



**EN PORTADA                      RUTAS TÉCNICA                      CONGRESO**

Entrevista a  
D. Juan Antonio Santamera  
Sánchez, Presidente del Colegio de  
Ingenieros de Caminos, Canales y  
Puertos

- Aplicación del GEO-RADAR 3D  
Multifrecuencia - Mínguez, R.
- Experiencia en el diseño de autovías  
en Rumanía - Moure, J. M. y Sánchez  
Rodrigo, L.
- Algunos aspectos prácticos del drenaje  
superficial - Parrilla, A y Juanco, A.

ITS (Sistemas Inteligentes de  
Transporte).  
Premio al Presidente de la  
Asociación Técnica de Carreteras,  
Roberto Alberola

# COMITÉ NACIONAL ESPAÑOL ASOCIACIÓN TÉCNICA DE CARRETERAS REVISTA RUTAS DIGITAL

[www.atc-piarc.com](http://www.atc-piarc.com)

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

**Revista Rutas ONLINE:** Descarga de los tres últimos números de la revista, disponibles para suscriptores nacionales e internacionales

**Revista Rutas DIGITAL:** Todos los artículos de la revista, desde su primera edición en 1986, están disponibles de **FORMA GRATUITA, (LOS DOS ÚLTIMOS AÑOS SOLO PARA SOCIOS Y SUSCRIPTORES)** en una BASE DE DATOS, con un buscador de texto avanzado que permite encontrar toda información publicada en la revista de forma rápida y ordenada.

## Revistas publicadas

Última publicación de Rutas



Nº 149 - Año 2012

Buscar números anteriores Año:  N°

Buscar

Revista bimestral técnica e informativa de la AIPCR, Española, con artículos y noticias sobre las carreteras y vías de circulación, abierta a la colaboración de los técnicos y autoridades relacionadas con el sector.

Puede consultar en nuestro histórico los números editados desde el año 2002, además de reseñas y extractos de artículos incluidos en la Revista Rutas.

Si desea Suscribirse a la Revista Rutas, pulse aquí. Si desea enviar un Artículo Técnico para su publicación, pulse aquí.

Publicaciones anteriores más recientes



Nº 148 - Año 2012



Nº 147 - Año 2011



Nº 146 - Año 2011



Nº 145 - Año 2011

## Buscador de artículos

Buscador Avanzado

Introduzca el término que desee buscar:

Filtrar en: Todos los campos

(\* Mínimo 3 caracteres. Para buscar en palabras claves, sepárelas con "comas" (,))

Sección:

--- Seleccione ---

Colección:

--- Seleccione ---

Entre los años: (\*)

--- Seleccione --- y --- Seleccione ---

Buscar

\* Introduzca los años cronológicamente. (Ejemplo: 1990, 1991...)

Buscador Avanzado

***Tribuna Abierta***

- 03** **Nuevos tiempos: nuevas soluciones**  
Comité de Redacción.

***En Portada***

- 04** **Entrevista a D. Juan Antonio Santamera Sánchez**  
Presidente del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos

***Rutas Técnica***

- 08** **Algunos aspectos prácticos del drenaje superficial**  
*Some practical aspects of road surface drainage*  
Álvaro Parrilla Alcaide y Ángel Juanco García

- 19** **Aplicación del Geo-Radar 3D multifrecuencia**  
*Application of Multifrequency Georadar 3D*  
Raúl Mínguez Maturana

- 24** **Experiencia en el diseño de autovías en Rumanía**  
*Experience in the design of highways in Romania*  
Jose María Moure Tribaldos y Leocadio Sánchez Rodrigos

***Actividades del sector***

- 31** **VIII Premio Nacional ACEX a la Seguridad en Conservación**

- 32** **Estudio Económico de la tarificación de las infraestructuras de carreteras de España**

- 35** **Exposición Puentes ARCO en España (organizada por CEHOPU-CEDEX) y entrevista a D. Álvaro Navareño (Presidente del Comité de Puentes de la ATC)**

***Comités Técnicos ATC***

- 42** **Grupo de Trabajo de Planes de Mantenimiento del Comité de Puentes**

- 44** **Entrevista al Presidente saliente del Comité Baja Intensidad de Tráfico D. Antonio Medina**

***Cursos y Jornadas Técnicas organizadas por la ATC***

- 48** **Jornada Técnica sobre Manual de capacidad 2010**

- 52** **Jornada Técnica sobre Actuaciones sostenibles en la conservación de firmes**

- 56** **Curso básico de Cálculo de estabilidad de taludes por métodos de equilibrio límite**

