia (GNSS) • Suiza (tacógrafo + GNSS) • Alemania (GNSS) 	<ul style="list-style-type: none"> • Austria (VL) • República Checa (VL) • Hungría (VL) • Eslovaquia (VL) • Suiza (VL) • Bulgaria • Rumanía • Lituania • UK • Bélgica • Luxemburgo • Países Bajos • Dinamarca • Suecia 	<ul style="list-style-type: none"> • Chipre (257 km) • Estonia (124 km) • Malta (N/A km) • España (11 661 km)
En proyecto		<ul style="list-style-type: none"> • Dinamarca (GNSS) • Países Bajos (GNSS) • Bélgica (GNSS) • Finlandia 	<ul style="list-style-type: none"> • Letonia 	

administraciones, que han afectado singularmente a la creación de infraestructura viaria y a su conservación y explotación.

En los países como España, donde la infraestructura está en gran parte construida, el esfuerzo inversor y la búsqueda de financiación deben centrarse en su conservación y explotación. Hay que destacar que una vez construida la infraestructura, la conservación del patrimonio viario es una necesidad ineludible asociada a su creación. Sin conservación a medio y largo plazo las infraestructuras no pueden desempeñar la función para la que han sido creadas.

Desde hace tiempo diversos organismos nacionales e internacionales han venido estimando las necesidades de conservación de las infraestructuras viarias y han desarrollado diversas metodologías para realizar una estimación de las necesidades de conservación de las redes. Muchas de esas metodologías se basan en aplicar un porcentaje sobre el valor patrimonial de la

red, que oscila entre el 2% que indica el Banco Mundial y el 3% que usan algunos países más desarrollados. A partir de estos datos se estima el deterioro con el paso de los años de cada uno de los elementos que componen una carretera. La estimación del deterioro posee un alto grado de incertidumbre, debido a las múltiples variables que intervienen, entre las que se encuentran: la meteorología, la calidad de los materiales usados para su construcción, los métodos constructivos, el tráfico (tanto su composición como las cargas soportadas por la plataforma), la frecuencia y calidad de los trabajos de conservación y rehabilitación, etc.

La falta persistente de inversión para conservación afecta gravemente al patrimonio viario, con una pérdida de valor que adopta forma exponencial a medio y largo plazo: un euro no invertido en conservación ordinaria se puede transformar en cinco euros de gasto en conservación extraordinaria en medio plazo; y éstos en veinticinco euros de reconstrucción a largo plazo.

Por ello, es esencial allegar nuevas formas de financiación alternativas a la financiación presupuestaria, que permitan financiar de forma estable, e independiente de los ciclos económicos, la conservación y el mantenimiento de las vías. En este sentido, la aplicación de una tarifa por el uso de las carreteras representa una alternativa que debe ser planteada y analizada con detalle.

La implantación del pago por uso en la red requiere un fuerte compromiso político, debido al problema que representa empezar a aplicar una tarifa a tramos de carreteras por los que no se pagaba de forma directa. En la toma de decisión se deben contemplar todos los aspectos (incluyendo el establecimiento de una política de transportes con discriminación de tarifa), pero no se debería olvidar que si no se estabilizan los presupuestos a través de un mecanismo como el pago por uso (o se logra un amplio acuerdo político de larga duración lo que resulta todavía más difícil), las consecuencias pueden ser catastróficas para la red y, a medio y largo plazo, la sociedad en su conjunto sufriría la falta de inversión de diversas formas, como la pérdida de competitividad de la economía, por sobrecostes en los transportes al circular por carreteras en mal estado, o la necesidad de invertir cantidades cada vez más elevadas para restituir las condiciones de la infraestructura, sin olvidar el impacto que una red inadecuadamente mantenida pueda tener en la seguridad vial.

En la actualidad, el pago por uso de las carreteras constituye un mecanismo de financiación de la conservación y del mantenimiento de las vías, que es considerado adecuado y sostenible por muchos de los países de nuestro entorno económico e instituciones de la Unión Europea, como se refleja en la Tabla 1.

El Libro Blanco de Transportes y las diferentes versiones de la co-

nocida como Directiva Euroviñeta (Directiva 1999/62/EC, Directiva 2006/38/CE y Directiva 2011/76/EU) constituyen un marco de referencia para la implantación del pago por uso. Como se observa, España, junto con Chipre, Estonia y Malta, es el único país que no tienen implementado o en proyecto un sistema de pago por uso en sus carreteras, pese a contar con la red de vías de gran capacidad más extensa de Europa.

Las ventajas que, en principio, podrían derivarse de la aplicación de sistemas en el que los ciudadanos pagan por el uso son:

- Garantizaría la generación de ingresos que asegurarían el mantenimiento de las carreteras, sin dejarlo al arbitrio de decisiones presupuestarias/políticas.
- Mejoraría el estado de conservación de la red de carreteras y, por lo tanto, la seguridad.
- Se desarrollaría un uso eficiente de toda la red de carreteras, equiparando costes marginales; por lo que autopistas actualmente infrautilizadas podrían soportar mayor tráfico. Esto también tiene un efecto inducido en la seguridad vial, puesto que se traslada el tráfico de las vías menos seguras a las más seguras.
- Se racionalizaría el uso de las carreteras: actualmente, al ser gratuitas para el conductor, se utilizan de manera indiscriminada (no se atiende a su coste marginal), por lo que existe un mayor deterioro de la vía.
- Se liberarían fondos públicos (los actualmente destinados a la conservación de carreteras) para otras prioridades.
- Permitiría la obtención de recursos de los usuarios extranjeros, que actualmente se benefician de las carreteras sin contribuir a su financiación.
- El sistema de tarificación de España se asimilaría a los países de

nuestro entorno, donde todos tienen implantados sistemas de pago por uso de manera generalizada en sus carreteras.

- Permitiría la internalización de los costes externos del transporte y la gestión de la demanda, mediante políticas de tarificación variable (hora punta/valle, descuentos especiales...).
- Contribuiría a la renovación del parque de vehículos, al imponer menores tarifas a los vehículos menos contaminantes. Esto haría que se adquirieran vehículos nuevos que son a su vez más seguros, por lo que también tendría un impacto positivo en la seguridad vial.
- Incentivaría la reordenación del sector del transporte, actualmente poco competitivo y muy atomizado.

Alcance del pago por uso en España

La introducción del pago por uso de las infraestructuras viarias en España debería ser configurada como una tasa, dado que sería de solicitud obligatoria por parte de los interesados y la oferta no se realizaría por el sector privado. Al ser una tasa, ésta no estaría sujeta a IVA. El hecho imponible consistiría en el aprovechamiento de una infraestructura por parte de los sujetos pasivos, devengándose cuando se lleve a cabo el uso de la infraestructura. Los sujetos pasivos serían las personas físicas o jurídicas que se beneficien del uso de la infraestructura.

En relación con el importe de la tasa, éste se debería establecer tomando como referencia la distancia recorrida, el tipo de vehículo, el tipo de vía, la zona geográfica y el período (valle, punta, llano) del que se tratara. De esta forma, la base imponible de la tasa serían los kilómetros asociados a cada punto de control habilitado de acuerdo con

los criterios que se establecieran en un reglamento específico.

La cuota correspondiente a cada tramo, y a cada clase de vehículo ligero o vehículo pesado de transporte de mercancías por carretera según la categoría de emisiones, se determinaría multiplicando la base imponible del tramo recorrido por el coeficiente de modulación correspondiente a la clase de vehículo y categoría de emisiones, según la tabla que se definiera reglamentariamente.

En relación al ámbito de aplicación, parece razonable que el objeto fuera la red de vías de gran capacidad, que es la que vertebraba el territorio nacional y la que mayor tráfico soporta y, por lo tanto, la que mayor deterioro sufre y donde el transporte genera mayores externalidades. De esta red habría que excluir a las autopistas de peaje, donde ya existe una tarificación, y sumarle las vías secundarias paralelas que pudieran constituir una alternativa a las vías tarificadas.

Según datos del anuario estadístico del Ministerio de Fomento (año 2012), esta red ascendería a 16 455 km, (ver Tabla 2)

Todos los vehículos que utilizan estas vías, y por lo tanto los que deterioran y que producen costes externos, deberían estar sujetos al pago por uso de la carretera.

Aunque la Directiva 2011/76/UE es un marco legislativo que sólo se aplica a los vehículos de más de 3,5 toneladas, deja libertad a los Estados miembros para implantar sistemas de pago por uso a todos los vehículos. En el modelo que aquí se presenta se plantea la tarificación a todos los vehículos de motor autorizados a utilizar vías de gran capacidad.

Las tarifas a aplicar deberían ser proporcionales al deterioro provocado por el vehículo, tanto a las infraestructuras como al medio ambiente, por lo que es posible plantear una tarificación

universal aplicándole a cada categoría de vehículo la tarifa que le correspondiera.

Según el anuario estadístico del Ministerio de Fomento (año 2012), el parque de vehículos nacionales que estaría sujeto a tarificación sería superior a 30 millones, cuyo desglose se recoge en la tabla 3.

A este total habría que sumarle los vehículos extranjeros que circulan por la red tarificada. Se estima que dicho parque de vehículos extranjeros podría ser del orden de 2 000 000 de vehículos. Así, el parque móvil total sujeto a tarificación estaría en torno a 32 000 000 de vehículos.

Para tener una muestra representativa del tráfico a considerar en este estudio, se ha tomado como referencia el tráfico medio de los últimos 6 años (siendo los últimos datos publicados los correspondientes al año 2012).

Así, el tráfico total en la red tarificada sería de 149 030 millones de vehículos, desglosados en 128 060 millones de vehículos ligeros y 20 969 millones de vehículos pesados. Hay que tener en cuenta que los años considerados se corresponderían con años de fuerte recesión económica, por lo que es razonable pensar que en un futuro dichos niveles de tráfico tiendan a aumentar.

En sentido contrario, hay que tener en cuenta que la tarificación de la red actualmente libre de pago puede tener un efecto inducido negativo en el tráfico.

Valoración de la aplicación del pago por uso en España

Para el cálculo de las tarifas se ha seguido la metodología del cálculo propuesta en la directiva europea vigente, que diferencia dos tipos de tarifas: las que se aplican para recuperar el coste de la infraestructura y las que cubren los costes externos.

Las primeras se calculan teniendo en cuenta los costes de cons-

Tabla 2. Longitudes de carreteras a los que se aplicaría el pago por uso

Tipo de vía	km
Autopistas y autovías	11 676
Doble calzada	1633
Paralelas (*)	3146
	16 455

(*) Datos estimados aplicando misma metodología que el Estudio del CICCIP.

Tabla 3. Parque nacional de vehículos (año 2012)

Tipo de vehículo	Unidades
Motocicletas	2 852 297
Turismos	22 247 528
Camiones y furgonetas	4 984 722
Autobuses	61 127
	30 145 674

trucción, suministro, instalación y puesta en marcha, los costes financieros del sistema de gestión y cobro del peaje, y los costes de mantenimiento y reparaciones estructurales, todos ellos diferenciados en función del tipo de vía tarificada.

En relación a los costes externos producidos por la contaminación atmosférica y la contaminación acústica se atenderían fundamentalmente a la categoría de emisiones de los vehículos.

Como se ha comentado, la Directiva 2011/76/UE sólo establece la metodología de cálculo para las tarifas de los vehículos de más de 3,5 toneladas, dejando libertad a cada Estado miembro para fijar las tarifas a vehículos ligeros.

Se podría entender que las tarifas de vehículos ligeros también deberían incluir la recuperación de una parte de los costes de infraestructura, y sería recomendable que recuperasen también los costes externos que generan.

Se estima, por lo tanto, que la tarifa para vehículos ligeros podría situarse en torno a los 0,03 €/km, mientras que en los pesados puede variar entre 0,09 y 0,14 €/km. Dichas

tarifas, tanto las debidas a coste de infraestructura como las correspondientes a los costes externos, están calculadas para el año 2012 y se revisarían periódicamente con el objeto de asegurar la recuperación de los costes.

La directiva permite aplicar descuentos siempre que no se discrimine a los usuarios. Sólo pueden aplicarse a los costes por el uso de la infraestructura, y el máximo descuento que se puede aplicar es de un 13%. Parece razonable que se apliquen descuentos para usuarios frecuentes, o lo que es lo mismo, que este descuento se aplique a los vehículos que acumulen determinados kilómetros recorridos en intervalos de tiempo determinados. Estos descuentos no tendrían por qué aplicarse en todas las vías de la red tarifada.

Aplicando las tarifas descritas en el apartado anterior al tráfico registrado en la red tarifada, los ingresos que se obtendrían estarían en torno a los 5800 - 6800 millones de euros/año.

La evolución de la cifra de ingresos variará a lo largo de los años de acuerdo con dos tendencias antagonistas:

- En sentido creciente, influida por las revisiones periódicas de las tarifas a aplicar, que por lo general serán positivas al ser creciente la tendencia de los costes que deben recuperarse, y por los niveles de tráfico crecientes.
- En sentido decreciente estaría marcada por los vehículos de las clases menos contaminantes, que tendrían asignadas tarifas menores. Con el transcurso del tiempo, el parque de vehículos más contaminantes tendería a reducirse, por lo que los ingresos en concepto de costes externos seguirían esta misma tendencia, pudiendo llegar a reducirse los ingresos hasta cerca de un 50% en el caso de una renovación completa de la flota

de vehículos. Por otra parte, la implantación de la Euroviñeta implicará un uso más selectivo de la carretera, con una significativa reducción de los viajes en vacío, por lo que habría menor tráfico y, en consecuencia, menores ingresos.

En los países en los que se han introducido medidas de este tipo se ha tenido que hacer frente a un determinado nivel de fraude.

Los ingresos obtenidos podrían ser gestionados por organismos, existentes o nuevos, pertenecientes a la administración de carreteras que tenga la competencia sobre la red tarifada.

La directiva recomienda a los Estados miembros destinar los recursos generados por los sistemas de pago por uso a financiar la red de infraestructuras y al propio sector del transporte por carretera. Consideramos que esta recomendación debería adoptarse en el caso español, facilitando así la comprensión y aceptación de esta medida por parte de los afectados.

Los recursos obtenidos deberían utilizarse para el mantenimiento y conservación de la red de carreteras. Incluso, si las circunstancias sociales lo permiten y con un detallado análisis de rentabilidad, se podría estudiar la posibilidad de concesionar al sector privado los tramos de vías de gran capacidad que precisen importantes inversiones de ampliación y mejora.

Igualmente, es muy importante tener en cuenta que se deben negociar y acordar con el sector del transporte las medidas precisas para hacer que el impacto del pago por uso de las carreteras sea lo más neutro posible, haciendo especial hincapié al traslado del coste al usuario final. Además, sería recomendable un análisis previo de la fiscalidad de los distintos modos de transporte y que se homogeneicen criterios para no discriminar ningún modo en beneficio de otro.

Descripción de un posible sistema de pago

El pago de la tasa se podría realizar, entre otros sistemas, mediante un dispositivo a bordo (denominado OBU) con tecnología DSRC (comunicaciones dedicadas de corto alcance). Dicha tecnología es altamente fiable y está en uso en multitud de países y en las autopistas de peaje españolas (VIA-T) y está reconocida por la Directiva 2004/52/CE.

Dicho OBU, que está asociado al vehículo, permitiría conocer la distancia recorrida mediante comunicaciones DSRC con los equipos instalados en la vía (pórticos) y contendría la información necesaria para identificar al vehículo y el medio de pago asociado al que cargar la tasa correspondiente.

El OBU se colocaría en el parabrisas del vehículo y el usuario podría circular libremente en un entorno de libre flujo (*free-flow*) por la red tarifada, realizándose los cargos de manera automática.

Los emisores grabarían en los OBUs la información necesaria facilitada por el usuario¹, distribuirían los dispositivos y asumirían el riesgo de impago del cliente, servicios por los que cobrarían una comisión que se acordaría con el operador del sistema.

El sistema debería ser multi-emisor, de manera que habría varios emisores de OBUs en el mercado, que competirían entre ellos para ofrecer el servicio a los ciudadanos. En este sentido, dada la experiencia en el entorno de autopistas de peaje, se espera que proliferen las ofertas de manera que el OBU se comercialice a un precio muy bajo al usuario o incluso de forma gratuita, situación muy probable teniendo en cuenta que el negocio

¹ Los datos que se graben en el OBU deberían permitir la correcta clasificación del vehículo para determinar fehacientemente la tarifa a aplicar.

Tabla 4. Cantidades en euros						
Item	Cantidad	Coste unitario	Coste total	Gasto anual en infraestructura		
				Mantenimiento	Reposición	Gasto anual
Backoffice	1	20 000.000	20 000 000	12,00%	2,00%	2 800 000
Pórticos enforcement + DSRC+ clasificación	1174	475 000	557 469 702	12,00%	4,00%	89 195 152
Equipos móviles	344	112 800	38 768 129	12,00%	7,00%	7 365 945
Subvención OBUs (1)	5 000 000	5	25 000 000			
Puntos de alquiler y devolución (2)	50	20 000	1 000 000	12,00%	2,00%	140 000
Gestión de proyecto	1	10 000 000	10 000 000			
Infraestructura de explotación	1	20 000 000	20 000 000			
TOTAL			672 237 831			
GASTO anual infraestructura						99 501 097
GASTO de personal						
Costes de personal equipos móviles	2750	30 000				82 500 000
Costes de personal de operación	800	25 000				20 000 000
Costes de personal de gestión y soporte	110	45 000				4 950 000
Gastos generales operación, gestión y soporte				20,00%		4 990 000
Gastos comisiones por impago	6 000 000 000			0,60%		36 000 000
GASTO ANUAL DE EXPLOTACIÓN						247 941 097

(1) subvenciones sólo ofrecidas a colectivos desfavorecidos.
(2) En zonas fronterizas (puertos, carreteras y principales aeropuertos).

del emisor se centra en el cobro de las comisiones y en el volumen de tránsitos. A este respecto, también es preciso tener en cuenta que el coste del OBU es hoy en día aproximadamente de 9 euros (aunque se comercializan más caros) para un parque actual de OBUs en España que es de 2,5 millones de unidades. Teniendo en cuenta que la tarificación de la red podría extenderse a cerca de 30 millones de vehículos, se prevén economías de escala que rebajen significativamente el coste del dispositivo.

Para reforzar la penetración de los OBUs podría plantearse, si fuera preciso, destinar una parte de los ingresos generados por la tasa de uso de infraestructuras a subvencionar la adquisición de los dispositivos a colectivos más desfavorecidos.

El método de cobro asociado a los dispositivos DSRC más común es el denominado post-pago: el cobro se realiza con posterioridad al consumo del servicio. Para esto es necesario que el usuario asocie al OBU una cuenta o una tarjeta. Los métodos post-pago llevan ya funcionando desde hace años en los sistemas de pago electrónico de peajes, siendo el ejemplo más típico los OBU emitidos por las entidades bancarias, que desde el punto de vista del medio de pago funcionan análogamente a una tarjeta de crédito.

Para no obligar a los ciudadanos a tener que dar los datos de una cuenta, cabe la posibilidad de implementar también un sistema pre-pago donde el usuario "cargaría" su OBU con un saldo determinado que

iría consumiendo según vaya circulando por la red tarificada.

Este sistema de cobro podría ser el mismo para todos los usuarios del sistema, independientemente de su nacionalidad o de la intensidad de uso que de ello se haga.

El sistema es totalmente compatible con las especificaciones del Servicio Europeo de Telepeaje definido en la Directiva 20014/52/CE; por lo que un usuario extranjero con un OBU que cumpla con dichas especificaciones podría perfectamente efectuar el pago de la tasa en España con dicho equipo, siempre que su emisor estuviese aceptado por el operador del sistema.

Para atender a los usuarios extranjeros que no dispongan de ese dispositivo, se podría implantar un procedimiento para que pudiesen

alquilar temporalmente OBUs en modo prepago de manera cómoda en distintos puntos de distribución en las zonas fronterizas, o mediante un sistema de contratación anticipada, utilizando Internet o aplicaciones para móviles, reservar el OBU de prepago en el punto más adecuado o incluso recibirlo en el domicilio del usuario antes de emprender el viaje.

El modelo de pago por uso debería ser común en la totalidad del territorio nacional, para facilitar su entendimiento al usuario y evitar distorsiones regionales y agravios comparativos.

Dado que en España existen varias Administraciones públicas con competencias en materia de redes viarias, se podría proponer la formación de un consorcio para definir y acordar el modelo. En este sentido, cabe mencionar el caso de Bélgica donde se está planteando la introducción de un sistema de pago por uso para camiones de más de 3,5 t, y donde las tres regiones (Bruselas, Flandes y Valonia) han llegado a un acuerdo para el uso de un sistema único.

En el art. 6.5 de la Ley 30/1992, de 26 de noviembre, de régimen jurídico de las administraciones públicas y del procedimiento administrativo común (LPAC) se recoge que cuando la gestión del convenio haga necesario crear una organización común, ésta podrá adoptar la forma de consorcio dotado de personalidad jurídica o sociedad mercantil. Los estatutos del consorcio determinarán sus fines y las particularidades del régimen orgánico, funcional y financiero.

Una vez definido el modelo operativo único, debería plantearse cómo financiarlo y gestionarlo, bien por un ente público o por el sector privado.

Inversiones y costes de operación

Se ha estimado que poner en marcha un sistema de estas caracte-

terísticas podría tener un coste cercano a los 672 millones de euros. La partida más relevante sería la dotación de los 1174 pódicos que se estiman necesarios para cubrir la red a tarificar.

Se ha estimado que operar el sistema tendría unos costes anuales de operación de 247 millones de euros. La partida más relevante sería el mantenimiento y reposición de los pódicos, que se estiman en casi 90 millones anuales.

Conclusión

España es, junto a Chipre, Malta y Estonia, el único país europeo que no tiene un sistema de pago por uso de las carreteras generalizado en operación o en proyecto.

El deterioro de la red de carreteras es un reflejo de la falta de inversión pública y de la estabilidad de los recursos, por lo que se hace cada vez más urgente encontrar medidas de financiación alternativas a la inversión presupuestaria.

En este sentido, la implantación del pago por uso es una medida efectiva y, como se ha mostrado en este informe, factible si existe un adecuado compromiso político. Esta medida proporcionaría una fuente recurrente de ingresos, estimados entre 5800 y 6800 millones de euros anuales, que permitiría solventar el déficit de mantenimiento existente y asegurar una red de infraestructuras de calidad.

Bibliografía

[1] DIARIO OFICIAL DE LA UNIÓN EUROPEA (2011). "Directiva 2011/76/UE del PE y el CE de 27 de septiembre de 2011 por la que se modifica la Directiva 1999/62/CE relativa a la aplicación de gravámenes a los vehículos pesados de transporte de mercancías por la utilización de determinadas infraestructuras".