***Fomento informa***

- 58** **Dña. Ana Pastor asegura que Fomento trabaja por un sistema de infraestructuras eficiente y de calidad**

- 59** **Pastor anuncia cerca de 400 km de nuevas autovías en Aragón y el impulso de la alta velocidad**

- 60** **Encuentro Empresarial de Infraestructuras de Transporte**

***Noticias***

- 64** **Congreso ITS, entrega de premios**



**asociación técnica  
de carreteras**

comité español de la  
asociación mundial de carreteras



La Revista RUTAS se encuentra incluida en la siguiente lista de bases de datos científica:

UNIVERSIDAD DE GRANADA · DIALNET  
ICYT · CINDOC · LATINDEX

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

Presidente:

Roberto Alberola

**Comité de Redacción:**

Presidente:

Roberto Alberola García

Directora Técnica:

Belén Monercillo Delgado

Vocales:

José Alba	Tecniberia
Francisco Caffarena	Asociación Técnica de Carreteras
Alfredo García	Universidad Politécnica de Valencia
Federico Fernández	Dirección General de Tráfico
José María Izard	AERCO
Carlos Jofré	
Sandro Rocci	Universidad Politécnica de Madrid
Manuel Romana	Universidad Politécnica de Madrid

Redacción, Diseño, Producción,

Gestión Publicitaria y Distribución:

ASOCIACIÓN TÉCNICA DE CARRETERAS

Publicidad:

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

Foto Portada:

Mª José Sánchez Gómez de Orgaz

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

Todos los derechos reservados.

Notas: 1. Se admiten comentarios escritos a los artículos técnicos publicados en este número, hasta tres meses después de su fecha de salida. El Comité de Redacción se reserva el derecho de decidir la publicación o no de los que juzgue oportuno. No se mantendrá correspondencia alguna con los autores de los comentarios, a los que se agradece en todo caso su colaboración en la orientación de la Revista. 2. 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

© Asociación Técnica de Carreteras

## REVISTA RUTAS

La Revista Rutas desde 1986, año de su creación, es la revista editada por la Asociación Técnica de Carreteras, Comité Español de la Asociación Mundial de la Carretera.

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 150 MAYO-JUNIO 2012

**RUTAS**

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN TÉCNICA DE CARRETERAS

# Nuevos tiempos: nuevas soluciones

Tribuna  
abierta

Comité de Redacción de la revista 'Rutas'

Los españoles, con la colaboración de Europa, han hecho en los últimos 25 años un gran esfuerzo – de inversión y de desarrollo tecnológico- para dotarse de infraestructuras y equipamientos públicos de diversa índole, esenciales para crear riqueza, mejorar las condiciones de vida y configurar un sistema productivo y de relaciones sociales eficiente y competitivo. Y hay que decir que las cosas se han hecho bien, en una abrumadora mayoría de casos, y mucho mejor que en otros países en el mismo período.

Lo que hemos alcanzado, particularmente en infraestructuras viales, nos permite hoy enfrentarnos mejor a la grave crisis económica que nos afecta. Transporte de personas y mercancías, seguridad vial, articulación territorial e integración ambiental son capítulos en los que las autovías y carreteras construidas están aportando economías notables y elevado nivel de eficiencia.

La magnitud de la crisis económica y casos notorios de proyectos frustrados, están contribuyendo a crear un estado de opinión contrario a las infraestructuras, y a la construcción en general, culpándolas de los desajustes de las economías públicas. Se han cometido errores a partir de la idea de extender las infraestructuras de transporte sin más planteamiento que el objetivo de igualar disponibilidades de las poblaciones, sin analizar costes y beneficios ni rentabilidades de una manera sólida y rigurosa, y sin prestar particular atención a los costes de explotación y mantenimiento.

Y se ha llegado a una situación que no se puede mantener porque los recursos son limitados y deben aplicarse en beneficio de toda España, por encima de cualquier otra consideración localista. La buena aplicación de los recursos públicos (el dinero de todos y cada uno de nosotros, no caído del cielo ni “de nadie” como alguien llegó a decir), hacerlos rentables desde un punto de vista económico, debería ser el principal objetivo de una política con sentido social. Priorizar de forma demagógica otros argumentos deriva en proyectos sin sentido y ruinosos para todos.

En España no se han corregido aún los déficits históricos, y no tiene aún las infraestructuras que necesita; la evolución de las necesidades justificará, además, otras adicionales, adecuadas a cada momento. Resulta, pues, necesario que con urgencia se proceda a revisar a fondo los planes y proyectos en diverso estado de tramitación, previa definición de criterios y baremos para juzgar de forma objetiva y transparente la necesidad y conveniencia de cada inversión. Y esto en los diferentes

ámbitos de la administración del Estado: central, regional y local. Pero respondiendo a parámetros homogéneos, aunque los apliquen entes diferentes.