[2] BOE 112 (2014). "Real Decreto 286/2014, de 25 de abril, por el que se establecen los criterios para la determinación de los peajes a aplicar a determinados vehículos de transporte de mercancías en autopistas en régimen de concesión de la Red de Carreteras del Estado".

[3] ASETA (2011). "La Euroviñeta: claves para la introducción del pago por uso en España".

[4] CICCIP (2010) "Tarificación de Infraestructuras de Transporte en la UE". Adecuación del Sistema Español y su Aplicación en la Red Viaria (Diciembre 2006 y Actualización 2010).

[5] CEDEX, UNIVERSIDAD DE MADRID Y UNIVERSIDAD BARCELONA (2011). "Proyecto META". Modelo Español de Tarificación de Carreteras.

[6] BEI Y FUNDACIÓN ABERTIS (2009). "Efectos de la aplicación de una política de tarificación de infraestructuras a los vehículos pesados".

[7] CÁMARA DE COMERCIO DE BARCELONA (2008). "El sistema de peatges a Catalunya". Anàlisi i evaluació d'estratègies.

[8] ASETA (2012). "La implantación de peajes en la red de autovías españolas".

[9] DIRECTORATE GENERAL FOR INFRASTRUCTURES, TRANSPORT AND THE SEA (2009). "Partnership contract concerning the national HGV eco-tax and the Alsace experimental tax". Nota de presentación.

[10] MINISTERIO DE FOMENTO (2009). "Encuesta Permanente del Transporte de Mercancías por Carretera (EPTMC)".

[11] MINISTERIO DE FOMENTO (2012). "Anuario estadístico".

[12] COMISIÓN EUROPEA (2011). "Libro Blanco del Transporte". Hoja de ruta hacia un espacio único europeo de transporte: por una política de transportes competitiva y sostenible. ❖

Hacia la integración gráfica de los sistemas de gestión de explotación de carreteras

Antonio M. Martínez Menchón

*Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos del Estado
Demarcación de Carreteras del Estado en Murcia
Servicio de Conservación y Explotación*

Daniel Caballero Quirantes

*Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos del Estado
Demarcación de Carreteras del Estado en Murcia
Servicio de Conservación y Explotación*

Juan José Montijano Garzón

*Consultor especialista en inventarios de carreteras y
Sistemas de Información Geográfica*

La mayoría de los organismos públicos que gestionan bases de datos geográficas, tanto a nivel estatal (Confederaciones Hidrográficas, Mancomunidad de los Canales del Taibilla, Catastro, etc.), como aquellos pertenecientes a comunidades autónomas, ofrecen en la actualidad servicios WEB que consisten fundamentalmente en la gestión gráfica de capas de información a través de un visualizador de mapas con el fin de facilitar el acceso a las bases de datos, especialmente en lo que se refiere a políticas de medio ambiente o actuaciones que puedan incidir en él, tal y como se recoge en la directiva INSPIRE (2007) y su transposición al ordenamiento jurídico español, la LISIGE (2010), que establecen el marco legal para la creación de infraestructuras de información geográfica (IDE).

La información que gestionan los Servicios de Conservación y Explotación de las Demarcaciones de

Carreteras es cada vez mayor tanto en cantidad como en variedad, motivado en gran parte por los datos que suministran los inventarios de los sistemas de gestión y las mejoras tecnológicas que se están produciendo día a día en este sector de la construcción, muchas de ellas incorporadas en los pliegos de prescripciones técnicas particulares de los contratos de conservación integral del Ministerio de Fomento.

La Demarcación de Carreteras del Estado en Murcia utiliza SIGex como herramienta de integración geográfica de los diferentes sistemas de gestión de explotación de carreteras.

Apostar por este tipo de herramientas permite ofrecer información general al usuario de la carretera y, lo que es más importante, constituye un entorno de trabajo común para el personal propio de la Administración y empresas de conservación integral.

1. Clasificación de los sistemas de gestión

En el esquema que se adjunta en la Figura 1, se han estructurado las actividades de explotación en los cuatro grandes bloques que define el Reglamento General de Carreteras, y se han diferenciado por colores las herramientas de apoyo a la gestión que dependen de los servicios centrales del Ministerio o de las Demarcaciones.

Cada una de estas herramientas de apoyo a la explotación genera una gran cantidad de información, bases de datos y archivos gráficos, que muchas veces se alojan en plataformas WEB, otros en soporte informático tipo CD o memoria USB y a otros se accede únicamente a través de equipos informáticos ubicados en los centros de conservación, de modo que no existe ningún tipo de integración entre ellos, siendo muy difícil en muchos casos la consulta, el procesamiento y el filtrado de los datos.

que sea capaz de mostrar toda la información existente en cualquier tramo de la red de carreteras mediante un sencillo proceso de activación o desactivación de capas gráficas.

De esta manera se podrán relacionar, por ejemplo, los accidentes acaecidos con las características geométricas de la vía, los planes urbanísticos con los mapas de ruido y el catastro, las propuestas de actuación en firmes con los datos de auscultaciones, co-

nocer la acumulación de elementos del inventario en un radio de acción dado o la acumulación de deterioros superficiales de los firmes.

Para facilitar la visualización de los datos representados en los mapas es necesaria una selección de la información que se quiere mostrar en función del nivel de zoom. A pequeñas escalas interesa representar los valores de forma agrupada según una tolerancia (concentración).

Por el contrario para grandes escalas nos interesa posicionar los elementos longitudinal y transversalmente con precisión.

En la Figura 3 se muestra la representación en SIGex a diferentes escalas de un elemento del inventario con multitud de registros, como es el caso de la señalización vertical, cuyas cuantías por sectores se resumen en la Tabla 1:

A escala 1:400 000 se visualiza a nivel de toda la Región de Murcia la concentración de señales; en la capa base se han activado los términos municipales, la RCE en Murcia y los sectores de conservación integral. Realizando el encuadre marcado se obtiene el siguiente salto de escala, 1:50 000, en el que se densifica la toponimia y los contornos de poblaciones. A la escala 1:6000, aparece la planimetría de un tramo de autovía entre dos enlaces. En la escala 1:2000 se representan los iconos de las señales con su ubicación y su orientación, aspectos esenciales para este tipo de elementos del inventario. Finalmente, en la escala 1:500 se superpone la ortofotografía del año 2009, permitiendo incluso el replanteo de cualquier elemento.

El acceso directo a los datos representados en las capas que están activas debe ser directo pinchando en pantalla. De esta manera se pueden consultar cualquier campo del registro de la base de datos.

2.3. Geoposicionamiento y representación con formas topológicas.

La asignación de coordenadas a cualquier registro de una base de datos es el primer paso para poder gestionar la información de forma gráfica sobre los mapas. Las tres formas posibles para geoposicionar son las siguientes:

- Asignación de coordenadas en campo con el empleo de GPS.
- Asignación de coordenadas en gabinete mediante digitalización

Sector	MU - 01	MU - 02	MU - 03	MU - 04	TOTAL
Numero de elementos	4832	5057	2888	5072	17 849

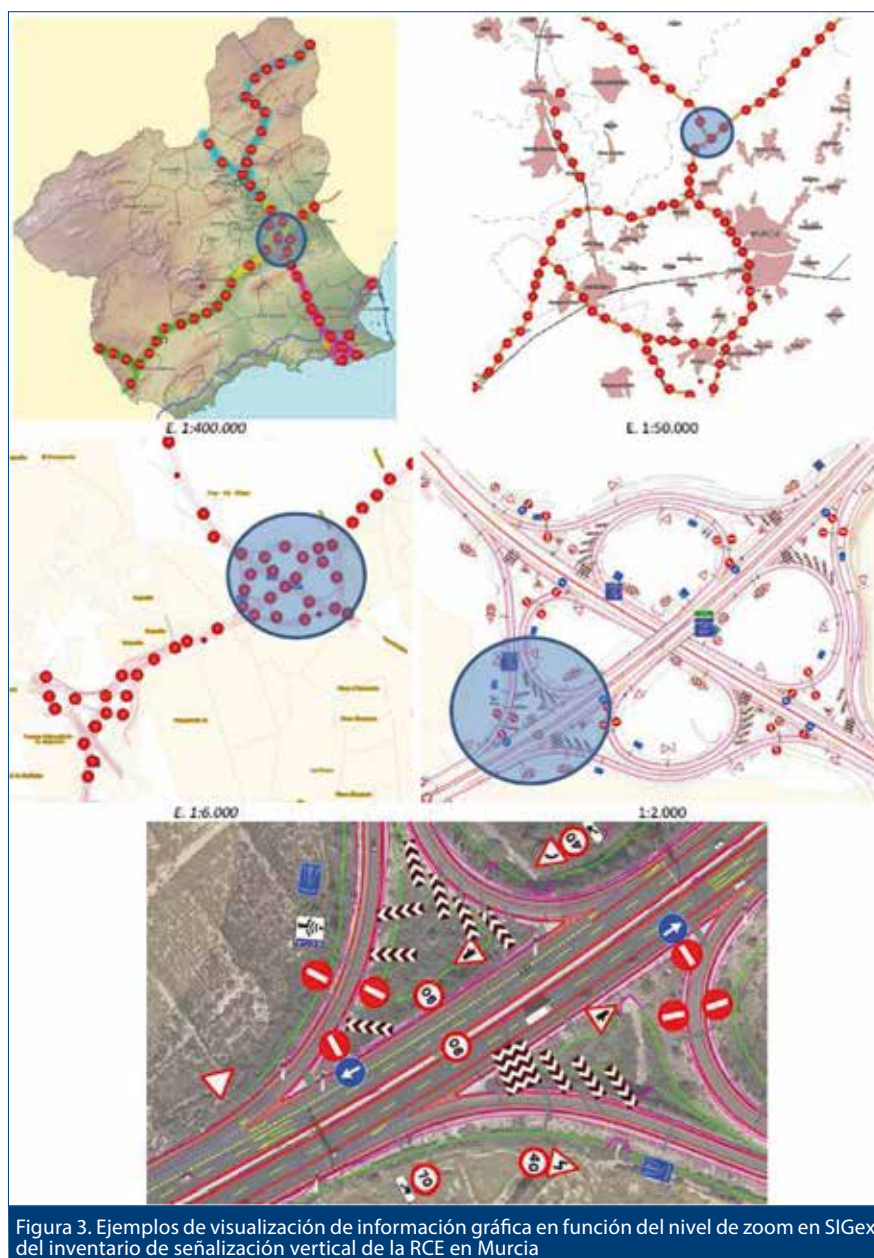


Figura 3. Ejemplos de visualización de información gráfica en función del nivel de zoom en SIGex del inventario de señalización vertical de la RCE en Murcia



Figura 4. Representación gráfica del inventario de bajantes en un enlace empleando elementos lineales



Figura 5. Representación gráfica del inventario de taludes empleando elementos superficiales tipo polilínea cerrada para delimitar el perímetro

gráfica sobre cartografía base u ortofotomapas.

- c) Asignación de coordenadas a partir del punto kilométrico, hectométrico y distancia del borde de la calzada de la carretera. Esta forma es la que menos precisión ofrece puesto que requiere el disponer de una base de datos de puntos kilométricos y hectómetros con suficiente precisión. En caso de rekilometraciones de carreteras también genera problemas y modificaciones en la base de datos.

En este proceso es esencial tener en cuenta la topología espacial de la información que se quiere representar. Podemos tener elementos de carácter puntual, definido a partir de sus coordenadas, como puede ser el inventario de señales, las autorizaciones concedidas, los accidentes o los valores de un determinado parámetro de auscultación del firme, como el CRT.

Existen registros de bases de datos que tienen topología lineal, definido a partir de las coordenadas de los puntos que definen dicha línea, como pudiera ser el inventario de elementos de contención, cunetas o juntas de dilatación (Figura 4).

También hay que considerar que algunos de los elementos lineales pueden tener sentido, como es el caso de las cunetas.

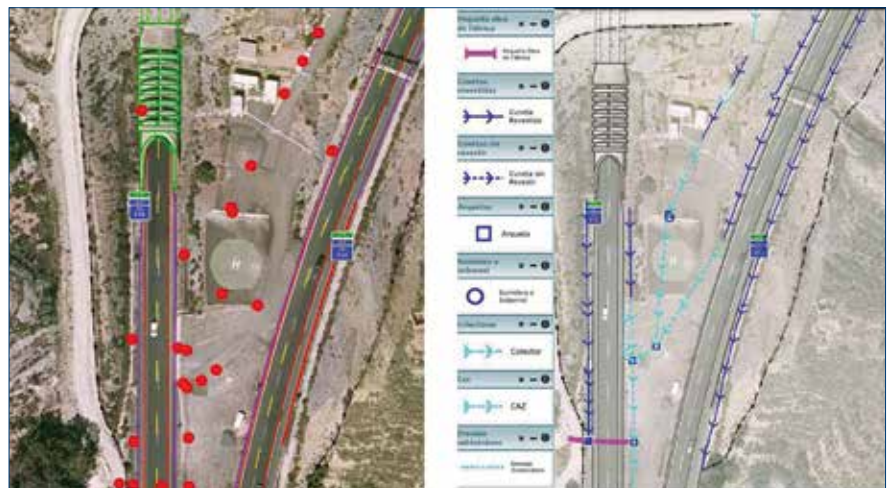


Figura 6. Comparativa de representación gráfica del inventario de drenaje empleando elementos puntos con coordenadas (izquierda) y elementos con topología espacial (derecha), que es similar al de un plano de planta de drenaje



Figura 7. Interfaz de usuario de SIGex

Finalmente está el caso de los elementos que tienen extensión superficial, definidos por una poligonal cerrada, como son el perímetro de los puentes, zonas a segar o los taludes (Figura 5).

En la Figura 6 se muestra una comparativa de representación gráfica del inventario de elementos de drenaje de la explanada Sur del Túnel de Lorca (Murcia) mediante el

empleo de puntos posicionados con GPS (izquierda) y el empleo de las siguientes topología espaciales sobre SIGex:

- Arquetas, sumideros e imbornales: puntual
- Cunetas, caz, colector y drenes: lineal
- Pequeña obra de fábrica: superficial

3. SIGex como herramienta integradora

Desde 2012 se viene empleando la plataforma SIGex (Sistema de Información Geográfica de Explotación de Carreteras) como herramienta gráfica integradora de los diferentes sistemas de gestión en la Demarcación de Carreteras del Estado en Murcia.

La aplicación se encuentra alojada en la página oficial de la Demarcación (www.rcemurcia.com), siendo recomendable su visualización con los exploradores Mozilla Firefox o Google Chrome.

El interfaz de usuario tiene tres zonas claramente diferenciadas (Figura 7):

- Menú de opciones en la izquierda, en la que se han incluido todas las herramientas para gestionar capas, localización de tramos de carretera, dibujo y edición e impresión de planos.
- Ventana gráfica central en la que se representan las capas temáticas, con indicación de la escala.
- Menú de gestión de capas activas, en la que se pueden ordenar, desactivar y obtener información y leyendas de las mismas.

Las principales utilidades de la aplicación son:

1. Posicionamiento geográfico de cualquier punto de la red, a partir de su p.k. o de las coordenadas UTM.
2. Consulta gráfica de mapas temáticos sobre cualquier base geográfica: cartografía, ortofotomapas, fotografías de satélite, etc.
3. Representación selectiva de bases de datos en función del nivel de escala de la ventana gráfica.
4. Medición gráfica de elementos lineales o superficiales.
5. Edición, etiquetado y rotulación de planos: dibujar puntos, líneas y polígonos; imprimir planos con un cajetín normalizado.

En la Tabla 2 se desglosan los metadatos integrados en SIGex a fecha de julio de 2014.

Tabla 2 - Metadatos integrados en SIGex

Grupo	Capas	Sistema de gestión	Topología espacial datos
Uso y defensa	Autorizaciones	COEX	Puntual
	Sancionadores	COEX	Puntual
	Publicidad	COEX	Puntual
	Expropiaciones	PPO	Superficial
	Líneas de protección	COEX	Lineal
	Cesiones de travesías	COEX	Lineal
	Titularidad de enlaces	CORA	Superficial
Inventario de elementos de la GSM	Señales verticales	COEX, InCa	Puntual
	Juntas de dilatación	COEX, SGP	Lineal
	Carteles	COEX	Puntual
	Cuneta revestida	COEX	Lineal
	Cuneta sin revestir	COEX	Lineal
	Talud	COEX	Superficial
	etc.		
Sistema de gestión de firmes	Auscultaciones (CRT, deflexiones, etc.)	Dirección Técnica	Puntual
	Inspecciones visuales	COEX	Puntual
Sistema de gestión de puentes	Inventario SG	SGConservación	Superficial
	Inspecciones principales	SGConservación	Puntual
	Inspecciones básicas	COEX	Puntual
	Inspecciones especiales	SGConservación	Puntual
Seguridad vial	Accidentes	Arena	Lineal
	Tramos de alta siniestralidad	SGExplot. y Gest. R.	Lineal
	IP, IM	SGExplot. y Gest. R.	Superficial
Tráfico	Cámaras	COEX	Imagen
	Estaciones de aforo	SGExplot. y Gest. R.	Puntual
	IMD	SGExplot. y Gest. R.	Lineal
Inventario de características geométricas	Radios de curvaturas	SGExplot. y Gest. R.	Puntual
	Peraltes	SGExplot. y Gest. R.	Puntual
	Pendientes	SGExplot. y Gest. R.	Puntual
	Secciones características	SGExplot. y Gest. R.	Puntual
	Fotografías	SGExplot. y Gest. R.	Puntual
Instrumentos de toma de decisiones	Agenda de estado	COEX	Puntual
	Deterioros de vialidad	COEX	Puntual
	Tele-ruta	SGExplot. y Gest. R.	Puntual
	Estaciones meteorológicas	COEX	Puntual
	Seguimiento de flotas por GPS	COEX	Puntual
Gestión de propuestas de actuación	Actuaciones propuestas	COEX	Puntual, lineal o superficial
	Actuaciones aceptadas	COEX	Puntual, lineal o superficial
	Actuaciones puestas en servicio	COEX	Puntual, lineal o superficial

4. Requerimientos técnicos para su implantación

SIGex está desarrollado utilizando tecnologías libres: Postgres (y Postgis) para la base de datos, Mapserver como servidor de mapas y OpenLayers para la visualización de los mapas en interfaz web, no requiriendo por tanto el pago de licencias de uso.

El servidor en el que se encuentra alojado dispone de la siguiente configuración:

- Procesador Intel Xeon 4 núcleos (8 threads).
- Memoria RAM 64 GB.
- Disco duro 2x 2TB.
- Ancho de banda garantizado 500 Mb.

En este servidor además de SIGex están alojados, en distintas máquinas virtuales, otros servicios de la Demarcación de Carreteras del Estado en Murcia: SIGUDA, GESPRO, etc., así como la propia página WEB.

La implantación de SIGex dependerá del resto de aplicaciones con las que se pretenda conectar, al ser un visualizador de mapas procedentes de diferentes bases de datos e inventarios. Como mínimo, es indispensable disponer de una cartografía base homogeneizada en capas a una escala recomendada 1:1000, para conseguir un zoom máximo 1:250, que da una buena precisión de posicionamiento geográfico, y una base de datos de coordenadas de puntos kilométricos de la red. A partir de estos elementos pueden ir implantándose el resto de funcionalidades de la aplicación.

Algunas de las capas de metadatos pueden incorporarse de forma casi automática (con una carga de trabajo muy baja) como son: inventario de características geométricas (radios, peraltes, pendientes, fotografías), relieve, hidrografía, medioambiente, etc. Otras capas requieren un tratamiento informático

más laborioso, sobre todo si se trata de información en tiempo real como son el posicionamiento GPS, las estaciones meteorológicas, etc.

5. SIGex sobre dispositivos Tablet

La utilización de dispositivos tableta está totalmente extendida como herramienta de navegación y posicionamiento por GPS en nuestra vida cotidiana. Desde hace tres años se vienen empleando en la Demarcación de Carreteras del Estado en Murcia para la toma de datos de campo del inventario de elementos (TEREX GSM), tanto en la fase de inventario como en las inspecciones para los reconocimientos de estado.

Existe una versión optimizada de SIGex para tableta, permitiendo su utilización como herramienta de consulta en el día a día del trabajo de campo en carretera, ya que con posicionamiento GPS activado permite



Figura 8. Representación del inventario de inspecciones visuales de firmes, incluyendo el indicador de estado, obtenido a partir de la naturaleza del deterioro, tráfico y prioridad



Figura 9. Consulta gráfica sobre SIGex de una estructura del SGP, reflejando documentación gráfica y su posicionamiento sobre la cartografía

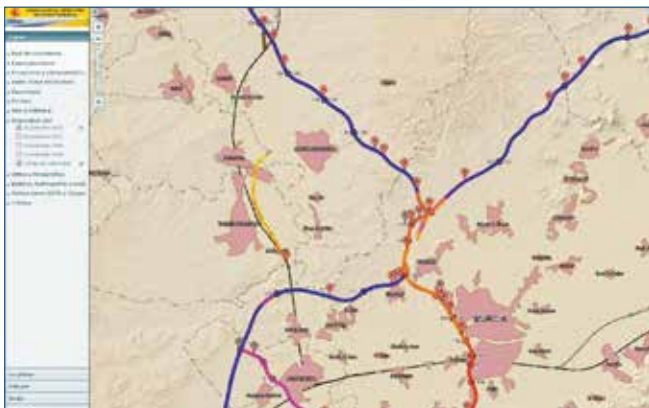


Figura 10. Superposición de la capa límite de velocidad legal señalizada y los accidentes con víctimas del año 2012



Figura 11. Consulta gráfica sobre SIGex de una banderola de señalización, en el que se muestra la ficha del elemento y su posición y orientación sobre la cartografía



Figura 12. Aspecto de la versión tableta de SIGex



Figura 13. Aspecto de la pantalla de preinspección de señalización vertical sobre tableta de SIGex

localizar con precisión cualquier elemento gráfico: señal, bajante, deterioro de firme, tramo de CRT, etc.

En la campaña de inspecciones nocturnas de señalización vertical correspondiente al año 2014, esta herramienta ha sido muy útil a las empresas de conservación integral para preseleccionar en campo las señales que no disponían de suficiente retroreflexión, facilitando la programación anual de sustitución de señales (Figura 13).

6. Conclusiones

La Demarcación de Carreteras del Estado en Murcia ha desarrollado SIGex con el fin de disponer gráficamente de toda la información sobre el estado de la carretera y sus elementos de una forma accesible e integrada. De este modo se facilita la localización de puntos, tramos o áreas en los que se concentra cierta información, permitiendo tomar decisiones de forma más eficaz, optimizando la asignación de recursos y facilitando la programación de operaciones de conservación. El objetivo último de esta herramienta debe ser la mejora de la seguridad vial de la carretera.

SIGex está desarrollado mediante la personalización de software libre (base de datos, servidor y visualizador de mapas), que no requiere licencias. Esta premisa ha estado siempre presente durante la elaboración de la aplicación, con el fin de

que esté disponible para todas las Demarcaciones de Carreteras del Estado y para todas las empresas de conservación integral de carreteras que tienen contratos con el Ministerio de Fomento.

Además, permite la posibilidad de que el Ministerio de Fomento ofrezca como titular de la infraestructura, de forma selectiva, información gestionada por la Dirección General de Carreteras a usuarios externos, a través de plataformas de datos espaciales. Tal puede ser el caso de cartografía que sirva de base para la elaboración de estudios o anteproyectos, avisos de Teleruta mostrando las afecciones de obras de construcción o conservación sobre el tráfico, zonas de dominio público, servidumbre, afección y línea límite de edificación disponible para la elaboración de planes urbanísticos, etc.

En definitiva, el objetivo de la aplicación es dotar de una mayor utilidad práctica al conjunto de la información que disponen los Servicios de Conservación y Explotación de las Demarcaciones de Carreteras, tanto para el propio órgano gestor como para las empresas de conservación integral, de modo que redunde en una mejora de los servicios prestados a los usuarios de la carretera.

7. Bibliografía

[1] Real Decreto 1812/94, de 2 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento General de Carreteras.

[2] MINISTERIO DE FOMENTO. "Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares de los contratos de servicios de asistencia técnica para la ejecución de diversas operaciones de conservación y explotación... Anejo nº 2 (Instrucciones para programación, seguimiento e información)"

[3] MINISTERIO DE FOMENTO (1996) "Sistema de gestión de las actividades de conservación ordinaria y ayuda a la vialidad GSM". Centro de Publicaciones del Ministerio de Fomento.

[4] MINISTERIO DE FOMENTO (2010). "Inventario de Características Geográficas". Dirección General de Carreteras.

[5] VARIOS (2011). "Jornada Técnica sobre el estado actual de los sistemas de información geográfica. Aplicación a la ingeniería civil". Madrid ATC.

[6] PLATAFORMA WEB DE GESTIÓN de la Demarcación de Carreteras del Estado en Murcia (Ministerio de Fomento). <http://www.rcemurcia.com>

[7] DIRECTIVA INSPIRE (2007). "Directiva 2007/2/CE del parlamento europeo y del consejo de 14 de marzo de 2007 por la que se establece una infraestructura de información espacial en la Comunidad Europea".

[8] Ley 14/2010, de 5 de julio, sobre las infraestructuras y los servicios de información geográfica en España.

[9] IDE de la Región de Murcia (Cartomur). <http://www.iderm.es>. ❖

La auscultación de pavimentos a nivel de red y su importancia en la gestión de carreteras

José David Rodríguez Morera

Auditor Técnico

Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)
LanammeUCR, Universidad de Costa Rica

La auscultación es una actividad fundamental en la gestión de los pavimentos, especialmente cuando se trata de redes viales extensas donde se necesita conocer el estado de las estructuras del pavimento.

Las evaluaciones de los pavimentos permiten, además de conocer su estado, la planificación de las inversiones que se necesitan para mejorar la condición de los pavimentos o mantenerla cuando ésta es buena.

A través de las modernas herramientas disponibles actualmente, se puede conocer la capacidad de las capas del pavimento para soportar cargas vehiculares, las características superficiales relacionadas con la seguridad que provee la carretera a sus usuarios, e incluso la regularidad superficial de la vía que puede impactar en los gastos de operación en la ruta.

Uno de los aspectos más importantes en la evaluación de pavimentos es definir la intención en el uso de la información a recabar. Si la necesidad de información es para monitorear las redes viales, el número de mediciones por unidad de longitud será menor que si la evaluación se realiza con la intención de conocer el estado del pavimento a nivel de proyecto, en el que será preciso conocer detalladamente las propiedades del pavimento para

utilizarlo como insumo para la recepción de una obra o para el diseño detallado de una rehabilitación de la vía.

La información que se genera a partir de las evaluaciones de los pavimentos se convierte en el corazón de la gestión de éstos. Esta información, que generalmente se presenta en forma espacial o georreferenciada, también puede ser utilizada para la rendición de cuentas a los usuarios, autoridades y partes interesadas, tal como sucede en el modelo de fiscalización de obras viales desarrollado en Costa Rica por parte del Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica (LanammeUCR).

El presente artículo trata de destacar la importancia de la auscultación de los pavimentos a nivel de red, ejemplificado con el caso de las evaluaciones bienales que realiza el Programa de Infraestructura del Transporte del LanammeUCR en Costa Rica.

1. La evaluación de los pavimentos

En la actualidad existe una amplia oferta de equipos para poder realizar auscultaciones y evaluaciones de los pavimentos. Esto permite que las mediciones sean cada vez de mejor ca-

lidad y se puedan cubrir redes viales extensas de forma eficiente

Además de poder medir y determinar la condición del pavimento, la información generada por las evaluaciones es importante porque permite la construcción de índices de condición de pavimento que facilitan la comprensión del estado de las carreteras.

A continuación se describen los principales tipos de evaluaciones de los pavimentos.

1.1. Capacidad estructural

Las deflexiones sufridas por la estructura del pavimento, ante la carga que representa el peso de los vehículos, se relacionan con deterioros tales como agrietamiento y deformaciones permanentes (roderas por ejemplo).

El deflectómetro de impacto, conocido como *Falling Weight Deflectometer* (FWD) (Figura 1), es un equipo de alta tecnología que mide el hundimiento o deflexión instantánea que experimenta el pavimento en un punto, debido al golpe de un peso lanzado desde un mecanismo diseñado específicamente con este propósito, de tal manera que produzca una fuerza de reacción en el pavimento de 40 KN (566 MPa). Esta carga cae sobre un plato circular cuya



Figura 1. Deflectómetro de impacto del LanammeUCR [4]

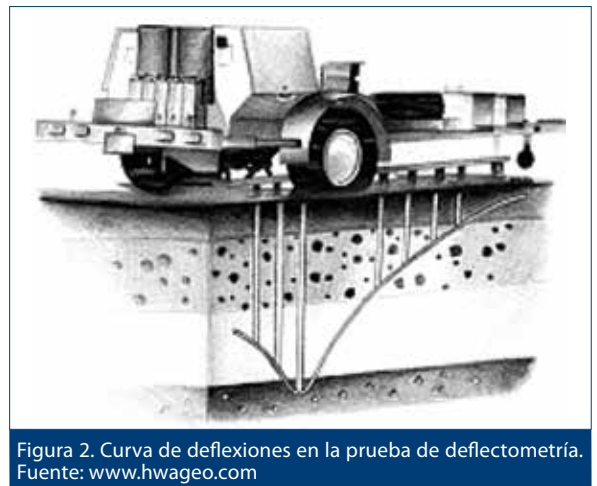


Figura 2. Curva de deflexiones en la prueba de deflectometría. Fuente: www.hwageo.com

área de contacto es similar a la de una llanta de vehículo; las deflexiones obtenidas son registradas por nueve sensores, el primero directamente en el plato de carga, y los demás dispuestos en un arreglo lineal con una longitud máxima de 180 centímetros. Con esta disposición “es posible obtener además, la forma y tamaño del cuenco de deflexiones, el cual se relaciona con aspectos como el espesor y la rigidez del pavimento, las características de los materiales de las capas subyacentes y la magnitud de la carga aplicada” [4], como se muestra en la Figura 2.

La distancia entre los puntos de medición con el FWD, dependerá del nivel de la gestión del pavimento para el que se está recabando la información. Si es a nivel de red la distancia es mayor, en este caso LanammeUCR utiliza una separación de 400 m para la evaluación de la Red Vial Nacional (aproximadamente 5000 km). Cuando se esté obteniendo información para el diseño de un pavimento, o sea a nivel de proyecto, la distancia entre los puntos de medición de las deflexiones debe ser como máximo 50 m ó hasta 10 m inclusive, dependiendo de la exactitud del estudio [7].

1.2. Regularidad de la superficie del pavimento

La rugosidad es la irregularidad en la superficie de un pavimento que afecta adversamente a la calidad del rodado, seguridad y costos de operación del vehículo. La regularidad superficial del pavimento se define como la suma de las irregularidades de la superficie por unidad de longitud, lo que es percibido por el usuario como el confort de marcha [10].

El aspecto más importante de la regularidad superficial es que se relaciona directamente con los costos del vehículo que circula por dicha carretera, dado que afecta su consumo de combustible y sus costos de mantenimiento, como se muestra en la Figura 3.

El IRI (*International Roughness Index*) es el parámetro más utilizado a nivel mundial que permite medir la condición de regularidad superficial del pavimento. Una carretera recién construida tiene una irregularidad mínima; sin embargo, cuando se pone en uso, la carga de los vehículos hace que se incrementen las irregularidades y por lo tanto el valor del IRI.

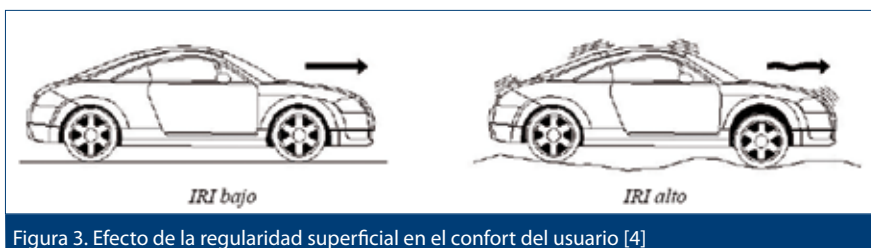


Figura 3. Efecto de la regularidad superficial en el confort del usuario [4]

El concepto de IRI está relacionado con sistemas dinámicos. El modelo matemático que se utiliza para medir el IRI se conoce como RQCS (*Reference Quarter Car Simulation*) ó cuarto de carro, donde se calcula y se acumulan los movimientos verticales de la suspensión y luego son divididos por la distancia recorrida, de ahí que sus unidades son metros/kilómetro ó pulgadas/milla [7].

Para evaluaciones a nivel de red o de proyecto, se utiliza un vehículo equipado con un perfilómetro láser (Figura 4). Este equipo consta de tres sensores láser ubicados en la defensa delantera del vehículo, uno sobre cada huella de rodamiento y el tercero central. Estos sensores están conectados a un computador con GPS, el cual calcula en tiempo real el valor de IRI para segmentos de 100 metros de longitud. La información sobre irregularidad se almacena en archivos digitales. Posteriormente, cada uno de estos archivos debe ser procesado individualmente, para convertirlos en las tablas de datos que se necesitan para crear los mapas y los informes finales de las mediciones para cada tramo de carretera evaluado [4].

1.3. Fricción de la superficie del pavimento

La fricción es el nivel de agarre o rozamiento que experimenta la llanta del vehículo con la carretera. La fricción es un elemento muy importante en la seguridad vial de una carretera. A

mayor nivel de rozamiento, mayor es la fuerza que trata de oponerse al deslizamiento del vehículo, lo cual es necesario, por ejemplo, cuando el conductor debe tomar una curva a una velocidad moderada en carreteras principales o rotondas, o cuando debe realizar una frenada de emergencia.

Los pavimentos con nivel de rozamiento bajo brindan condiciones inseguras para los usuarios, debido a que se eleva el riesgo de derrape o pérdida del control del vehículo. Como se deriva de lo anterior, mantener un valor mínimo de rozamiento de la superficie es vital para conservar las condiciones de servicio y seguridad normales de una vía, [6].

El nivel de rozamiento de la superficie depende de varios factores, siendo los principales la macrotextura y la microtextura de la mezcla asfáltica o concreto utilizado en la vía. Estas propiedades se ilustran en la Figura 5.

La macro textura se relaciona directamente con el tipo de agregado expuesto en la mezcla y afecta directamente la capacidad de drenaje del agua en la superficie de la vía. Por ejemplo, a una menor macro textura, menor será la capacidad de drenaje de la carretera, que ante ciertas condiciones de cantidad de agua superficial y velocidad de los vehículos produce el fenómeno llamado hidropneumático.

Por otra parte, la microtextura depende directamente de la superficie del agregado expuesto en la mezcla, y es la que brinda la adhesión entre este agregado y la llanta de los vehículos.

Se han realizado estudios a nivel internacional que relacionan los bajos niveles de rozamiento de un tramo vial



Figura 4. Perfilómetro láser utilizado por LanammeUCR [5]

con índices más elevados de ocurrencia de accidentes; lo cual indica que se deben mejorar los niveles de rozamiento para reducir la cantidad de accidentes y los gastos asociados con estos.

El LanammeUCR utiliza un equipo denominado Griptester para medir el coeficiente de rozamiento. Este equipo utiliza una rueda parcialmente bloqueada en dirección de la trayectoria seguida (Figura 6).

2. ¿Nivel de red o nivel de proyecto? El detalle de la información

Como se mencionó anteriormente, para la validez del uso de la información generada por las evaluaciones de pavimentos recién descritas, es fundamental definir en qué nivel de la gestión de pavimentos se utilizará la información. De esta forma se podrá definir el nivel de detalle con que es necesario conocer el estado de las vías.

Este concepto sobre el detalle de la información en un Sistema de Gestión

de Pavimentos se muestra gráficamente en la Figura 7. Como se observa, cuando se hace planificación a nivel estratégico o de red, no es factible utilizar información detallada puesto que los modelos generarían una exagerada cantidad de información y la complejidad de los modelos de deterioro utilizados para planificación tampoco es muy alta.

Es decir, hay un riesgo de que se genere el fenómeno "data rich-info poor" que se refiere a abundante cantidad de datos que no influyen en la calidad de las salidas de los programas o modelos utilizados en la gestión de los pavimentos.

El espaciamento de las pruebas de deflectometría ha sido conceptualmente definido por varios autores a nivel internacional. Según el informe *Data Collection Technologies for Road Management* [3], existen cinco niveles de información en la gestión de carreteras que correlacionan el grado de sofisticación y detalle requerido para la toma de decisiones.

Los niveles de información se muestran en la Figura 8. Como se

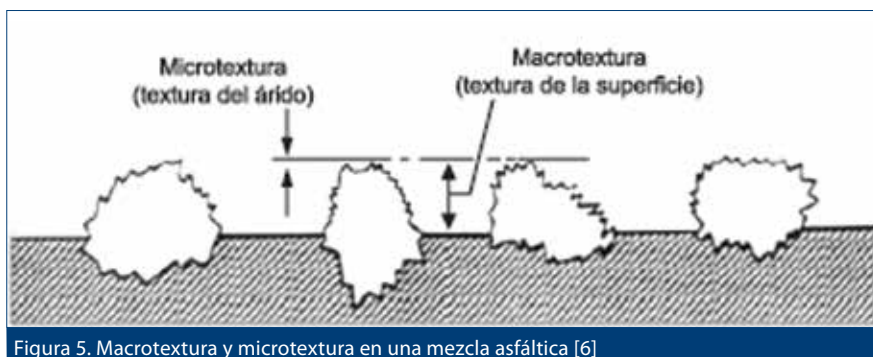


Figura 5. Macrotextura y microtextura en una mezcla asfáltica [6]



Figura 6. Griptester [6]

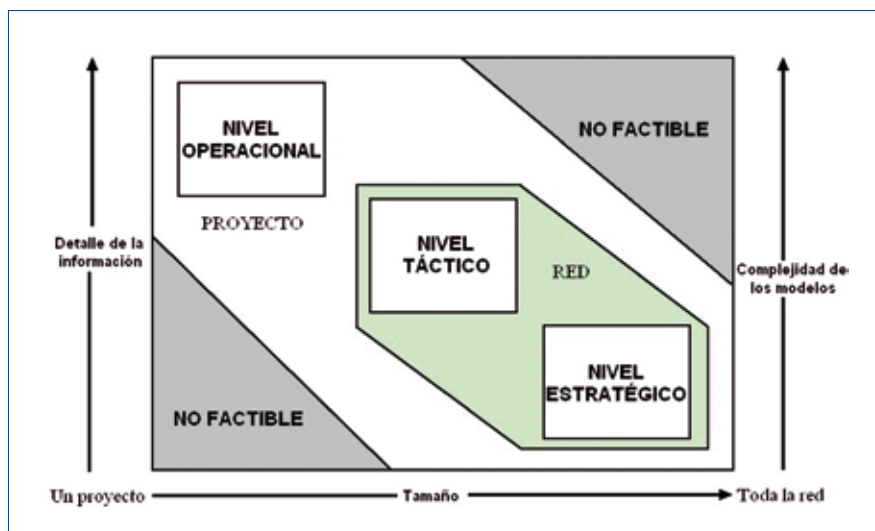


Figura 7. Detalle de información y complejidad para un sistema de gestión de pavimentos [10]

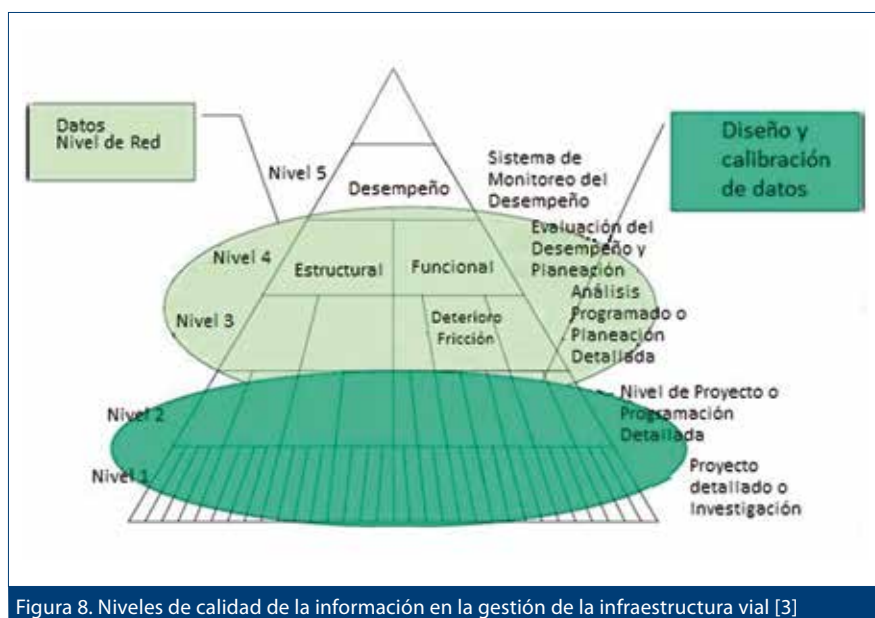


Figura 8. Niveles de calidad de la información en la gestión de la infraestructura vial [3]

puede observar, en el nivel 1 se obtiene información para una investigación detallada; en el nivel 2 se encuentra la información típica para un análisis de ingeniería y decisiones a nivel de proyecto.

El nivel 3, es un nivel de detalle más simple, generalmente dos o tres atributos que pueden ser utilizados a nivel de red o en la recopilación de datos más simples.

El nivel 4 de calidad de información es un resumen de atributos clave que tienen su uso en la planificación e informes de alta dirección ejecutiva, por ejemplo. Por último, el nivel 5 representa los datos de nivel superior, tales como indicadores clave en el desempeño de los activos de transporte.

Asimismo, en el documento *Asset Management Data Collection for Supporting Decision Process de la Federal Highway Administration* del Departamento de Transportes de Estados Unidos (2010) se plantea que en el nivel 2 de calidad de información se debe manejar el detalle suficiente para los modelos de programación completa de obras y los métodos de diseño estándar.

Es importante destacar que existen definiciones cuantitativas sobre la frecuencia o espaciamiento de la deflectometría, según el nivel de calidad de la información requerida. Según la ASTM D 4695-03 *Standard Guide for General Pavement Deflection Measurements*, para conocer un panorama general de

Tabla 1. Magnitud de la campaña de evaluación de la RVN pavimentada de Costa Rica

Tipo de medición	Longitud (km)
Deflectometría FWD	5028
Regularidad superficial IRI	5280
Coefficiente de rozamiento GRIP	1918

la capacidad estructural a nivel de red, las deflexiones suelen medirse con un espaciamiento de 100 m a 500 m.

Para los casos donde la deflectometría se utilizará a nivel general de proyecto, esta guía recomienda el ensayo de deflectometría espaciado entre 50 m a 200 m, dependiendo de las condiciones específicas del pavimento.

Por último, para una evaluación detallada y específica a nivel de proyecto, la cual se realiza con el propósito de localizar áreas que presenten altas deflexiones, se plantea una separación entre cada prueba de entre 10 m y 100 m. En esto se debe tomar en cuenta la variabilidad de materiales y los patrones de deterioro, entre otras condiciones de la sección de la vía evaluada.

3. La importancia de las evaluaciones de pavimentos a nivel de red: el caso de Costa Rica

Las evaluaciones de pavimentos a nivel de red, es decir la auscultación de los pavimentos que componen una red vial, son una excelente herramienta de la planificación, el monitoreo y la rendición de cuentas de las instituciones encargadas de la gestión de la infraestructura vial.

En el caso de la red vial nacional (RVN) de Costa Rica, los legisladores encargaron a la Universidad de Costa Rica la fiscalización de las inversiones en la RVN mediante la Ley 8114. Como parte de la fiscalización, el Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA) del Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR) ha desarrollado evaluaciones bienales de la RVN que comprenden deflectometría, medición de IRI, medición del coeficiente de rozamiento e incluso la retrorreflexión de la señalización horizontal.

Tabla 2. Equipo del LanammeUCR para evaluación de la RVN pavimentada

Evaluación	Funcional (Regularidad)	Estructural	Resistencia al deslizamiento	Deterioro superficial	Retrorreflectividad
Equipo					
	Perfilómetro	Deflectómetro	Grip Tester	Geo-3D	Reflectómetro

Las evaluaciones comenzaron con un plan piloto en el año 2002 y a la fecha se han generado siete evaluaciones completas de la RVN pavimentada de Costa Rica. Para la última evaluación, el LanammeUCR cubrió más de 5000 km de vías pavimentadas (ver Tabla 1).

En la actualidad, el LanammeUCR cuenta con el equipo tecnológico que se indica en la Tabla 2.

De esta forma, el LanammeUCR realiza las campañas de evaluación de la red vial pavimentada y presenta, cada dos años, los resultados de la evaluación. De acuerdo con la Ley 8114 de la República de Costa Rica, estos resultados se deben enviar a la Asamblea Legislativa, a la Contraloría General de la República, al Ministerio de Obras Públicas y Transportes, al Consejo Nacional de Vialidad y la Defensoría de los Habitantes. Todo esto supone un intenso ejercicio de rendición de cuentas sobre las inversiones y las políticas sobre el mantenimiento de los pavimentos de la RVN de Costa Rica.

El informe de evaluación bienal de la RVN, recibe en la misma línea de rendición de cuentas, una atención mediática muy significativa que ha hecho a las autoridades plantear algunos cambios e incluso proyectos de reformas legales al sector de la obra pública.

A continuación se muestran (Figuras 9 y 10) ejemplos de los productos de las evaluaciones bienales que realiza el LanammeUCR a la RVN de Costa Rica:

3.1. Generación de estrategias de gestión de pavimentos a partir de las evaluaciones

Las evaluaciones de pavimentos no sólo son útiles para rendir cuentas sobre el resultado de las inversiones

en las carreteras. Los datos que se recaban con las evaluaciones de los pavimentos son el corazón de un sistema de gestión de pavimentos.

Como se puede observar en la Figura 11, a partir de los inventarios se realiza la planificación y programación de las obras en las redes viales. Luego, mediante auscultaciones posteriores, se realiza el monitoreo de los resultados, la retroalimentación de la planificación y los inventarios. Todo lo anterior en línea con las metas y políticas de las agencias de transportes.

A partir de los parámetros obtenidos de cada una de las propiedades del pavimento como el estado estructural, funcional y el coeficiente de ro-

zamiento, es posible calcular índices compuestos que permitan conocer de una forma general el estado de las redes viales.

Por ejemplo, para el caso de Costa Rica, se han desarrollado investigaciones utilizando a nivel estratégico un índice de estado del pavimento compuesto (PCI, por sus siglas en inglés) por un 50% de la situación estructural y un 50% de la funcional [8]. A partir del cálculo de este índice para toda la RVN pavimentada de Costa Rica se han realizado modelaciones sobre escenarios de inversión y se ha logrado determinar la aplicabilidad del índice y la eficiencia de las estrategias de inversión a nivel académico.

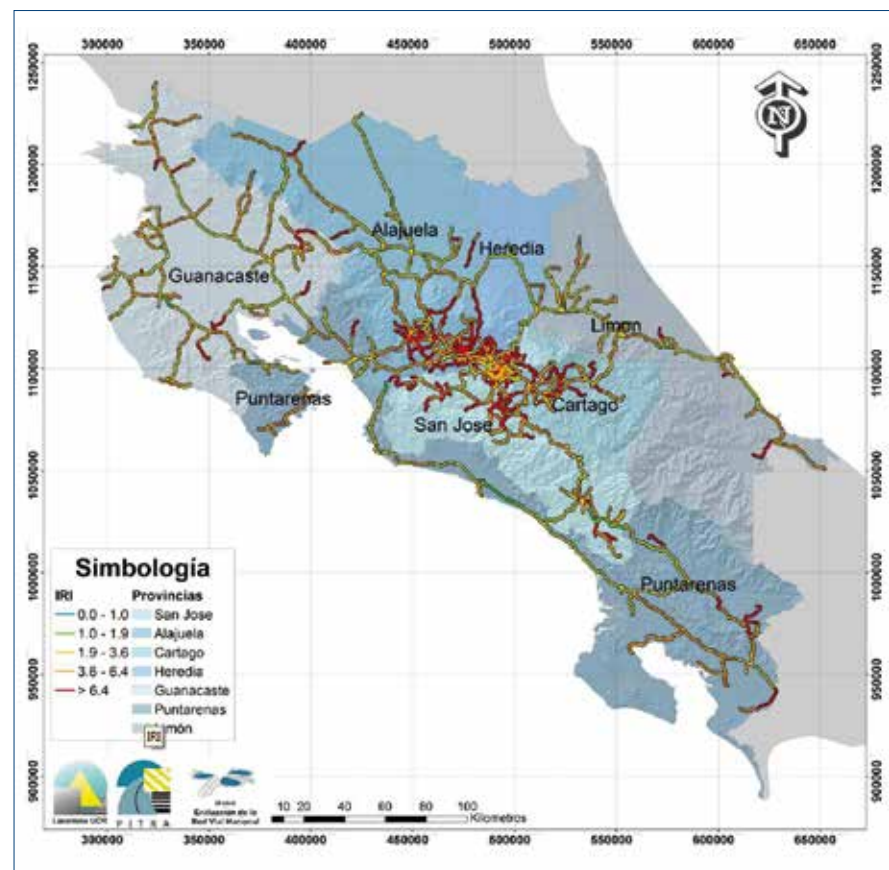


Figura 9. Medición del IRI en la red nacional pavimentada de Costa Rica en 2010 [6]

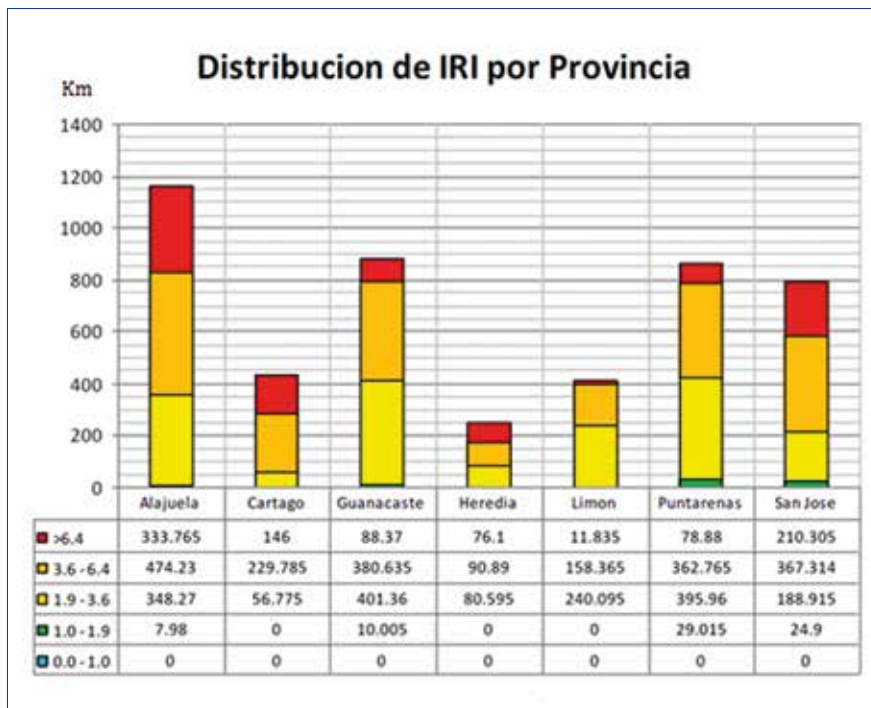


Figura 10. Datos del IRI en la red vial nacional pavimentada de Costa Rica en 2010 [6]

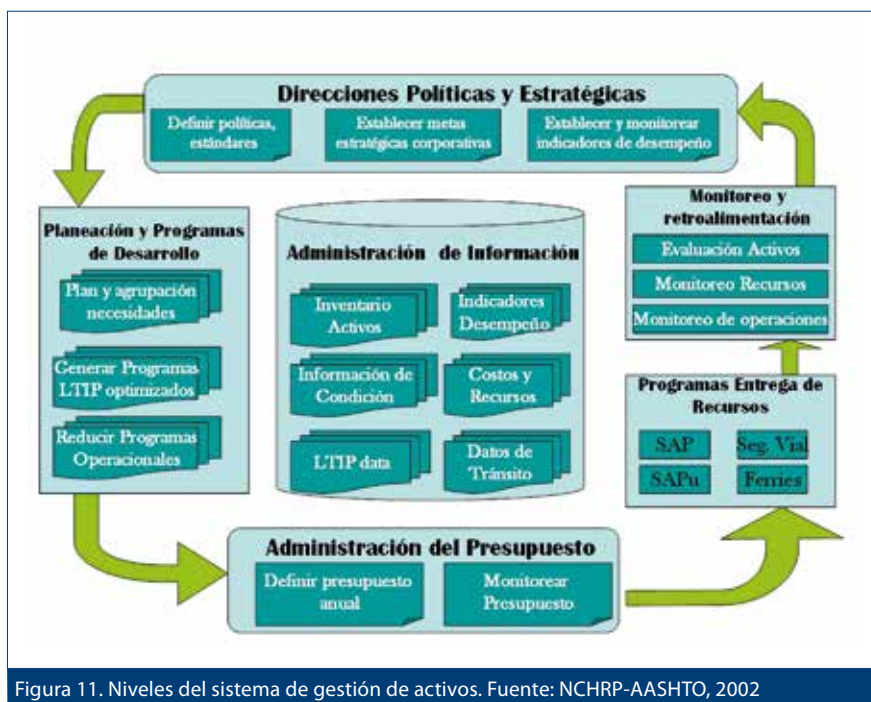


Figura 11. Niveles del sistema de gestión de activos. Fuente: NCHRP-AASHTO, 2002

4. Conclusiones

La auscultación y evaluación de los pavimentos es una actividad fundamental en la gestión de los pavimentos y en la optimización de la inversión en las redes viales pavimentadas.

Actualmente existe tecnología de punta que ayuda a que las auscultaciones sean más eficientes, logrando cubrir redes enteras y caracterizando

el estado de los pavimentos con el propósito de monitorear y generar políticas adecuadas de inversión en la conservación vial.

Además de la gestión técnica que se logra a través de las auscultaciones de pavimentos, es posible sistematizar procesos de rendición de cuentas a los usuarios y autoridades políticas sobre la evolución de la condición de las redes viales pavimentadas. Esta rendición, además de inevitable en

el contexto actual de búsqueda de transparencia en la gestión vial, provoca presión para mejorar la gestión de pavimentos y brindar el mejor servicio a los usuarios.

5. Bibliografía

- [1] BARRANTES, R. (2013). "Evolución del proceso de gestión de redes viales en Costa Rica". Evaluación Bional. Antigua, Guatemala: CILA XVII.
- [2] FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION (2006). "Asset Management Data Collection for Supporting Decision Processes".
- [3] FLINTSCH, G. (2007). "Data Collection Technologies for Road Management". Washington D.C.: World Bank.
- [4] LANAMME UCR, (2008). "Informe de Evaluación de la Red Vial Nacional 2008". Universidad de Costa Rica, San José.
- [5] LANAMME UCR, (2008). "Informe de Evaluación de la Red Vial Nacional Pavimentada Año 2008". Informe Bional, Universidad de Costa Rica, LanammeUCR, San José.
- [6] LANAMME UCR, (2011). "Informe de Evaluación de la Red Vial Nacional pavimentada de Costa Rica Años 2010 -2011". Universidad de Costa Rica, Unidad de Evaluación de la Red Vial Nacional, San José.
- [7] MADRIGAL, D. (2008). "TFG Plan de Inversiones a Nivel Estratégico para la zona 1-9 de Conservación Vial de CONAVI". Universidad de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Civil, San José.
- [8] MATA, D. (2010). "TFG Índices de Condición de Pavimentos". San José: Escuela de Ingeniería Civil.
- [9] AMERICAN STANDARD FOR TESTING MATERIALS (ASTM) (2003). "Standard Guide for General Pavement Deflection Measurements D 4695-03".
- [10] SOLMINIHAC, H. D. (1998). "Gestión de Infraestructura Vial". Santiago: Ediciones Universidad Católica de Chile. ❖

Prestaciones y comportamiento en servicio de mezclas bituminosas semicalientes

Jacinto Luis García Santiago
Ingeniero de Caminos

Las mezclas asfálticas de baja temperatura son un desarrollo que se está imponiendo por razones medioambientales (reducción de consumos de energía y emisiones de gases de efecto invernadero y mayor potencial de empleo de RAP), técnicas (menor gradiente de enfriamiento lo que propicia su empleo a más distancia, o en condiciones climáticas menos favorables, que las mezclas convencionales en caliente) y económicas (hay tecnologías que, una vez amortizada la inversión, tienen menos coste de producción).

Se suelen dividir estas mezclas en dos grupos, según que la temperatura de fabricación supere o no la barrera de los 100°C. Las situadas por encima de ese límite, se denominan en España Mezclas Semicalientes, correspondiéndose con las que la literatura en inglés llama *Warm Mix Asphalt* (WMA, acrónimo que se usará en adelante en este documento) y la francesa *Enrobés Tiédés*. Respecto a las mezclas bituminosas en caliente (MBC) equivalentes, la reducción de temperatura está en un rango de 15°C a 50°C, según la tecnología y tipo de mezcla. El otro grupo es el de Mezclas Templadas, también llamadas *Half-Warm Mix Asphalt* (HWMA) en textos en inglés y *Enrobés Semi-Tiédés* en francés.

Si bien estas mezclas se originaron en Europa, es en Estados Unidos donde se ha producido una gran expansión en su empleo y, en ocho estados, las WMA suponen ya más de la mitad de las mez-

clas asfálticas producidas. Aunque las propiedades que las caracterizan son comparables a las de las MBC equivalentes, algunas incertidumbres acerca de su comportamiento a medio y largo plazo frenaban su implantación definitiva, en especial en relación con dos aspectos:

- Menor envejecimiento del ligante en el proceso de fabricación, que podría repercutir en menores rigidez de la mezcla y resistencia a las deformaciones plásticas.
- Posible menor resistencia a la acción del agua.

También resultaba conveniente, para generalizar su implantación, un mayor conocimiento de cómo las tecnologías semicalientes influyen en las propiedades que caracterizan la mezcla en el laboratorio y de cómo se relacionan esas propiedades con el comportamiento de la mezcla en servicio. Asimismo, lo era documentar adecuadamente los beneficios medioambientales en cuanto a reducción de consumos energéticos y de emisiones a la vez que permitían aumentar las tasas de reciclado.

Ello dio lugar a un ambicioso proyecto sobre las propiedades y comportamiento de las mezclas semicalientes, el NCHRP 09-47A, dotado con 1121 millones de dólares, coordinado y dirigido por el conocido centro de investigación de Auburn, el *National Center of Asphalt Technology* (NCAT) entre julio de 2009 y octubre de 2014 y en el que se fijaron cuatro objetivos:

- Establecer las relaciones entre las propiedades de las mezclas en laboratorio y el comportamiento en campo de los pavimentos construidos con las tecnologías de las WMA.
- Comparar las mediciones del comportamiento de pavimentos con WMA y de los que llevan MBC convencionales
- Comparar las prácticas de fabricación y de extendido entre pavimentos con WMA y con MBC, incluyendo una comparativa de costes entre ambos tipos.
- Obtener mediciones de las tecnologías de las WMA en comparación con las MBC convencionales relativas a consumo energético, emisiones de gases y exposición a humos del personal.

El proyecto contempló dos fases. En la primera se recogió la información existente en cuanto a propiedades de las WMA, procedimientos de diseño, métodos de producción, evaluación ambiental y de emisiones, comportamiento en los tramos en servicio y se estableció, en consecuencia, el plan de experimentación en campo de la segunda fase, en la que se realizaron nuevos tramos experimentales con MBC de control y WMA, donde se recogieron muestras de ambas para su caracterización, se compararon los comportamientos en servicio de ambas mezclas a corto plazo (3/5 años), se cuantificaron emisiones y consumos de energía, y se validaron las recomendaciones de diseño de las WMA.



Figura 1. Sistema de espumación de AQUABlack

Esta nota de lectura tiene por objeto el análisis del documento *Field Performance of Warm Mix Asphalt Technologies* [NCHRP report 779] que fue publicado el pasado mes de octubre y que sintetiza sus resultados¹.

El documento se divide en dos partes principales. En la primera se analizan las propiedades de las tecnologías de las WMA y su comportamiento en servicio tanto a partir de los ensayos acelerados en pista –que ya se habían llevado a cabo, previamente, en tres instalaciones estadounidenses, la del NCAT, la del *Pavement Research Center* de la Universidad de California (UCPRC HVS) y la del *Minnesota's Cold Weather Road Research Facility* (MnRoad)– como del plan experimental específico del proyecto aplicado a tramos de estudio situados en 14 carreteras. La segunda parte del informe recoge los estudios de consumo energético y de emisiones y los relativos a exposición a humos del personal.

1. Tecnologías de WMA empleadas

El proyecto contempla varias tecnologías de fabricación de WMA que cubren toda la gama disponible, tanto las que emplean aditivos orgánicos o químicos como las basadas en espumación del betún, y recoge una descripción de cada una de ellas que, como resulta clarificadora, se resume a continuación.

1.1. Tecnologías basadas en aditivos químicos

Tensoactivos que actúan sobre la interfaz árido/ligante.

- *Cecabase RT*. Es un surfactante desarrollado por CECA que mejora la envuelta a bajas temperaturas y actúa como lubricante en la interfaz árido/ligante facilitando la compactación. Se presenta en forma de aditivo líquido que se inyecta directamente en la línea de alimentación del betún y se aplica en dotaciones comprendidas entre 0,3% y 0,5% sobre el total de ligante.
- *Evotherm*. Desarrollado por Mead Westvaco, es una mezcla de compuestos químicos orientados a mejorar la envuelta, adhesión y trabajabilidad a temperaturas reducidas. En su inicio, en 2004, se aplicaba en forma de emulsión (*Evotherm ET*), en 2005 como un producto diluible en agua (*Evotherm DAT*), en mayor o menor medida según la reducción de temperatura deseada, inyectable a la línea de alimentación de ligante en plantas continuas o al mezclador en plantas discontinuas, y su última evolución (*Evotherm 3G*) se aplica directamente al betún en factoría o en la planta.

1.2. Tecnologías basadas en aditivos orgánicos

En general son ceras con un punto de fusión por encima de 100°C que se

disuelven en el betún sobre los 120°C, modificando su reología y reduciendo la viscosidad por encima de ese punto, lo que permiten una reducción de la temperatura de fabricación de 20°C a 50°C. A temperaturas por debajo de 100°C, la parafina cristaliza y el betún aumenta su viscosidad.

- *BituTech PER*. Desarrollado con la finalidad de empleo en mezclas recicladas de alta tasa, favorece además una cierta regeneración del ligante viejo. Se añade en proporciones de 0,5% a 0,75% sobre el peso del RAP y RAS añadido.
- *Sasobit*. Es una parafina que se presenta en forma de pellets y se emplea en dotaciones entre 0,8% y 4% sobre la masa de ligante, añadiéndose preferentemente al ligante bien en el tanque o directamente al flujo del mismo durante la fabricación de la mezcla.
- *SonneWarmix*. Basada en ceras parafínicas, se emplea con dotaciones sobre el total de ligante entre 0,5% y 0,75% en mezclas sin RAP, y hasta 1,5% con RAP y RAS. Se aplica ya incorporada al ligante, bien en factoría o en planta.

1.3. Tecnologías basadas en espumación indirecta del ligante

Consisten en adicionar un material hidrófilo: las zeolitas sintéticas constituidas por silicatos de aluminio que contienen alrededor de un 20% de agua de cristalización; agua que, una vez superada la temperatura de ebullición, se libera y reacciona con el betún dando lugar a una espuma de muy baja viscosidad,

¹ MEI proyecto NCHRP 09-47A también ha dado lugar a otro documento sobre los procedimientos y ensayos aplicados a muestras de WMA en el proyecto, que será la guía para su aplicación en futuros proyectos similares de investigación, para homogeneizar datos e integrar resultados: *Guidelines for Project election and materials sampling, conditioning and testing in WMA research studies* [NCHRP Research Results Digest 370].

de prolongada duración, que permite su envuelta a una menor temperatura. Se presentan en forma de polvo y se añaden directamente al mezclador vía dosificador o en sacos, o como filler.

- *Advera*. Zeolita desarrollada por PQ Industries que se aplica en una dosis del 0,2% a 0,25% sobre el peso de la mezcla.
- *Aspha-min*. Zeolita añadida en proporción del 0,3% sobre el peso de la mezcla, a la vez que el ligante. Se indican tiempos con mejora de la trabajabilidad de hasta 6-7 horas, hasta que la temperatura de mezcla baja de los 100°C

1.4 Tecnologías basadas en dispositivos de generación de espuma de betún

Son dispositivos que mediante la inyección de agua a alta presión en forma de burbujas a un betún a alta temperatura consiguen la generación de una espuma que se inyecta a la masa de áridos del mezclador. La baja viscosidad de la espuma permite la envuelta a temperatura reducida.

- *AQUABlack*. Dispositivo incorporable a la línea de alimentación de ligante al mezclador que usa una presión de 1.000 psi para generar microburbujas de agua, de acción persistente, que mantiene la trabajabilidad en la puesta en obra (Figura 1).
- *ASTEC Double Barrel Green*. Sistema de las plantas *Double Barrel* con múltiples boquillas de generación/inyección de espuma al mezclador.
- *Terex WMA System*. Patentado en 1998, es un dispositivo generador de espuma con cámara de expansión única que se puede incorporar a la línea de alimentación de ligante en plantas continuas de contraflujo e inyecta la espuma al mezclador (Figura 2).

2. Ensayos acelerados en pista

En 2005 NCAT inició ensayos acelerados en pista con secciones con



Figura 2. Sistema de espumación de Terex

WMA, tecnología Evotherm ET, en capas intermedia y de rodadura, evaluado su comportamiento frente a deformaciones plásticas y fisuración. En 2009 ensayó otro grupo de secciones con WMA basadas en aditivación (Evotherm DAT) y en espumación directa (ASTEC DBG); se determinó el grado SRHP (el *Performance Grade* o PG) del ligante recuperado y se evaluaron la respuesta estructural y el comportamiento a corto plazo (Figura 3).

Los resultados del ligante mostraron resultados muy similares de PG, aunque en la temperatura máxima de uso la tecnología de aditivación presentaba unos pocos grados menos que la de espumación y la convencional.

Asimismo, se incluyeron secciones con mezclas recicladas con alta tasa de RAP, un 50%, tanto con tecnología en caliente como con la semicaliente de espumación (*Double Barrel Green*).

Por su parte, la Universidad de California (UCPRS HVS) ha llevado a cabo una investigación estructurada en tres fases. En la primera, finalizada en 2008, se ensayaron cuatro secciones con MBC fabricada a 154°C y tres con WMA hechas a 121°C con tecnologías Advera, Evotherm DAT y Sasobit, estudiándose el comportamiento frente a

deformaciones plásticas con cargas repetidas, mientras la temperatura de la sección ensayada se mantiene a 50°C hasta 5 cm de profundidad, y concluyendo que el empleo de las tecnologías WMA no tenían una influencia significativa respecto al comportamiento de las secciones con MBC.

La segunda fase, realizada entre 2008 y 2009, analizó el daño por la acción del agua con mezclas previamente saturadas y ensayándolas también en mojado.

Una tercera fase, terminada en 2011, analizó el comportamiento frente a deformaciones plásticas de siete tecnologías de WMA con polvo de caucho, fabricadas en dos plantas diferentes con tecnología de espumación directa (Astec DBG y Gencor Ultrafoam GXTM) y cinco tecnologías de aditivación (Evotherm, Sasobit, Advera WMA, Rediset, Cecabase).

Los estudios llevados a cabo por MnRoad comenzaron en 2008 con varias secciones con mezclas WMA con un 20% de RAP y aditivación de Evotherm, sobre diversos tipos de soporte, aunque sin sección de control con mezclas convencionales. Como avance provisional, tras $4,7 \cdot 10^6$ ESALs, sólo una de las secciones muestra alguna fisura de reflexión transversal.

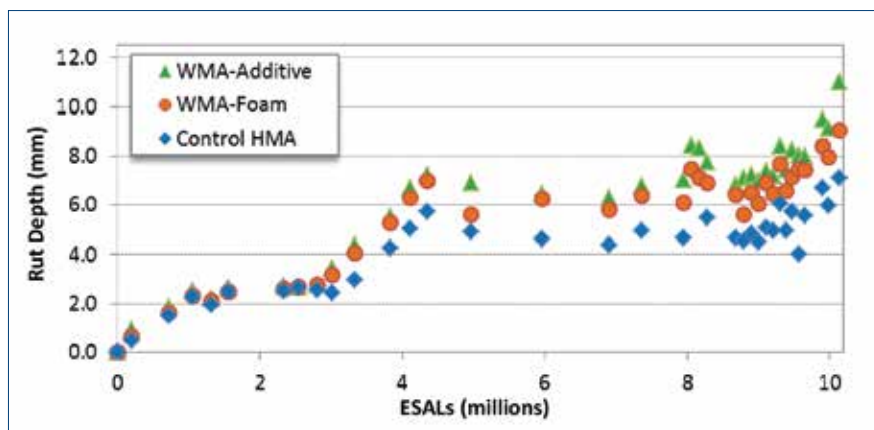


Figura 3. Resultados de los ensayos de resistencia a la deformación (HMA acrónimo de Hot Mix Asphalt)

Como resumen de esos tramos de ensayos acelerados en pista, el informe resalta que de la variedad de tecnologías de mezclas semicalientes ensayadas, la mayoría de los tramos con WMA presentaron, frente a las deformaciones plásticas, un comportamiento similar al de secciones de control con MBC equivalentes y que las tecnologías de WMA favorecen la compactación, a pesar de la menor temperatura. En el NCAT se demuestra una respuesta estructural similar a las mezclas en caliente frente a variaciones de clima y tráfico. En el UCPRS HVS se ha comprobado que las mezclas WMA no son susceptibles al daño por agua en condiciones de saturación. En el MnRoad se continúa el ensayo para evaluar el comportamiento a fisuración por fatiga y fisuración térmica.

3. Estudio de fabricación de WMA, sus propiedades y su comportamiento en tramos de carretera

La experimentación específica del proyecto, se hace sobre 14 tramos experimentales en carretera, construidos entre 2006 y 2010. Como el tramo más antiguo documentado no alcanza los diez años en servicio, las evaluaciones se limitan al comportamiento a corto plazo

Seis de los tramos fueron construidos entre 2006 y 2008, antes del comienzo del proyecto de investigación, de los que se recogen los datos de fabricación y construcción. El estudio de seguimiento tiene los datos de compor-

tamiento tras períodos en servicio entre 3 y 5 años. El resto de los tramos, ocho en total, se han construido dentro del proyecto entre 2010 y 2012. Todos ellos incluyen secciones de control con MBC, están monitorizados y se analizan con dos años en servicio.

3.1. Plan de trabajos

El plan aplicable a los nuevos proyectos comprendía en primer lugar una exhaustiva recogida de métodos y datos de producción (incluyendo posibles problemas en la fabricación) y de puesta en obra de las mezclas en cuanto a materiales, temperaturas de fabricación, temperaturas a su llegada al tajo y tras salida de regla (Figura 4), contenidos de humedad, espesores de capa, extracción de testigos para la obtención de densidades y mediciones de textura.

Como todas las mezclas a evaluar en el proyecto eran capas de rodadura se incluyó una comprobación inicial de la homogeneidad estructural, mediante deflectometría, a efectos de evaluar la influencia de las capas subyacentes y poder comparar comportamientos en servicio de las capas de rodadura. La auscultación con deflectómetro se hizo, generalmente, antes de la colocación de estas capas.

Para analizar el comportamiento se eligieron tres zonas de 60 m de longitud por cada mezcla estudiada de la que se tendrían los testigos hechos en su construcción y serían objeto de una detallada inspección para evaluar la fisuración, roderas, descarnaduras, baches, exu-

daciones y clasificar los deterioros. Asimismo, se extrajeron testigos en una de las secciones para analizar evolución en densidades, en absorción de ligante, en resistencia a tracción y en propiedades del ligante.

Si bien el proyecto monitoriza y compara los comportamientos a corto plazo, las administraciones tenían interés en evaluar el comportamiento a largo plazo y comparar con el calculado según la *Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide* (MEPDG). A partir de los datos ajustados de tráfico, clima, módulo de la explanada, espesor y características de las capas subyacentes se calcularon las predicciones de comportamiento correspondientes a profundidad de huella, fisuración descendente y fisuración por bajas temperaturas.

En laboratorio se llevaron a cabo estudios sobre las mezclas WMA y las convencionales de control con un doble objetivo. En primer lugar determinar y comparar sus propiedades, que se usaron para comparaciones estadísticas y para determinar si los métodos de laboratorio predecían adecuadamente el comportamiento en obra de las mezclas. Abarcaron, entre otros, ensayos de recuperación de ligante para caracterizar su PG, los módulos de la mezcla a distintas temperaturas, la sensibilidad a la acción del agua, resistencia a las deformaciones plásticas, fatiga y fisuración a bajas temperaturas. En segundo lugar, comprobar la idoneidad de los métodos de diseño aplicados a las WMA y si las mezclas hechas en laboratorio se correspondían con las de obra, en cuanto a determinación de contenido óptimo de ligante, envuelta, compactabilidad, susceptibilidad al agua y resistencia a la deformación permanente.

3.2. Resultados del estudio

3.2.1 Fabricación y puesta en obra

- La reducción de temperatura, respecto a las MBC, se situó en un valor medio de 27°C, sin que ello generase problemas en eficiencia de combustión ni del sistema de filtros,

tras el ajuste correcto del quemador y el mantenimiento de temperaturas adecuadas en los filtros de mangas.

- La humedad de las WMA, aunque ligeramente superior a las de las MBC, no supera el 0,5%, ni siquiera con las soluciones espumadas.
- Recién fabricadas las WMA presentan una absorción de betún ligeramente menor que las MBC, aunque tras un año no hay diferencias significativas.
- Puede ser necesaria una mayor temperatura de fabricación en obras que requieran trabajos manuales en el extendido, como algunas urbanas.

3.2.2 Comportamiento a corto plazo de las WMA (≤ 2 años)

- Comportamiento similar a las MBC en cuanto a deformaciones permanentes, evolución de la textura superficial y de la densidad.
- No aparece ninguna evidencia de daños por acción del agua, ni en las secciones inspeccionadas ni en testigos.
- Aparece muy poca fisuración, aunque siempre similar a la de las secciones de control con MBC. Generalmente es transversal, probablemente de reflexión.

3.2.3 Propiedades de las muestras de WMA

- El betún recuperado de las WMA recién fabricadas aparece ligeramente menos envejecido que en las MBC, con diferencias medias en la temperatura crítica alta de 2,3°C y de 1,3°C en la baja, que no deberían influir el comportamiento de las mezclas.
- El análisis estadístico indica que el módulo dinámico de las WMA es inferior al de las MBC, como media en torno al 12%, pero el rango de variación va desde un 5% más alto a un 40% inferior. El ensayo se ha hecho a una sola temperatura y frecuencia predeterminadas.
- La resistencia a tracción indirecta determinada sobre testigos no



Figura 4. Control de temperatura durante la puesta en obra (PAVE-IR)

muestra diferencias significativas entre las MBC y las WMA, tanto inmediatamente después de la construcción como tras dos años de puesta en servicio.

- Sin embargo la resistencia a tracción indirecta en probetas hechas en laboratorio con la prensa giratoria a partir de mezcla fabricada en planta, y con valores similares de huecos ($7\pm 0,5\%$), presentó diferencias significativas entre las WMA y MBC, variando en ambos sentidos. Así, en la mitad de los casos fue menor en las WMA mientras que en un 38% resultó mayor. Ello apunta a la influencia del método de compactación de probetas en las propiedades obtenidas.
- Los ensayos de sensibilidad al agua basados en la pérdida de

resistencia a tracción indirecta dieron como resultado que el 80% de las mezclas (MBC y WMA) superaron la relación mínima de 0,8; de las seis mezclas que no alcanzaron ese límite, cuatro de ellas eran WMA y dos MBC. Sin embargo, el seguimiento en obra verificó un buen comportamiento sin evidencias de daños por acción del agua.

- En la resistencia a las deformaciones plásticas (Hamburg WT) el 59% de las WMA dieron resultados equivalentes a las MBC correspondientes, mientras que en el 41% restante su ahuellamiento fue mayor. En todo caso, el comportamiento a corto plazo de los tramos analizados fue satisfactorio.

3.2.4 Predicción de comportamiento a largo plazo

- Las profundidades de rodera calculadas según el MEPDG para las WMA resultan ligeramente superiores (0,2 mm) a las de las MBC, diferencia que se mantiene a lo largo de la vida de servicio, hasta alcanzar los 20 años. El comportamiento observado en ambas mezclas a corto plazo (1 a 2 años) sugiere que el MEPDG sobreestima ligeramente más su predicción en las WMA que en las MBC. Asimismo, la observación en la carretera a corto plazo y las predicciones a largo plazo indican una discrepancia entre el laboratorio y el comportamiento de las WMA.
- En fisuración descendente y longitudinal, los cálculos de MEPDG a 12 y 20 años prevén un comportamiento similar entre las MBC y las WMA. Lo mismo ocurre con la fisuración a bajas temperaturas
- En general, el comportamiento calculado con MEPDG en base a las características medidas a partir de las mezclas producidas en obra resulta similar entre las WMA y las MBC.

3.2.5 Costes

- Dependen principalmente de la tecnología de WMA empleada y están asociados a ahorros como la reducción de consumos de energía en fabricación, la posibilidad de empleo en época u horarios inaceptables en mezclas en caliente, o ahorros en penalizaciones relacionadas con las densidades de capa o su regularidad.
- La espumación directa en planta tiene el mayor potencial de ahorro, pues sólo precisa la instalación del dispositivo y su integración en el sistema de control, con un coste en las primeras versiones de unos 80 000\$², reducido en las más recientes a 30 000 \$. El coste repercutible es su amortización que, aunque depende del volumen de producción, sobre un quinquenio

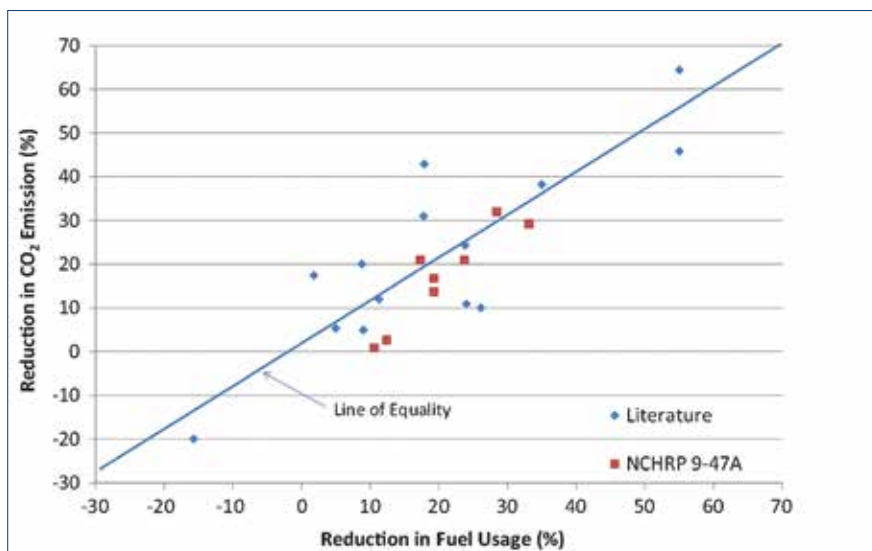


Figura 4. Control de temperatura durante la puesta en obra (PAVE-IR)

- no debería superar 0,1\$/t. En cambio, para las opciones basadas en aditivación, se reflejan costes entre 2\$/t y 3\$/t, a los que habría que restar, en su caso, los asociados a aditivos de mejora de adhesividad.
- La reducción en consumo de energía es función de la disminución de temperatura, que se sitúa usualmente en 25°C con técnicas de espumación y en 50°C con aditivación, resultando unos ahorros de 0,39\$/t y 0,79\$/t, respectivamente, en caso de empleo de fuel o de 0,16\$/t y 0,34\$/t en el caso de emplearse gas.

3.2.6. Consumos energéticos, emisiones y exposición del personal a humos respirables

Se monitorizó el consumo de fuel en 6 de los 8 nuevos tramos del proyecto, en los que se fabricaron siete MBC de control y once WMA. Los resultados indican una reducción media de temperatura en las WMA de 27°C, de los que resulta una disminución media de 22,1% en consumo de fuel.

En emisiones de gases hay una reducción general en consonancia con la de consumo energético (Figura 5). Si las mediciones en dióxido de carbono aparecen directamente relacionadas con el consumo de fuel, las de monóxido de carbono y compuestos orgánicos volátiles se ven más dependientes

del mantenimiento y regulación del quemador. En casos de empleo de combustibles con altos contenidos de azufre, como aceites usados, las WMA reducen las emisiones de SO₂.

Para la exposición del personal de extendido a los humos de las MBC y WMA, las mediciones de aerosoles solubles en benceno resultaron, en muchos casos, por debajo de los límites detectables, no pudiendo hacerse comparaciones. Por ello se procedió a utilizar como indicador la materia orgánica total en humos, dando como resultado en las WMA una reducción del 33% respecto al de las MBC.

4. Conclusiones

El empleo de las WMA se ve respaldado por los resultados recogidos en el informe comentado, en el que no se aprecian diferencias dignas de tener en cuenta entre las MBC y las WMA en cuanto a sus prestaciones y comportamiento por lo que, como se reseñó al principio de esta nota, las ventajas técnicas, económicas y medioambientales que presentan las WMA en relación con las MBC auguran un buen futuro a esta técnica y una expansión de su implantación. ❖

² Dispositivos para planta continua, habitual en USA. En discontinuas, más usuales en España, son más complejos y con un coste de instalación mayor.

REVISTA RUTAS DIGITAL



www.atc-piarc.com

La Revista Rutas también se distribuye a través de la página web del Comité Nacional Español.

Navega por nuestros números y artículos:

- Descarga los tres últimos números de la revista si eres suscriptor en Rutas Online.
- Accede a los artículos de la revista, desde su primera edición en 1986, de manera sencilla y gratuita (los dos últimos años solo para suscriptores).
Gracias a nuestro buscador avanzado en Rutas Digital



**Asociación Técnica
de Carreteras**

Comité nacional español de la
Asociación Mundial de la Carretera



12º Simposio Internacional sobre Pavimentos de Hormigón

Del 23 al 26 de septiembre de 2014 se ha celebrado en Praga el 12º Simposio Internacional de Pavimentos de Hormigón, organizado por EUPAVE conjuntamente con la Asociación de Fabricantes de Cemento de la República Checa y el Instituto de Investigación de Materiales Conglomerantes de Praga. Superando las expectativas basadas en las ediciones previas, el Simposio ha resultado un gran éxito, tanto desde el punto de vista de la participación —con más de 400 asistentes, entre participantes, patrocinadores, exhibidores e invitados, procedentes de 41 países diferentes— como por la calidad de las comunicaciones presentadas, un total de 177, repartidas en los cuatro temas en los que se estructuró el Simposio:

- Pavimentos sostenibles.
- Soluciones para áreas urbanas.
- Diseño y construcción.
- Mantenimiento y rehabilitación.

Este Simposio se celebra con una periodicidad cuatrienal desde el año 1969, y ha alcanzado un alto prestigio a nivel internacional, siendo uno de los eventos más importantes en la difusión del conocimiento de las técnicas relacionadas con los pavimentos de hormigón en el que participan expertos en la materia pertenecientes a las administraciones de carreteras, los centros de investigación, los proyectistas, los contratistas y suministradores de materiales y maquinaria. Este Simposio tomó el relevo del anterior, celebrado en Sevilla en el año 2010, y ha pasado el testigo a Alemania, donde se celebrará en 2018.

La conferencia inaugural “Perspectivas sobre el futuro de los pavimentos de hormigón usando lecciones del pasado” corrió a cargo de Gerald Voigt, presidente de la *American Concrete Pavement Association* (ACPA), quien



destacó la importancia de aportar soluciones y la promoción de políticas que respondan a las necesidades del cliente y que permitan la creación de oportunidades. Además, subrayó la necesidad de realizar cambios para permitir la competencia industrial (soluciones bituminosas y de hormigón), elemento dinamizador de primera importancia, para asegurar el más alto retorno de la inversión y el fomento de la innovación.

Mediante posters y presentaciones orales en las sesiones se discutieron temas de una gran actualidad e innovación:

- Impactos ambientales: tipologías de cementos, declaraciones ambientales de producto (DAP) o utilización de áridos reciclados y materiales fotocatalíticos, entre otros.
- Consideraciones sobre aspectos económicos con un enfoque hacia los parámetros adecuados para un análisis de coste del ciclo de vida.
- Aspectos sociales como el ruido y la seguridad, así como el desarrollo de nuevos métodos de acabado superficial y diferentes características de superficie.

- Pavimentos en túneles y la seguridad contra incendios.
- Aplicaciones urbanas, en particular, en las infraestructuras de transporte público.
- El aseguramiento de la calidad y los proyectos de participación público-privados.

Los premios al mejor artículo técnico y al mejor artículo de promoción recayeron, respectivamente, en Flip Flement (Bélgica) por su artículo “Hacia un proyecto estandarizado de las estructuras de los pavimentos para la red de tranvías en Flandes”, y Leif Wathne (EEUU) por su artículo “La elección del tipo de pavimento: ¿Cuál es el proceso ideal?”.

Por parte española, se presentaron siete comunicaciones, cuatro de las cuales fueron objeto de presentación oral en las sesiones del Simposio, mientras que las otras tres estuvieron presentes en la sesión de posters. En ellas se expusieron temas relacionados con la seguridad ante incendios en túneles de carretera, el comportamiento en España de firmes reciclados *in situ* con cemento y diversas realizaciones en carreteras y zonas urbanas. ❖

Premios del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid



Enrique Balaguer Camphuis y Julio Martínez Calzón galardonados con el Premio Ingenieros Destacados 2014

El Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid celebró, el pasado 27 de noviembre, en la Casa de América en Madrid la ceremonia de entrega de sus premios anuales 2014. A la celebración asistieron 350 colegiados y contó, entre otras autoridades, con la participación de Ana Pastor, ministra de Fomento, Julio Gómez-Pomar, secretario de Estado de Infraestructuras, Transportes y Vivienda, Liana Ardiles, directora general del Agua del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Pablo Cavero, consejero de Transportes, Infraestructuras y Vivienda de la Comunidad de Madrid y Paz González, delegada del Área de Urbanismo y Vivienda del Ayuntamiento de Madrid.

La ministra subrayó que “el valor y la gran satisfacción del ingeniero de caminos reside en que sus proyectos y sus ideas mejoran la calidad de vida de

las personas”. También destacó que los ingenieros son “profesionales solventes, que, junto a nuestras ingenierías, conforman una de las mejores credenciales de nuestro país”.

Miguel Ángel Carrillo, decano de la Demarcación de Madrid del Colegio de Caminos, Canales y Puertos, reclamó a los representantes de la Administración Local, Autonómica y Central “inversión en infraestructuras y su mantenimiento, realizada con visión de futuro y decisión”. También afirmó que “la inversión productiva, tal y como se hizo con la traída del agua y la creación del metro en los siglos XIX y XX, es la inversión más rentable para crear con éxito el país y el Madrid del siglo XXI”, y animó a “recuperar la tecnificación en las administraciones públicas y a rentabilizar el talento de los ingenieros de caminos en el desempeño de responsabilidades directivas”.

Premio Ingeniero Destacado

Este año el Colegio de Caminos, Canales y Puertos de Madrid premió a Enrique Balaguer Camphuis por su trayectoria profesional desarrollada en el campo de la docencia, de la investigación y en la gestión de las carreteras, tanto en España como en el ámbito internacional.

También premió a Julio Martínez Calzón por su labor docente y como una de las figuras más destacadas de la ingeniería estructural española, al haber introducido el uso de las estructuras mixtas de acero y hormigón en España y ser uno de sus máximos exponentes.

En la entrega del premio en la categoría “Ingeniero Destacado”, la ministra de Fomento valoró la importancia y singularidad de la trayectoria profesional de los ingenieros galardonados

Actividades del Sector

y subrayó que “una sociedad sin ingeniería sería una sociedad sin parte de su progreso”.

Ingeniero de Caminos Joven

Los galardones del Colegio de Madrid también reconocen la labor de los más jóvenes con la categoría “Premio de la Demarcación de Madrid al Ingeniero de Caminos Joven” que fue entregado por Julio Gómez-Pomar, secretario de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda del Ministerio de Fomento.

El jurado ha querido reconocer en esta categoría la trayectoria profesional del ingeniero Juan Antonio López Aragón, por su pasada labor como jefe de gabinete en el Ministerio de Fomento y su actual trabajo como consejero parlamentario.

Mejor Obra Pública

El premio en la categoría “Mejor Obra Pública” fue entregado al *Centro Polivalente Barceló*, en cuya construcción han participado ACCIONA y Dragados, como una gran intervención ciudadana en pleno corazón de Madrid con un uso polivalente cultural, deportivo y de ocio. El jurado ha reconocido que planteaba retos construc-

tivos importantes por su incidencia y ubicación, destacando la prestación que esta ejecución aporta al municipio de Madrid.

También se otorgó una mención especial al *Centro de Gestión Integral CITRAM*, presentado por el Consorcio Regional de Transportes de Madrid. El galardón fue entregado por Ignacio Aránguez, vicedecano del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid.

Mejor Obra Pública Municipal

El Premio de la Demarcación de Madrid a la “Mejor Obra Pública Municipal 2014” fue entregado por Pablo Cavero, consejero de Transportes, Infraestructuras y Vivienda de la Comunidad de Madrid a los responsables del *Hospital Rey Juan Carlos en Móstoles (Madrid)*, desarrollado por OHL. Se ha premiado este proyecto por su complejidad, pues se trata de un nuevo modelo de hospital integrado con el entorno y sostenible, que ofrece a los ciudadanos la mejor asistencia sanitaria en los municipios del sur de Madrid adscritos a este centro.

También se dio un accésit al *Anillo Cicloturista de Soto del Real*, por su aportación a la movilidad sostenible en un pequeño municipio de Madrid.

Mejor Proyecto en el Exterior

La nueva categoría de galardón al “Mejor Proyecto en el exterior” premió el *Puente Vidin-Calafat sobre el Danubio* en cuya ejecución ha tenido gran relevancia la participación de la ingeniería española de manos de las empresas FCC Construcción y ACCIONA Ingeniería, y del estudio de Carlos Fernández Casado.

Julián Núñez, presidente de SEOPAN, entregó el premio a una obra que, según el jurado, permite difundir la capacidad de los técnicos y las empresas españolas de ingeniería y construcción, además de acercar nuestra cultura y estrechar relaciones con instituciones extranjeras de alto nivel.

Premio a la Responsabilidad Social y a la Sostenibilidad

En línea con los objetivos de Europa 2020 la Demarcación de Madrid ha querido reconocer la labor social de una empresa o institución introduciendo el nuevo “Premio a la Responsabilidad Social y a la Sostenibilidad”.

El galardón fue entregado por Liana Ardiles, directora general del Agua del Ministerio de Agricultura, Alimentación Medio Ambiente, a la empresa Ferrovial por su «Programa de Infraestructuras Sociales. Una experiencia de colaboración empresa-ONG para mejorar el acceso al agua y el saneamiento básico en América Latina y África».

Premio Periodístico

Este año se ha otorgado un accésit al mejor trabajo periodístico publicado en España sobre el sector al periodista Jordi Benítez por un reportaje publicado en la Revista Capital bajo el título «Informe Especial Infraestructuras: Bendito mercado exterior; lo que queda por hacer». El premio lo entregó Paz González, delegada de Área de Urbanismo y Vivienda del Ayuntamiento de Madrid. ❖



I CONGRESO MULTISECTORIAL DE LA CARRETERA

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

Ponente General: **D. Alberto Bardesi Orúe-Echevarría**

Valladolid
11 y 12 de mayo de 2015
Palacio de Congresos
“Miguel Delibes”

Organizan:



El Ministerio de Fomento presenta sus presupuestos para 2015

Los presupuestos del Grupo Fomento para 2015 ascendían a 17 496 millones de euros, esto supone un crecimiento real de un 6,1% con relación a 2014

La inversión presupuestada en 2015 se eleva a 9570 millones de euros, entre los que se incluyen la puesta en servicio de 250 km de autovía

La ministra de Fomento, Ana Pastor, destacó el pasado 13 de noviembre en el Congreso de los Diputados que al inicio de la legislatura el Grupo Fomento estaba en “grave crisis”, con un resultado en 2011 que arrojaba fuertes pérdidas por importe de 694 millones de euros, y ahora presenta “resultados positivos”.

Por su parte, el subsecretario de Fomento, Mario Garcés, ya había anuncia-

do en octubre, en la presentación de los presupuestos para 2015 del Grupo Fomento ante la Comisión de Fomento del Congreso, que los presupuestos de este grupo ascendían a 17 496 millones de euros, cifra corroborada por la ministra que supone un crecimiento real de un 6,1%. De estas cifras, la inversión presupuestada en 2015 se eleva a 9570 millones de euros. Las inversiones se reparten de la siguiente forma: 5199 M€ para

ferrocarriles, 2194 M€ para carreteras, 961 M€ para política portuaria y seguridad marítima, 628 M€ para actuaciones de vivienda y suelo, y 535 M€ para aeropuertos, navegación y seguridad aérea.

“Hemos mejorado sustancialmente los resultados de las empresas, aumentando los ingresos y reduciendo los gastos. La previsión para 2015 muestra un EBITDA rozando ya los 3000 millones de euros, un 38% superior al de 2011”, remarcó Ana Pastor.

Estos presupuestos, dijo la ministra, son coherentes con la política del Gobierno, cuyos principales objetivos son la consolidación fiscal, la recuperación económica y la cohesión y vertebración territorial. Pastor aseguró que se puede consolidar la recuperación económica y hacer que el Ministerio de Fomento sea palanca de crecimiento y, a su vez, que cada euro que se invierta sea empleando bien los recursos públicos.

La ministra destacó que, por primera vez desde el inicio de la legislatura, el presupuesto se destina en su totalidad “a mirar al futuro y no a atender las deudas del pasado, tras sanear desde 2012 más de 5550 millones de euros”.

Carreteras

Con una inversión total de 2194 M€, en carreteras se van a acometer nuevas infraestructuras viarias (1156 M€), que



D. Mario Garcés, subsecretario de Fomento, y D^a Ana Pastor, ministra de Fomento en la rueda de prensa de presentación de los Presupuestos del Grupo Fomento

se destinarán, principalmente, al cierre o la continuidad de los principales corredores.

En este sentido, la ministra citó, entre otras, obras de gran relevancia como la autovía A-8 en Asturias y Cantabria, la autovía A-66 entre Benavente y Zamora, la A-7 del Mediterráneo en Granada o la A-15 en Soria. Junto a ellas, se realizarán obras para ampliar la capacidad de las autovías existentes, tales como

los terceros carriles en la V-21 y A-3 en Valencia.

En los entornos urbanos se llevarán a cabo actuaciones en circunvalaciones, nuevos accesos a puertos y aeropuertos. Entre ellos destaca el acceso viario al puerto de Barcelona, infraestructura del que se colocó la primera piedra el pasado 4 de diciembre.

Las actuaciones contempladas en el presupuesto también permiti-

rán finalizar en esta legislatura, si no hay problemas técnicos, el puente sobre la Bahía de Cádiz, que supondrá un impulso a la actividad económica de la zona; las obras de la variante de la A-4 en la ronda Suroeste de Córdoba o la variante de Talavera de la Reina.

Durante el año 2015 está previsto poner en servicio cerca de 250 km de nuevos tramos de autovía. ❖

Julio Gómez-Pomar nuevo secretario de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda

Julio Gómez-Pomar era, hasta el momento de su designación, presidente de Renfe-Operadora

El Consejo de Ministros aprobó el pasado 3 de octubre, a propuesta de la ministra de Fomento, Ana Pastor, el nombramiento de Julio Gómez-Pomar como secretario de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda, en sustitución de Rafael Catalá.

Julio Gómez-Pomar, era hasta el momento de su designación, presidente de Renfe-Operadora. Nacido en 1957, es doctor en Ciencias Económicas por la Universidad Complutense de Madrid y MPA (*Master in Public Administration*) por la Universidad de Harvard.

Ha desempeñado los puestos de secretario de Estado para la Administración Pública, director general de Fondos Comunitarios y Financiación Territorial, director general de la Tesorería de la Seguridad Social y director general del Instituto Nacional de la Seguridad Social.

Además, ha trabajado como profesor del IE Business School y director del Centro de Innovación del Sector Público de PWC y de IE Business School. ❖



D. Julio Gómez-Pomar toma posesión de su cargo como secretario general de Infraestructuras, Transporte y Vivienda

Autopista urbana de peaje North Tarrant Express (NTE)

El área metropolitana de Dallas-Fort Worth concentra una cuarta parte de la población de Texas, lo que le supone ser la cuarta aglomeración urbana más poblada de EE. UU. y la décima del mundo. Es, además, un área con un rápido crecimiento económico y de población, lo que provoca una necesidad continua de nuevas infraestructuras y mejora de las existentes.

El Grupo Ferrovial se ha hecho cargo del diseño, construcción, financiación, operación y mantenimiento de la autopista urbana de peaje *North Tarrant Express* (NTE) que discurre a lo largo de un corredor de tráfico en la zona metropolitana de Dallas-Fort Worth, que da servicio directamente a varios núcleos urbanos que generan un tráfico diario de casi 200 000 vehículos.

El proyecto incluye la construcción de nuevas vías peaje (*TEXpress Lanes*), la reconstrucción y ampliación de carriles libres de peaje (*General Purpose Lanes*) y vías de servicio (*Frontage Roads*) a lo largo de 13,3 millas (21,4 km). El proyecto se

desarrolla en varias fases y mejorará la movilidad a lo largo de la autopista Interstate-35 (I-35), Interstate-820 (I-820) y la autopista del estado 121/183 (SH-121/183), también conocida como *Airport Freeway*.

El primer tramo de la NTE se adjudicó bajo la modalidad *Public-Private-Partnership* (P3) al consorcio *North Tarrant Express Mobility Partners* (NTEMP), liderado por el Grupo Ferrovial, con una inversión total de 2050 millones de dólares USA.

NTEMP representa un consorcio de empresas formado por Cintra US (Grupo Ferrovial), líder mundial de concesiones privadas de infraestructura, *Meridian Infraestructure*, *The Dallas Police and Fire Pension System*. NTEMP tiene la responsabilidad de la financiación, diseño, construcción, operación y mantenimiento de la autopista durante los 52 años del período concesional. Bluebonnet contractors LLC, una UTE formada por Webber LLC y Ferrovial Agromán US Corporation, ha sido el contratista encargado del diseño y construcción de la autopista.

La modalidad P3 incorpora la inversión privada y permite unos plazos de puesta en servicio de la autopista mucho más rápidos que los contratos tradicionales. Para este primer tramo de la NTE, la inversión privada alcanzó 827 millones de dólares a los que se sumaron 650 millones de dólares de créditos "blandos" provenientes de las ayudas federales para la financiación de infraestructura e innovación (TIFIA). El monto total de la inversión se alcanzó con la aportación del Departamento de Transportes de Texas (TxDOT) que supuso un empujón adicional de 573 millones de dólares, que completaron la financiación de esta obra. La recuperación de los capitales invertidos se llevará a cabo mediante la recolección de peajes a lo largo de los 52 años de duración del contrato de concesión que incluye el mantenimiento y operación de la autopista.

El proyecto se divide en dos tramos a lo largo de la IH 820 (tramo oeste) y la SH 183 (tramo este), que suman un total de 13,3 millas (21,4 km) e incluye la remodelación y ampliación de tres



Proceso constructivo 121 split



Proceso constructivo 377

enlaces existentes. En ambos tramos, los carriles existentes libres de peaje (*General Purpose Lanes*) se amplían y se desplazan hacia el exterior de la traza para dar cabida en el centro de la sección transversal a los carriles de peaje (*TEXpress lanes*). Además, se amplían y prolongan las vías de servicio (*Frontage Roads*) que se disponen a lo largo de la traza en el exterior de la sección transversal y dan acceso a calles laterales y negocios de la zona. Las rampas de acceso comunican las vías de peaje, las generales y las de servicio entre sí, permitiendo al usuario elegir las vías de pago o las libres en función de la congestión que haya en el corredor.

El tramo oeste discurre a lo largo de las 6,4 millas (10,3 km) que van desde el enlace de la IH 820 al *North-East Interchange* con una sección transversal por sentido formada por dos carriles de peaje (*TEXpress lanes*), dos carriles libres para la circulación general (*General Purpose Lanes*) y dos adicionales para la vía de servicio (*Frontage Road*). Los carriles tienen una anchura de 12 pies (3,7 m) con un arcén de 10 pies (3 m), excepto en la vía de servicio (*Frontage Road*) que tiene un arcén reducido. La sección transversal permite la ampliación futura de un tercer carril por sentido en las vías libres de peaje (*General Purpose Lanes*)

La 6,9 millas (11,1 km) del tramo este se extienden desde el *North East Interchange* hasta *Industrial Boulevard*. Sus anchos de carril y arcenes son iguales a los del tramo oeste sin embargo, la sección transversal incorpora tres carriles por sentido para las

vías libres de peaje (*General Purpose Lanes*). La sección transversal de este tramo permitirá en un futuro ampliar un carril por sentido las vías de peaje (*TEXpress*)

La construcción de este proyecto está totalmente condicionada por la imposibilidad de cerrar al tráfico la carretera y calles adyacentes excepto para operaciones de muy corto periodo (i.e. colocación de vigas durante la noche). Los desvíos de tráfico han sido innumerables y la demolición y construcción de nuevas estructuras para las 17 carreteras o calles que cruzan la autopista ha obligado ejecutar estas estructuras por fases, para no reducir en ninguna de las fases del proceso constructivo los carriles existentes inicialmente.

Se han diseñado y construido 79 puentes que suman 186 000 metros cuadrados de superficie de tablero. Además de la superficie de estructuras, las unidades de obra más destacables son:

- Superficie de muros de tierra armada: 205 000 m².
- Volumen de excavación: 3,9 millones de m³.
- Volumen de terraplén: 1,8 millones de m³.
- Pavimento asfáltico: 1,1 millones de toneladas
- Marcos de drenaje transversal: 12 800 metros lineales
- Tubería de drenaje: 86 000 metros lineales

La construcción de la autopista ha requerido el desvío parcial o completo de 300 km de distintos tipos de servicios y ha afectado a 29 propietarios

de servicios incluyendo, municipios, comunicaciones, energía, tuberías de gas e hidrocarburos, abastecimiento, saneamiento, etc. lo que ha convertido a la NTE en el proyecto de Texas con mayor número y longitud de servicios afectados; solamente el desvío de uno de los cables de comunicaciones requirió más de 2 millones de empalmes.

Las vías de peaje (*TEXpress*) funcionan de forma automática, de tal manera que los usuarios no tienen que pararse para realizar el pago del peaje que tiene un precio dinámico que cambia en función de la congestión existente en cada momento. El precio del peaje dinámico se ha diseñado con el objetivo de que el usuario pueda circular a una velocidad mínima de 50 millas por hora (80 km/h)

El precio del peaje fluctúa basado en la velocidad media y el número de usuarios que quieren usar las vías de peaje es decir, en la oferta y la demanda, que se controla en tiempo real permitiendo ajustar los precios a lo largo del día. Los precios, que pueden subir o bajar a lo largo del día (i.e. los precios son más bajos en las horas valle), son notificados al usuario mediante paneles de mensajería variable antes de entrar en las vías de peaje (*TEXpress*)

El contrato de este proyecto se firmó con el Departamento de Transportes de Texas (*TxDOT*) en octubre de 2010 y las obras se terminaron cuatro años más tarde, lo que supone que el usuario tiene ya a su disposición una autopista con el doble de capacidad con más de nueve meses de adelanto sobre el plazo previsto. ❖

Reunión del Comité Ejecutivo y del Consejo de la Asociación Mundial de la Carretera



A finales del pasado mes de octubre tuvieron lugar en Santiago de Chile las reuniones del Comité Ejecutivo y del Consejo de la Asociación Mundial de la Carretera, que reúne a representantes de los 120 países que son miembros de la Asociación. Este Consejo es el tercero de este ciclo, que comenzó en 2012 en Lucerna con el nombramiento de Óscar de Buen Rickarday como actual presidente de la Asociación y con la elección de un Comité Ejecutivo, en el que España está representada en la persona de M^a del Carmen Picón Cabrera.

No obstante, los ciclos técnicos de trabajo de la Asociación se desarrollan con un año de adelanto a los ciclos de gobierno, al objeto de dar una mayor estabilidad a los mismos y que los cambios no se produzcan al mismo tiempo. Así, la Asociación, por medio de sus Comités Técnicos está desarrollando el actual Plan Estratégico 2012-2015 que culminará con la celebración del Congreso

Mundial de la Carretera en Seúl en noviembre de 2015.

Las reuniones de los órganos de gobierno de la Asociación han estado marcadas en esta ocasión por el momento temporal de desarrollo del ciclo de trabajo, con la próxima culminación del trabajo de los Comités Técnicos y la preparación de su presentación en el Congreso Mundial, así como por el estado de avance del nuevo Plan Estratégico 2016-2019, que deberá aprobarse definitivamente en el Consejo de 2015, y que como novedad plantea la existencia de cinco temas estratégicos así como la coexistencia de distintas tipologías de grupos de trabajo (Comités Técnicos por ciclo de 4 años, Comités Técnicos multiciclo, "Task Force" de 2 años y Comités transversales).

Pero además de ello, ha habido temas singulares que es obligado destacar, como el nombramiento de Francisco Criado Ballesteros como Miembro de Honor de la Asociación Mundial de la Carretera.

Y temas de una enorme importancia estratégica, como la aprobación por el Comité Ejecutivo de una resolución que establece que el español será idioma oficial de la Asociación en 2020 (hasta ahora y desde su creación los idiomas oficiales son el inglés y el francés), y en la que se crea un Grupo de Trabajo para que establezca un Plan de Acción con diferentes etapas y con las medidas específicas que permitan alcanzar este objetivo. Dicho Plan de Acción deberá ser presentado al próximo Comité Ejecutivo en abril, con vistas a su aprobación por el Consejo en Seúl en 2015.

Esta importante decisión fue tomada tras un intenso debate sobre el Informe "Oportunidades y Beneficios para la Asociación Mundial de la Carretera de un uso más eficaz del idioma español", elaborado por un Grupo de Trabajo en el que participaba España, y que previo a su discusión en el Comité Ejecutivo había sido analizado por las Comisiones



de Plan Estratégico, Comunicación y Finanzas y el Secretariado General de la Asociación. No obstante, la decisión finalmente aprobada, va más allá de lo propuesto en dicho informe ya que consigue para el español el status de lenguaje oficial, gracias a la importante apuesta que realizaron los miembros hispanohablantes del Comité Ejecutivo y al apoyo decidido de otros miembros de países como Estados Unidos, Reino Unido, Canadá, Australia o Noruega.

Otros temas a mencionar son el nombramiento de Óscar Gutiérrez Bolívar Coordinador del tema Estratégico 4, en sustitución de Vicente

Vilanova, y el nombramiento de José M^a Izard Galindo como miembro de la Comisión de Comunicación y Auditor Interno para el resto del ciclo en curso hasta final de 2016, en sustitución de Belén Monercillo, todo ello a propuesta del Primer Delegado de España.

Y por último destacar que se desarrolló un interesante debate sobre las políticas nacionales de adaptación y mitigación del cambio climático en el sector de la carretera, y que se presentó oficialmente el informe "Importancia de la Conservación de Carreteras", redactado con el objetivo de que los responsables de la toma de

decisiones reconozcan la importancia de la conservación, así como la de financiarla y administrarla adecuadamente para extraer el máximo valor de la red de carreteras. Dicho Informe pone de manifiesto que la insuficiencia de las inversiones o una mala administración de la red tendrán graves consecuencias para la economía y el bienestar social, y proporciona argumentos en favor de la importancia de la conservación de las vías con base en evidencias consistentes procedentes de todo el mundo. La traducción al español del Informe ha sido realizada por España y se encuentra disponible en la página Web de la AIPCR. ❖

Francisco Criado nombrado Miembro de Honor de la Asociación Mundial de la Carretera



Francisco Javier Criado Ballesteros es ingeniero de caminos, canales y puertos (1972) y miembro del Cuerpo de ingenieros de caminos, canales y puertos del Estado. Entre otros cargos ha sido director general de Carreteras del Ministerio de Fomento (2004-2008), presidente de la Asociación Técnica de Carreteras (2001-2004), director técnico de la Empresa Nacional de Autopistas (ENA) y profesor de la Escuela de ingenieros de caminos, canales y puertos de Madrid.

Desde el inicio de su carrera profesional ha sido miembro destacado de los comités técnicos de la ATC y de comités técnicos internacionales de la AIPCR/PIARC. Entre sus actividades como presidente de la ATC y miembro del Comité Ejecutivo de la Asociación Mundial de la Carretera destaca su participación directa en la creación del Consejo de Directores de Carreteras de Iberia e Iberoamérica (DIRCAIBEA).



Congreso Mundial de la Carretera Seúl 2015

La Asociación Mundial de la Carretera (AIPCR/PIARC) celebra cada cuatro años un Congreso Mundial de la Carretera. Desde aquél primero que tuvo lugar en 1908 en París, este evento ha tenido lugar en diferentes países miembros de la AIPCR, convirtiéndose en un foro para compartir información entre los participantes, reforzando la cooperación, afianzando el papel de cada uno y construyendo un sistema cooperativo para solucionar problemas del transporte por carreteras. Estos congresos mundiales continúan conectando distintas culturas y contribuyendo al desarrollo de la industria del transporte por carretera.

El próximo evento de estas características, el XXV Congreso Mundial de la Carretera, tendrá lugar en el centro de convenciones de Seúl, en Corea (COEX) del 2 al 6 de noviembre de 2015. En la organización de este congreso colaboran la Asociación Mundial de la Carretera, responsable del contenido y desarrollo del programa, el ministro de Infraestructuras y Transportes de Corea, la *Korea Expressway Corporation*, la *Korea Road & Transportation Association* y el Comité Nacional Coreano de la AIPCR.

En él se tratarán las más diversas facetas del sector del transporte vial, incluidos los cuatro nuevos temas estratégicos de la AIPCR: i) gestión y rendimiento, ii) acceso y movilidad, iii) seguridad e iv) infraestructura, y se convertirá sin duda alguna en un escenario de oportunidades para crear un nuevo valor para el futuro del sector de transporte vial por medio de la presentación de nume-

rosos resultados de investigaciones realizadas y las buenas prácticas, el debate entre los interesados con diversos antecedentes sobre nuevas tecnologías y los casos de diferentes países, el establecimiento del sistema de cooperación y el intercambio de informaciones. El último Congreso de estas características tuvo lugar en México del 26 al 30 de septiembre de 2011.

Actualmente, ya está cerrada la convocatoria para la presentación

de ponencias. En la página web de la AIPCR/PIARC 5 se indica el gran éxito de respuesta de los 36 temas propuestos por los Comités Técnicos, con más de 750 resúmenes presentados, procedentes de 85 países. Las decisiones sobre la aceptación de los resúmenes propuestos han sido notificadas mediante correos electrónicos personalizados.

[Cuenta atrás para el XXV Congreso Mundial de Carreteras de 2015](#)

El Comité Organizador del XXV Congreso Mundial de la Carretera celebró, el pasado 5 de noviembre de 2014, un acto por el que se daba iniciado el comienzo de la cuenta atrás de los 365 días restantes para el comienzo del congreso. Durante este evento intervinieron el presidente del Comité Organizador Kim Hak-Song, presidente de la Corporación de Autopista de Corea, Yeo Hyeon Gu, viceministro de Tierra, Infraestructura y Transporte, Lee Geon Ki, vicealcalde de la ciudad de Seúl, y Kim Hee Kook, diputado que integra el Comité de Tierra y Transporte de la Asamblea Nacional.

El Comité Organizador logró, mediante este evento, reconfirmar el interés y el entusiasmo de las personas del ámbito de las carreteras y el transporte que anhelan el éxito del XXV Congreso Mundial de la Carretera en Seúl. Ante los presentes, el comité declaró que dedicará su máximo esfuerzo para que el congreso pueda motorizar el crecimiento y desarrollo de la industria vial y transporte. ❖



Luis Alberto Solís Villa nombrado presidente de la Asociación Técnica de Carreteras



Luis Alberto Solís es ingeniero de caminos, canales y puertos por la Universidad Politécnica de Madrid (1978) y funcionario de carrera del Cuerpo de ingenieros de caminos, canales y puertos del Estado. Desde el año 1995, desempeña el cargo de director general de Carreteras e Infraestructuras de la Consejería de Fomento y Medio Ambiente de la Junta de Castilla y León.

La Junta Directiva de la Asociación Técnica de Carreteras nombró, en la reunión celebrada el pasado 25 de noviembre de 2014, nuevo presidente para el periodo 2015-2019 a Luis Alberto Solís Villa, quién comenzará de forma efectiva en su cargo el 1 de enero de 2015 en sustitución de Roberto Alberola García, que ha ejercido brillantemente esta labor durante los diez últimos años.

Luis Alberto Solís Villa desempeña, desde el año 1995, el cargo de director general de Carreteras e Infraestructuras de la Consejería de Fomento y Medio Ambiente de

la Junta de Castilla y León, claro exponente de su elevada profesionalidad y referente nacional de los gestores públicos de carreteras. Es, además, miembro de la Junta Directiva de la ATC desde el año 2001, así como Socio de Honor de esta Asociación, en la que ha participado activamente en los comités técnicos de firmas tanto a nivel nacional como internacional.

Ingeniero de caminos, canales y puertos por la Universidad Politécnica de Madrid (1978), es también funcionario de carrera del Cuerpo de ingenieros de caminos, canales y puertos del Estado. Con el proce-

so de transferencias pasó a la Administración Autonómica en la que desempeñó diversos puestos antes de ocupar el cargo de director general de Carreteras.

A lo largo de su carrera profesional, Luis Alberto Solís Villa ha participado en numerosas jornadas y congresos de carreteras, y cuenta con diversas publicaciones técnicas en el ámbito de los firmes, entre las que cabe destacar el libro «Recomendaciones de proyecto y construcción de firmes y pavimentos» de la Junta de Castilla y León, del que fuera coautor y director técnico. ❖

VI

Simposio de Túneles de Carretera

Explotación Sostenible de Túneles



ZARAGOZA

11, 12 y 13 de marzo de 2015

Rafael López Guarga

Presidente del Comité Técnico de Túneles de la Asociación Técnica de Carreteras.
Director Técnico del Simposio

En los últimos veinte años se ha producido un crecimiento de las infraestructuras del transporte y en particular de los túneles y obras subterráneas, siendo cada vez de mayores dimensiones y longitud. Tanto es así que en la actualidad en la red de carreteras del Estado se encuentran en servicio un total de 331 túneles (497 tubos) con una longitud total de 279,6 km, que habría que incrementarlos aproximadamente en un 18% para tener en cuenta los de las redes pertenecientes a otras Administraciones, no estando incluidos los túneles

urbanos. Aunque no existe un elevado número de túneles de los que se da en llamar "de gran longitud", si que hay 14 de ellos que superan los 3 km.

Independientemente del coste de su construcción, de todos es sabido el elevado coste de explotación, valorado entre 130 000 y 300 000 €/km en función de su longitud total e instalaciones con los que está equipado, convirtiéndola en un reto permanente que requiere dominar técnicas y herramientas cada vez más sofisticadas y complejas.

En el contexto económico actual resulta más necesario que nunca actuar de forma eficiente. Para garantizar la seguridad no es suficiente el empleo de una avanzada tecnología o la mejora de la infraestructu-

ra, sino que se requiere un enfoque global, identificando las actuaciones más rentables y definiendo las prioridades para su puesta en práctica. Deben considerarse todos los factores que influyen en la seguridad: la infraestructura del túnel, la explotación, la gestión de la seguridad, el tráfico y el comportamiento del conductor, debiendo identificar métodos para asegurar la explotación sostenible a través de la revisión de las prácticas actuales y esbozar lecciones aprendidas de la gestión de la seguridad y el análisis de los incidentes, siendo también importante un adecuado conocimiento de los procesos de vida útil de los sistemas.

De nada sirve todo lo anterior si los usuarios del túnel (conductores y

viajeros) no son conscientes de cuál debe ser su conducta al circular por un túnel, como la distancia de seguridad, respeto a la señalización, ... o no conocer los modernos equipamientos ni saber cómo actuar en caso de retención, avería, incendio o accidente. Además debe de hacerse gran hincapié en la formación del personal de explotación, principalmente en la de los operadores, así como en la de los conductores profesionales y personal externo.

La gestión eficaz de un túnel precisa que la gestión de las emergencias también se haga de forma eficaz.

Pues bien, bajo el título "Explotación sostenible de túneles" se pretenden abordar todos estos temas en el VI Simposio de Túneles de Carretera que organiza el Comité Técnico de Túneles de la Asociación Técnica de Carreteras y se tratará de poner al día el estado del arte de todas las técnicas, prácticas y formas de gestión para una más eficaz explotación de los túneles al menor coste posible, involucrando a todas las partes participantes: propiedad, gestor, empresa de explotación y usuario.

Por ello se invita a participar en este nuevo encuentro a todas aquellas personas, empresas, organismos e instituciones interesadas, con el deseo de que con su contribución se mejorará la calidad de este tipo de infraestructura y en general la de nuestro sistema viario que será más eficaz y seguro. ❖

LUGARES Y FECHAS

El Simposio de celebrará en:

Auditorio de Zaragoza

Calle de Eduardo Ibarra, 3

50009 Zaragoza



Fecha de celebración: 11, 12 y 13 de marzo de 2015.

TEMARIO

- Análisis de riesgo.
- Responsables en las distintas fases.
- Sistema de ventilación y control de incendios.
- Eficiencia energética.
- Nuevas tecnologías.
- Reparación y rehabilitación.
- Pavimentos.
- Planes de intervención y seguridad. Simulacros.
- La integración y homogeneización de las instalaciones y equipamientos.
- Centros de control.
- Comunicaciones libres.



Para más información, en las siguientes direcciones web:

<http://www.atc-piarc.com>

<http://www.congresosatcpiarc.es/>

Jornada Técnica Criterios de Intervención en Puentes de Fábrica



D. José María Morera, vicepresidente de la Asociación Técnica de Carreteras; D. José Javier Díez Roncero, secretario general del Colegio del Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos y D. Álvaro Navareño, presidente del Comité de Puentes de la ATC, Dirección General de Carreteras (Ministerio de Fomento)

El Grupo de Trabajo de Puentes de Fábrica de la ATC/AIPCR presentó el libro *Criterios de Intervención en Puentes de Fábrica*

La Asociación Técnica de Carreteras (ATC - Comité Nacional de la Asociación Mundial de la Carretera) celebró en Madrid, el pasado 18 de noviembre de 2014, la Jornada Técnica de “Criterios de Intervención en Puentes de Fábrica”, en el Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos (CICCP), y en la que se registraron 140 asistentes.

A lo largo del día se trataron temas relacionados con los procesos constructivos, la reparación y la rehabilitación de puentes de fábrica, con motivo de la presentación de la monografía homónima a la Jornada “Criterios de Intervención de Puentes de Fábrica”, llevada a cabo por el Grupo de Trabajo Puentes de fábrica, perteneciente

al Comité de Puentes de la Asociación Técnica de Carreteras, coordinado por Javier León. Esta monografía recopila la experiencia colectiva de sus autores, revisa las técnicas disponibles para el diagnóstico y el análisis estructural y establece los criterios que hay que considerar en la toma de decisiones sobre el alcance de las intervenciones.

La monografía, estructurada en siete capítulos, se entregó a los asistentes y se desarrolló durante la Jornada. El primer capítulo, “Motivos, si los hay, para la intervención para la intervención” se dedica a profundizar en las acciones derivadas del Sistema de Gestión, mantenimiento y conservación ordinarias, y actuaciones especializadas de rehabilitación, adecuación fun-

cional y refuerzo. A continuación, los autores dedican otro capítulo al valor patrimonial e histórico de los puentes, sus daños y su rehabilitación. El capítulo tres, “Técnicas de modificación del ancho de la plataforma y criterios de elección” expone las posibilidades que, en opinión de los autores, se deberían tener en cuenta, en una de las intervenciones más frecuentes, como es la de ensanchar los tableros. El cuarto capítulo se dedica a los trabajos previos que hay que desarrollar, para conocer datos patrimoniales, históricos, de caracterización de la obra existente y del entorno; para valorar la viabilidad e idoneidad de la intervención pretendida. La siguiente parte trata sobre el análisis estructural del puente, tanto

en el estado previo como en el posterior a la intervención. El capítulo seis trata sobre procesos constructivos y a éste se le dedicó una sesión entera en la Jornada Técnica. Esta parte se centra en los procesos constructivos aplicables al ensanche o ampliación de puentes de fábrica en función de las tipologías adoptadas, además de recoger recomendaciones y criterios para el resto de intervenciones. En último lugar, el libro dedica un breve capítulo a los aspectos específicos del proyecto y a las características que debe tener el plan de mantenimiento.

Inauguración y homenaje

La inauguración de este evento contó con la presencia de José María Morera, vicepresidente de la Asociación Técnica de Carreteras, José Javier Díez Ron, secretario general del CICCP y Álvaro Navareño, presidente del Comité de Puentes de la ATC y consejero técnico de la Subdirección General de Conservación de la Dirección General de Carreteras, del Ministerio de Fomento, que junto a Francisco Javier León fue director técnico de la Jornada.

En primer lugar, José Javier Díez Ron dio la bienvenida a los asistentes al Colegio de Ingenieros de Caminos y felicitó por la elección del tema de la jornada y rendir homenaje a Ramón del Cuvillo, fallecido en diciembre 2012, quien, como recordó, decía que hay que sentir amor por los puentes para que sigan siendo útiles y al mismo tiempo hermosos. Lo que entronca, afirmó con la mejor tradición de nuestros ingenieros estructurales: Eduardo Torroja, Carlos Fernández Casado, José Antonio Fernández Ordóñez. "Esta jornada aportará criterios y soluciones de futuro", afirmó y continuó explicando el objetivo de la Jornada Técnica: "Llegar a los técnicos del sector público y de la empresa y aportar soluciones con criterios fundados para ayudar a tomar decisiones sobre puentes de fábrica existentes".

A continuación, Álvaro Navareño continuó con este homenaje a la figura



Integrantes de la mesa redonda: ¿Hay sensibilidad hacia los puentes históricos?

de Ramón del Cuvillo, que fue durante muchos años presidente del Comité de Puentes de la Asociación Técnica de Carreteras, y destacó de él su visión excepcional e innovadora y su defensa de los ingenieros de puentes. Además, el director técnico de esta Jornada recordó que Ramón del Cuvillo fue un precursor de la conservación de este tipo de estructuras.

José María de Villar (Torroja Ingeniería) repasó su polifacética trayectoria profesional y recordó que a este doctor ingeniero de caminos le hubiera gustado dedicarse aún más al proyecto y asistencia de puentes. Pero también lo describió como persona, con las palabras que para él mejor lo definen: "Honestidad, rigor, sencillez y conocimiento".



Álvaro del Cuvillo

Sesiones

La mañana continuó con la primera sesión de la Jornada Técnica, moderada por Emilio Criado (Dirección General de Carreteras, Ministerio de Fomento). En primer lugar, Francisco Javier León, coordinador del Grupo de Trabajo de Puentes de Fábrica de la ATC y profesor de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, de la Universidad Politécnica de Madrid, presentó la monografía elaborada cuyo objetivo es "ayudar a

entender con criterio, los puentes de fábrica como un bien patrimonial; saber situarlos en el contexto temporal y constructivo; interpretar sus daños; saber cómo funcionan: para entenderlos, aprovecharlos y quererlos; tomar decisiones de intervención con criterio fundado; y documentar la intervención y su reversión futura".

A continuación, participaron en la sesión: Manuel Durán (E.I.C. Durán S.L.) con la ponencia *Motivación de la intervención en puentes históricos de fábrica*; Gonzalo Arias (Ines Ingeniería) con su

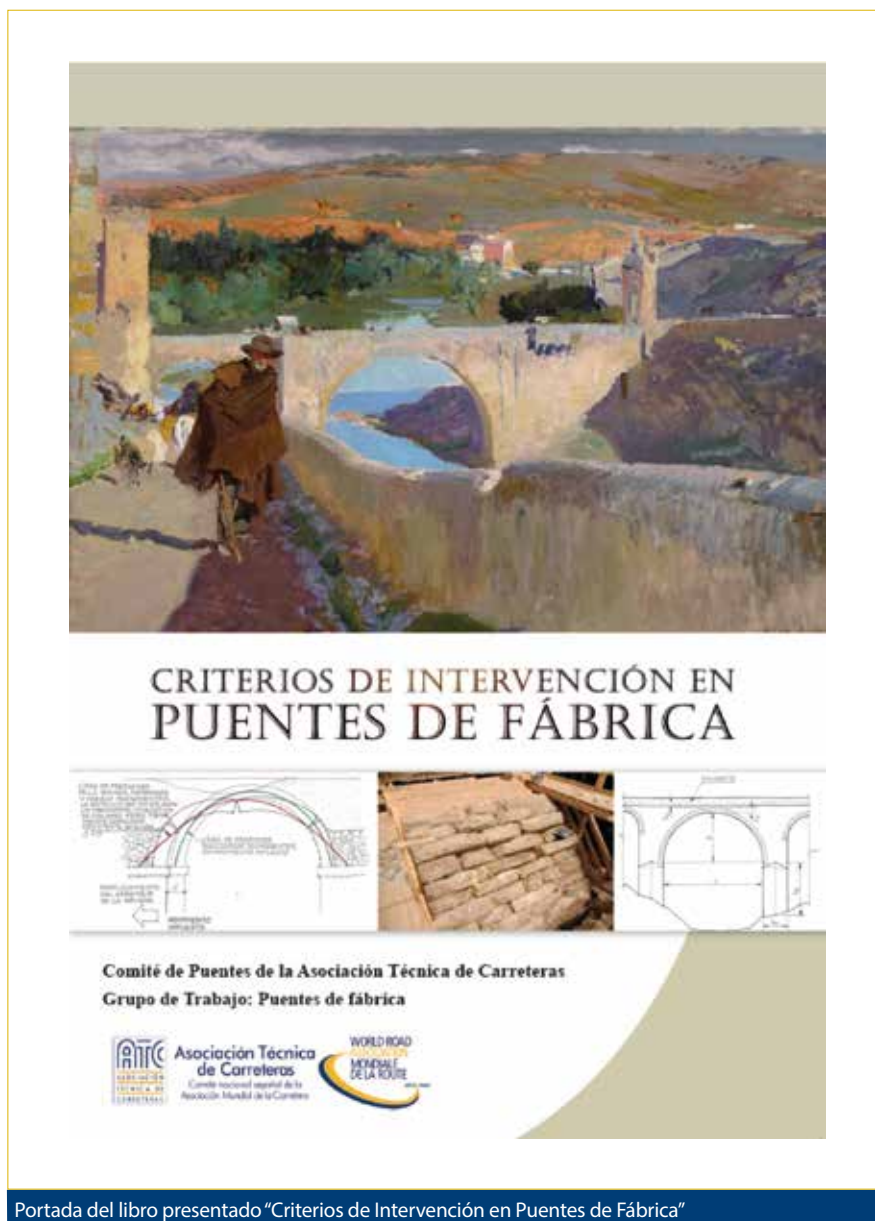
explicación sobre *Técnicas de modificación del ancho. Criterios de elección*; y cerró finalmente la sesión José Antonio Martínez (ETSICCP – UBU) con *Criterios de intervención en la recuperación del ancho original*.

José Enrique Pardo (Agencia Gallega de Infraestructuras, Xunta de Galicia) moderó la segunda sesión en la que se presentaron las bases para el análisis estructural (Antonio González Mejide, Temha y Fco. Javier León). A continuación, Leendert de Haan (Ineco) y Juan Rodado (Proindec) dedicaron unas palabras al capítulo seis de la monografía del grupo de trabajo, dedicado a *Procesos constructivos*. En esta parte se explica la importancia de atender en el proceso constructivo a la integridad estructural, la seguridad y reversibilidad.

Tras esta sesión, tuvo lugar la mesa redonda *¿Hay sensibilidad hacia los puentes históricos?*, moderada por Mercedes López (Cátedra de Arte y Estética, ETSICCP -UPM). En ella participaron Enrique Saiz (director de Patrimonio), Antonio Méndez (dirección general de Patrimonio de la Comunidad de Madrid), Máximo Cruz (ingeniero, profesor experto de la UNEX) y Ana Berrocal (ETSICCP -UPM). Después del debate y como conclusión, Mercedes López destacó que la conciencia sobre el patrimonio de las obras públicas está creciendo, no solo en el ámbito académico, en el que habrá que ir incluyéndola en los planes de estudio, sino también en la sociedad con una mayor implicación por parte de la ciudadanía.

Última sesión y conclusiones

La última sesión de la Jornada técnica se dedicó a algunas realizaciones: *Rehabilitación de puente de fábrica*, a cargo de Miguel Ángel Delgado (Composán Puentes); *Rehabilitación de obra de fábrica*, cuyo autor fue Rafael Montejo (Retineo), *Rehabilitación de puente de fábrica*, expuesta por Francisco González (Betazul) y Luis Cosano (Freyssinet). En esta parte de la Jornada



Portada del libro presentado "Criterios de Intervención en Puentes de Fábrica"

se analizaron puentes como el del Valle de Arán, sobre el río Garona en Lleida y el puente mocha en Valdemaqueda. Estas ponencias dieron paso finalmente a una mesa redonda titulada *¿Problemas en la ejecución?* En ella, participaron Francisco Javier León, Luis Esteras (ADIF), José Enrique Pardo y Manuel Durán, bajo la moderación de Luis Ortega.

Álvaro Navareño y Francisco Javier León clausuraron la jornada. En primer lugar, el presidente del Comité de Puentes de la ATC afirmó, entre sus conclusiones: "Detrás de cada piedra de los puentes de fábrica hay una historia. Tenemos que ser conscientes de esto y sensibilizarnos más con este tipo de obras". Asimismo, indicó que

no se puede dejar de lado este tipo de estructuras en la ingeniería civil.

Por su parte Francisco Javier León agradeció a los miembros del Grupo de Trabajo que coordina su labor y comentó que como consecuencia de las nuevas necesidades que están surgiendo en España y los países del entorno, parece lógico volver la vista a los puentes existentes, en general, no sólo los de piedra, aunque a éstos de una forma particular, porque por sus características son seguramente los más longevos. "Desde ese punto de vista" – afirmó Francisco Javier León – "creo que merece la pena que profundicemos en las propiedades resistentes que tienen los puentes de piedra y que no siempre han sido conocidas".

Ramón del Cuvillo



La Jornada Técnica “Criterios de Intervención en Puentes de Fábrica” homenajeó al ingeniero de caminos, canales y puertos, Ramón del Cuvillo, fallecido en 2012 e impulsor del trabajo que constituye la monografía presentada en esta jornada, en la que el Grupo de Trabajo de Puentes de Fábrica de la Asociación Técnica de Carreteras (ATC) ha plasmado su investigación sobre el tema.

Este Grupo de Trabajo resaltó la figura de este profesional, que decía que el texto que escribieron -y que más tarde daría lugar al libro homónimo a la Jornada Técnica- tenía que ayudar a los ingenieros a sentir amor por los puentes, para que no se cometiesen más desmanes con estas nobles estructuras y siguieran siendo útiles y bellas. De hecho, Ramón del Cuvillo es autor de numerosos proyectos de puentes construidos, como el Puente de San Martín en Toledo (1975) o la cubrición de la plaza del Rey en Barcelona con vigas pretensadas de 1963.

La trayectoria profesional de Ramón del Cuvillo se divide en tres partes: por un lado, estuvo vinculado a la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento, como Jefe del Servicio de Puentes y Estructuras, desde 1963 hasta su jubilación en 1991. Durante esta etapa, dirigió, entre otros proyectos, el nuevo

Inventario de Puentes, que evaluaba la totalidad de puentes de la Red de Carreteras del Estado. Ramón del Cuvillo compaginaba entonces esta actividad con la dirección de la ingeniería CELETEC S.A., de la que fue fundador en 1965.

En segundo lugar, habría que añadir su labor en la docencia en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid, como profesor al frente del curso de Edificación en primer lugar (1963 – 1967), como profesor encargado del curso de Hormigón (1966 – 1991) y, finalmente, al frente de la cátedra de Hormigón (1974 – 1986).

Una tercera parte de su vida profesional está ligada a las asociaciones técnicas como la FIP, la ATEP y la IABSE, desde su especialización en puentes. Con la Asociación Técnica de Carreteras inicia su colaboración con la presidencia tanto del Comité Técnico Nacional de Puentes como de su equivalente internacional. Destacó su participación activa en el Congreso de la AIPCR en Bruselas en 1987. En 1991 fue director técnico del Simposio Internacional sobre Conservación, Rehabilitación y Gestión de Puentes celebrado en Madrid. Asimismo, ha colaborado con la ATC en la publicación de varios artículos y en el año 2010 fue nombrado miembro de Honor de esta Asociación. ❖

Jornada Técnica Nueva Norma de Trazado



Inauguración de la Jornada (de izquierda a derecha): Fuencisla Sancho, Juan Antonio Santamera, Manuel Niño, Roberto Alberola y José Antonio Hinojosa.

En la Jornada Técnica se presentó la Norma de Trazado 3.1 – IC, que se aplicará en los proyectos de nuevas infraestructuras viarias

El pasado 27 de noviembre de 2014 la Asociación Técnica de Carreteras celebró en el Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, en Madrid, una Jornada Técnica para informar sobre la nueva Norma de Trazado 3.1 – IC, que se aplicará en los proyectos de nuevas infraestructuras viarias, una vez sea publicada en el BOE, y que contempla las especificaciones de los elementos básicos para el proyecto de un trazado de carreteras.

A lo largo de la Jornada, miembros de la Comisión redactora de la norma junto a otros profesionales del sector de las carreteras presentaron este documento y explicaron el contenido de los distintos capítulos en que se divide.

Inauguración

La inauguración de la Jornada contó con la participación de Manuel Niño, secretario general de

Infraestructuras del Ministerio de Fomento; Juan Antonio Santamera, presidente del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos; Roberto Alberola, presidente de la Asociación Técnica de Carreteras; Fuencisla Sancho, subdirectora general de Estudios y Proyectos de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento y José Antonio Hinojosa, presidente de la Comisión redactora de la Norma de Trazado 3.1-IC.

En primer lugar, Manuel Niño habló sobre lo que supone esta norma: "Es un hito muy importante en lo que supone de elaboración y renovación de la normativa existente y es una herramienta fundamental en la elaboración de estudios y proyectos de carretera".

Así mismo, afirmó que esta norma, que viene a modificar la orden que fue aprobada el 27 de diciembre de 1999, ha buscado un compromiso entre los elementos importantes para los conductores (comodidad y seguridad), la sostenibilidad y las consideraciones ambientales. Es decir, lo que se busca con la norma es "obtener unas mejores carreteras al menor coste o, al menos, al coste más eficiente", dijo el secretario general de Infraestructuras del Ministerio de Fomento.

A continuación, Manuel Niño presentó a la Comisión redactora de la norma, nombrada el 8 de mayo de 2012 y constituida por Fernando Angulo, Manuel Bruno, Jesús Gómez de Barreda, Alfredo López, Fernando Pedraza, José Yuste Maicas y Fuencisla Sancho Gómez bajo la dirección de José Antonio Hinojosa.

Por último, Manuel Niño cerró su intervención concluyendo que la Comisión de redacción ha elaborado un texto de norma debatido, discutido, consensuado y trabajado y, en definitiva, es la opción elegida por la Dirección General de Carreteras para diseñar trazados de carreteras.

Fuencisla Sancho afirmó en esta inauguración que la situación económica actual hace que las inversiones tengan que ser sostenibles, tanto financiera como ambientalmente, y a ser prudentes en el manejo de conceptos como la seguridad y la comodidad de los usuarios. Además, afirmó: "El documento que hoy se presenta, mejora conceptos básicos y aspectos como la simulación previa en la percep-



D. Jorge Urrecho Corrales y D. Manuel Niño hacen entrega a D. José Antonio Hinojosa de una placa en reconocimiento por su trayectoria en la Dirección General de Carreteras y su participación destacada en la elaboración de la nueva Norma de Trazado.

ción del diseño antes de ponerlo y materializarlo en un plano con un usuario patrón o tipo. Todo eso nos va a llevar a disminuir el consumo de combustibles fósiles y a la descarbonización del medio sin renunciar a la movilidad".

Tras la presentación de esta Jornada y antes de que José Antonio Hinojosa explicara de un modo general la norma, el director general de Carreteras del Ministerio de Fomento, Jorge Urrecho Corrales, entregó a éste una placa a modo de reconocimiento por su "brillante trayectoria en la Dirección General de Carreteras", según dijo Manuel Niño. José Antonio Hinojosa no sólo ha tenido una participación destacada en la elaboración de la nueva Norma de Trazado sino que ha dedicado 45 años a su trabajo dentro de la Administración Pública, en diferentes puestos, dentro de la Dirección General de Carreteras.

Desarrollo de la Jornada

La Jornada Técnica se dividió en cuatro sesiones en las que se analiza-

ron los distintos capítulos de la nueva Norma de Trazado. La jornada tuvo gran aceptación y participación, lo que llevo en cada una de las cuatro sesiones a un turno de debate enriquecedor y dinámico.

La primera sesión, "Datos Básicos. Trazado en Planta y Alzado", fue moderada por Fernando Pedraza Majarez (jefe de Área de Planeamiento, Proyectos y Obras de la Demarcación de Carreteras del Estado en Extremadura). En ella, José Yuste (Jefe del Área de Planeamiento, Proyectos y Obras de la Demarcación de Carreteras del Estado en la Comunidad Valenciana) comentó el objeto de la norma, la comparó con la existente y explicó como se describen en ella las carreteras y sus elementos. Por ejemplo, con relación a la norma actualmente vigente desaparecen las denominaciones AP-120, AP-100, AP-80, R-100 y R-80 y aparecen las A-140 y A-130 y los valores intermedios de V que no son múltiplos de 20 km/h.

A continuación pasó a describir las principales novedades contenidas en los capítulos 3, 4 y 5 relativos a los

datos básicos para el estudio del trazado, el trazado en planta y el trazado en alzado.

La segunda sesión, "Sección transversal, carriles adicionales y otros elementos de trazado", estuvo moderada por José Yuste y la presentación corrió a cargo de Fernando Pedraza que profundizó en aspectos como los principios del diseño de carreteras de calzadas separadas, la transición del ancho de carriles y arcenes, así como los tipos de carriles y las plataformas para la circulación de determinados tipos de vehículos.

La tercera sesión "Conexiones y accesos a carreteras", fue moderada por Fernando Angulo Pellegrero (jefe de servicio de Supervisión de la Subdirección General de Estudios y Proyectos, de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento) y presentada por Alfredo López de la Fuente (jefe de Área de Planeamiento, Proyectos y Obras de la Demarcación de Carreteras del Estado en Madrid). Se explicaron varias definiciones descritas en la normativa vigente, así como las que aparecen en la normativa presentada. De esta manera, se distinguía entre el significado de conexión y acceso de ambas normas.

Por último, Alfredo López de la Fuente moderó la última ponencia "Nudos" en la que José Antonio Hinojosa habló de todos los aspectos relacionados con nudos, intersecciones y enlaces.

Principales cuestiones debatidas

En el debate que tuvo lugar en las sesiones se plantearon diversas cuestiones por parte de varios ponentes. Las más significativas fueron:

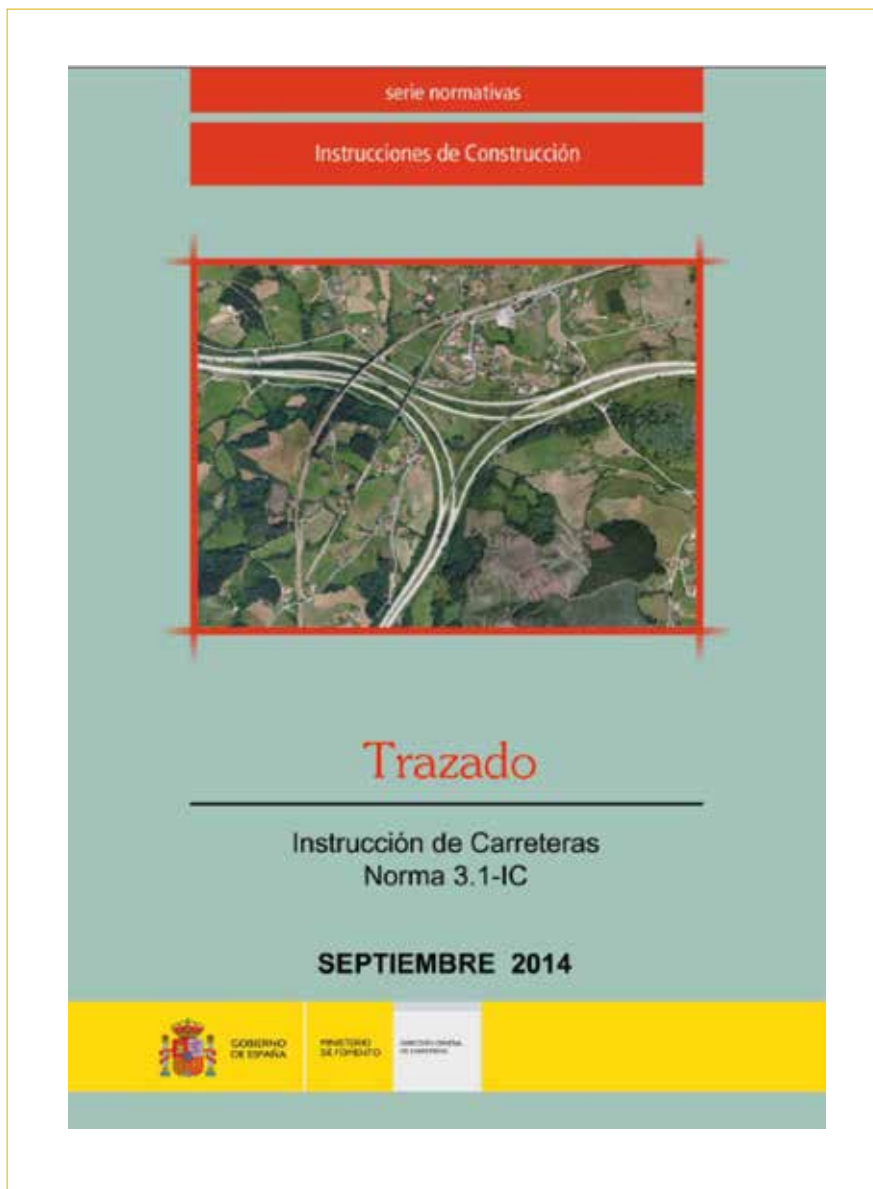
- la justificación de la altura del obstáculo,
- la revisión de los coeficientes de rozamiento (rueda-pavimento),
- el valor mínimo de inclinación de la rasante,
- el aumento del ancho del carril para velocidades de 130-140 km/h,

- la eliminación de la excepción "total" de aplicación de esta norma a "Proyectos de mejoras locales y actuaciones específicas" ya que la no aplicación de la nueva norma a dichos proyectos dejaría a las comunidades autónomas sin normativa para su diseño permitiendo entonces que existan accesos y conexiones sin control.
- la remisión de figuras, imágenes o alguna tabla del borrador de norma mejoradas (curvas de clotoideas mejor dibujadas, tabla de máxima longitudes de recta subsanada, la ecuación del acuerdo cóncavo subsanado, etc...),
- la manifestación de la necesidad de flexibilizar el diseño en el traza-

do, dependiendo del uso que se va a dar a la carretera,

- contemplar la problemática de que no coincida la velocidad de proyecto con la velocidad operativa,
- la mejora en el glosario del concepto de "calzada lateral".

La Dirección de la Jornada comentó que estas cuestiones serán objeto de análisis por parte de la de Comisión que ha redactado la nueva Norma de Trazado y adoptó la decisión de abrir un periodo de recepción de observaciones, de un mes, con objeto de mejorar en la medida de lo posible este documento que, a comienzos de 2015, iniciará su tramitación correspondiente con el fin de aprobarla como Orden Ministerial. ❖



Reunión del Comité Técnico Internacional de Vialidad Invernal



Miembros del Comité Técnico Internacional 2.4 de Vialidad Invernal.

El Comité Técnico Internacional de Vialidad Invernal de la Asociación Mundial de la Carretera ha celebrado una reunión en Madrid el pasado mes de octubre a la que asistieron representantes de 15 países. Este Comité Técnico se inscribe dentro de uno de los cuatro Temas (denominado "Accesibilidad y Vialidad") que se contemplan en el Plan Estratégico 2012-2015 de la Asociación Mundial.

El Comité Técnico tiene como tema principal el estudio y análisis del reto que supone para la vialidad invernal el mantenimiento de niveles de servicio aceptables, en el contexto actual de restricciones presupuestarias. Además, el Comité aborda otros temas, como la durabilidad de los sistemas de manteni-

miento invernal, los efectos del cambio climático sobre las operaciones de vialidad invernal y la comunicación con los usuarios.

Dentro del Comité se han establecido tres grupos de trabajo que corresponden al estudio de los ejes temáticos fijados:

- 1- Gestión de crisis ante episodios de meteorología adversa severa o continuada.
- 2- Sostenibilidad y consideraciones relativas al cambio climático en operaciones de vialidad invernal.
- 3- Tecnología avanzada para la recogida de la información y su distribución a usuarios y operadores.

Entre los objetivos del Comité también se encuentra la preparación del programa técnico del Con-

greso Mundial de Vialidad Invernal, que se organizan cada cuatro años, y la organización de seminarios.

A lo largo de la reunión se hizo referencia al Congreso Internacional de Vialidad Invernal, que tuvo lugar el pasado mes de febrero de 2014 en Andorra, así como al próximo Congreso Mundial de Carreteras que se celebrará en noviembre de 2015.

También se ha tratado sobre la celebración del próximo seminario, que tendrá lugar en Helsinki (Finlandia) en marzo del 2015, coincidiendo con la celebración de la próxima reunión del Comité Técnico. Este seminario da continuidad a los celebrados en la República Checa (octubre de 2009), en Mongolia (abril de 2011) y en Chile (marzo de 2013). ❖

La ATC entrega sus Medallas de Socio de Mérito



Federico Fernández Alonso, Justo Borrajo Sebastián, Jesús Rubio Alférez y Jesús Santamaría Arias recibieron esta distinción

La Asociación Técnica de Carreteras (ATC) celebró el pasado 25 de noviembre la Junta Directiva de la Asociación y al terminar la reunión se celebró, como es tradicional, el acto de entrega de las Medallas de Socios de Mérito concedidas en la reunión de la anterior Junta Directiva. Este año los profesionales que han recibido la Medalla de Socio de Mérito son: Federico Fernández Alonso, Justo Borrajo Sebastián, Jesús Rubio Alférez y Jesús Santamaría Arias.

Al acto asistió el director general de carreteras del Ministerio de Fomento y Primer Delegado del Comité Nacional Español de la Asociación Mundial de la Carretera, Jorge

Urrecho Corrales; el presidente de la ATC, Roberto Alberola; los vicepresidentes: José Luis Elvira Muñoz, Luis Alberto Solís Villa, Sandro Rocci Bocaleri, José María Morera Bosch y Pablo Sáez Villar; así como otros miembros de la Junta Directiva.

En primer lugar, Luis Alberto Solís Villa entregó la Medalla a Federico Fernández Alonso. Federico ha participado en los comités técnicos de la ATC: C-13 de Seguridad Vial, C-18 de Gestión de Riesgos para las Carreteras, C-23 de Sistemas Inteligentes de Explotación, Tráfico y Transporte. En la actualidad pertenece al Comité Internacional C-1.5: Gestión de Riesgos. Es miembro de la Junta Directiva de la ATC

desde el año 2005. El galardonado tomó la palabra y comentó que: "Quiero agradecer a la Asociación como organización por todo lo que he aprendido con ella desde 1991. Desde entonces, tanto en la revista como en los comités técnicos he participado mucho menos de lo que me hubiera gustado y me temo que menos de lo que hubierais deseado. Ha sido una experiencia inolvidable, que me ha permitido aprender mucho y sobre todo, conoceros".

A continuación, Justo Borrajo recibió la Medalla de Mérito de manos del director general de Carreteras, Jorge Urrecho Corrales, y agradeció esta entrega afirmando que la Asociación le había aportado conoci-

miento a su carrera profesional: "He ido mejorando a la vez que escribía artículos para la revista pero lo mejor que me ha dado la Asociación es haberos conocido a vosotros". Justo Borrajo es autor de numerosos artículos en la revista RUTAS y fue Delegado Oficial en el Congreso Mundial de Carreteras celebrado en Marrakesh. Desde el año 1991 participa activamente en varios comités técnicos de la ATC: Comité de carreteras interurbanas (1991-2003), Comité de transporte y desarrollo regional (1995-1999) y Comité de desarrollo sostenible y transporte por carretera (2003-2007).

Roberto Alberola hizo entrega de la Medalla de Mérito a Jesús Rubio Alférez. En la trayectoria profesional de Jesús Rubio destaca su participación continuada, desde el año 1988, en comités técnicos nacionales e internacionales y en los Congresos Mundiales desde Marrakesh (1991) a París (2007). Ha formado parte de varios comités internacionales, como el Grupo Ad Hoc sobre el cambio en las administraciones de carreteras, "Roads in urban areas", y en varios comités técnicos internacionales, igual que en los correspondientes comités técnicos nacionales. También es autor de numerosas publicaciones vinculadas a la ATC. En su intervención, Jesús comentó: "Mi agradecimiento es doble, por haber recibido la Medalla y por quien me la ha entregado. Ro-



berto Alberola ha sido un maestro y cuando yo no sabía desenvolverme en el mundo de las carreteras tuvo la paciencia de enseñarme como se enseñan estas cosas: trabajando". Y añadió: "De la Asociación os agradezco una cosa de una forma muy especial. Me da la sensación de que todos nosotros tenemos unas características parecidas en cuanto a que nos gusta trabajar en equipo y nos gusta hacer las cosas lo mejor que sabemos".

Por último, Jesús Santamaría recibió la Medalla de Mérito de manos de José Luis Elvira y dedicó su discurso a agradecer la labor que

realiza la ATC en la ingeniería de carreteras. Jesús Santamaría tiene una amplia trayectoria en la Asociación Técnica de Carreteras y en la AIPCR. Entre los años 1990 y 1994 ha pertenecido al grupo Nuevos métodos de gestión de tráfico de la AIPCR. Es miembro fundador de la red de intercambio de tecnología y carretera con sede en Montreal, organismo promovido y patrocinado por la Asociación Mundial de la Carretera. Desde el año 1993 es miembro del Comité técnico de geotecnia vial de la ATC, del que fue presidente entre los años 2001 y 2004. ❖



D. Federico Fernández Alonso



D. Justo Borrajo Sebastián



D. Jesús Rubio Alférez



D. Jesus Santamaría Arias

Composición de la Junta Directiva de la Asociación Técnica de Carreteras

PRESIDENTE: - D. Roberto Alberola García

CO-PRESIDENTES DE HONOR: - D. Jorge Urrecho Corrales
- D.ª María Seguí Gómez

VICEPRESIDENTES: - D. José Luis Elvira Muñoz
- D. Luis Alberto Solís Villa
- D. José María Morera Bosch
- D. Sandro Rocci Boccaleri
- D. Pablo Sáez Villar

TESORERO: - D. Pedro Gómez González

DIRECTOR GENERAL Y

SECRETARIO: - D. José María Izard Galindo

VOCALES:

- 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 Alberte
- En representación de los órganos de dirección relacionados con el tráfico:
 - D.ª Mónica Colás Pozuelo
 - D.ª Garbiñe Sáez Molinuevo
- En representación de los órganos de dirección de las Comunidades Autónomas:
 - D. Luis Alberto Solís Villa
 - D.ª María Auxiliadora Troncoso Ojeda
 - D. Iván Maestre Santos-Suárez
 - D.ª Margarita Torres Rodríguez
 - D. Carlos Estefanía Angulo
- 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.ª Mercedes Aviñó Bolinches
 - 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. José María Izard Galindo
- 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. Roberto Alberola García
 - D. Sandro Rocci Boccaleri
 - 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



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



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 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
XUNTA DE GALICIA. CONSELLERÍA DE MEDIO AMBIENTE
PRINCIPADO DE ASTURIAS

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 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
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, CONCESIONARIA DEL ESTADO, S.A.U.
AUCALSA, AUTOPISTA CONCESIONARIA ASTUR - LEONESA, S.A.
AUDENASA, AUTOPISTAS DE NAVARRA, S.A.
AUTOPISTAS DEL ATLANTICO, CONCESIONARIA ESPAÑOLA, S.A.
BIDELAN GIPUZKOAKO AUTOBIDEAK, 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.
ALDESA CONSTRUCCIONES, S.A.
ALVAC, S.A.
API MOVILIDAD, S.A.
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.
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 INGENIERÍA, 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.
OBRASCÓN HUARTE LAIN, S.A. (OHL)
PAVASAL EMPRESA CONSTRUCTORA, S.A.
PAVIMENTOS BARCELONA, S.A. (PABASA)
PROBISA VÍAS Y OBRAS, S.L.U.
PROES CONSULTORES, S.A.
PROINTEC, S.A.
PROYECTOS Y SERVICIOS, S.A. (PROSER)
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.
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.
TELVENT TRÁFICO Y TRANSPORTE, S.A.
TENCATE GEOSYNTHETICS IBERIA, S.L.
TRABAJOS BITUMINOSOS, S. L.
ULMA C Y E, SOCIEDAD COOPERATIVA
URBACONSULT, S.A.
VALORIZA CONSERVACIÓN DE INFRAESTRUCTURAS, S.A.
VSL CONSTRUCTION SYSTEMS, S.A.
V.S. INGENIERÍA Y URBANISMO, S.L.

Socios Individuales

Personas físicas (72) 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 es de 60,10 € para socios de la ATC y 66,11 € para no socios (+ I.V.A. respectivamente) 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 **RUTAS** póngase en contacto con nosotros:

Tel.: 913082318 Fax: 913082319

info@atc-piarc.com www.atc-piarc.com

http://www.atc-piarc.com/rutas_digital.php



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 numero de cuenta: 0234 0001 02 9010258094

Nombre

Empresa NIF

Dirección Teléfono

Ciudad C.P. e-mail

Provincia País

Fecha Firma

Nueva página web de la ATC



La Asociación Técnica de Carreteras ha puesto en marcha su nueva página web

<http://www.atc-piarc.com>

con la que queremos continuar siendo una referencia esencial para el sector de las carreteras, contribuir de forma determinante a facilitar la transferencia de tecnología, y al progreso y excelencia de nuestras carreteras y de la ingeniería española



3M Láminas retrorreflectantes microprismáticas



Tecnología que asegura
una visibilidad superior

Microprismas 3M con tecnología Full Cube Corner (Esquina de Cubo Completo)

La tecnología **Full Cube Corner**, desarrollada por 3M a nivel mundial, permite obtener valores máximos del Coeficiente de Retrorreflexión R' , luminancia, blancura, brillo y angularidad, ofreciendo una visibilidad superior las 24 horas del día. Además, facilita la producción con nuevas técnicas, como la impresión digital.

Esta tecnología microprismática de 3M es respetuosa con el medio ambiente, por su reducción de emisiones en el proceso de fabricación.

Una innovación tan eficiente no debía quedar reservada para un determinado nivel, por ello, 3M la ha implementado ya en todas sus láminas retrorreflectantes. Así, las señales de tráfico fabricadas con láminas retrorreflectantes microprismáticas 3M, sean de Clase RA1, Clase RA2, o Clase RA3, todas con Marca N y Marcado CE, son, siempre, la mejor solución para las exigentes condiciones del tráfico actual.

Gamas de láminas retrorreflectantes microprismáticas 3M

Clase RA1: **3M ENGINEER GRADE PRISMATIC™ EGP**. Con Marca N y Marcado CE

Clase RA2: **3M HIGH INTENSITY PRISMATIC™ HIP**. Con Marca N y Marcado CE

Clase RA3: **3M DIAMOND GRADE CUBE™ DG³**. Con Marca N y Marcado CE

La nueva Instrucción de Carreteras para Señalización Vertical 8.1-IC, indica que la Clase RA3 se divide en tres zonas, RA3 ZA, RA3 ZB y RA3 ZC. La lámina 3M Diamond Grade Cube™ DG³, cumple con las especificaciones de las tres zonas. De este modo es posible satisfacer todas las exigencias de la norma con un solo material retrorreflectante.