No se puede seguir aplicando los dineros de todos por mera suma de reclamaciones puntuales atendidas, sin visión del proyecto global de nación -España- en el que estamos todos involucrados, entre nosotros y ante los organismos internacionales, UE especialmente. Hay que crear conciencia general de que todos los proyectos nos interesan a todos los españoles, y de que los presupuestos públicos no son la bolsa de la que los más espabilados sacan tajada a costa de los demás. El dinero lo ponemos todos, con nuestro esfuerzo y con nuestro patrimonio. Así pues, a todos nos interesa que nuestro dinero se aplique bien, que se le haga producir sea donde sea, pues eso nos retornará en forma de beneficios para todos. Utopía, no; necesidad insoslayable.

Es necesario desarrollar con urgencia, para preparar la salida de la crisis, nuevos planes y programas inspirados en esta filosofía de eficiencia y rentabilidad. Hay que priorizar las inversiones más rentables, posponiendo en el tiempo las que menos aportan. Hay que descartar los proyectos que no añaden beneficios identificables con garantías a los intereses generales, aunque ello suponga incluso paralizar inversiones en marcha.

En este contexto, las inversiones para la conservación y mantenimiento de nuestras infraestructuras debería situarse en el primer nivel de prioridad, tanto por su eficiencia como por su rentabilidad.

También hay que racionalizar el uso de las diferentes redes de transportes desarrolladas en los últimos años, equilibrando la competencia entre ellas, incluso incorporando modalidades directas de pago por uso en todas ellas, para acercar así al usuario los costes reales en que incurre.

Se debe tener muy claro que los recursos que se destinan a un proyecto dejan automáticamente de estar disponibles para otro. Si aquél es poco o nada rentable se habrá impedido la realización de otro con más justificación.

Es preciso hacer lo que más convenga ahora y menos comprometa el futuro, particularmente en lo económico. La construcción tiene que continuar siendo un pilar básico de la economía española, aunque redefiniendo su alcance y objetivos y enmarcándola en las estrategias globales. Administración y empresas de ingeniería y de construcción disponen de equipos sobradamente preparados para abordar esta urgente tarea de planificación y programación de inversiones.



Entrevista a

## D. Juan Antonio Santamera, Presidente del Colegio de Caminos, Canales y Puertos

La Redacción

**D**irector y profesor titular de la Escuela de Ingenieros de Caminos de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM), D. Juan Antonio Santamera Sánchez se convirtió el pasado 20 de abril en el Presidente del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, siguiendo así la tradición marcada por otros profesores y directores de Escuela que antes que él ocuparon este cargo. “La Escuela tira bastante”, afirma con una sonrisa. Las ganas de trabajar y de mediar desde su nueva posición para afrontar la etapa que atraviesa actualmente la construcción en este país es lo que se

desprende tras hablar con este Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos además de Licenciado en Ciencias Económicas y Empresariales. Es Técnico Urbanista y Diplomado en Ordenación del Territorio; también ha escrito varios libros sobre la materia y ha sido reconocido con el Premio de planeamiento del Ayuntamiento de Madrid por el P.A.U. Ensanche Este de Vallecas. No obstante, quizá los alumnos y ex alumnos le recuerden más como Profesor de Urbanismo.

D. Juan Antonio Santamera presentó su candidatura junto a la del Consejero de Sacyr Vallehermoso y

Repsol, D. José Manuel Loureda, quien a su vez era candidato a Vicepresidente. La candidatura conjunta de ambos alcanzó 2.506 votos en un electorado de 25.739 votantes.

**Enhorabuena por el resultado electoral ¿en algún momento esperaba que fuera así?**

La verdad es que confiaba en ganar si no, no me hubiera presentado. Hay una cierta tradición de directores de la Escuela de Caminos que luego han pasado a ser Presidentes del Colegio, desde D. Enrique Balaguer, D. José

Antonio Torroja hasta D. Edelmiro Rúa y entre medias estuvo otro profesor de la Escuela, D. Juan Miguel Villar Mir, sin olvidar que el promotor del Colegio inicialmente fue otro ilustre profesor de la Escuela, D. Jose M<sup>a</sup> Aguirre.

Una de las peculiaridades que tiene el Colegio, es que tiene que ser casi necesariamente una persona de Madrid. Y lo que sí puedo decir, sin ningún género de duda, es que yo era el más optimista de nuestra candidatura.

A pesar del optimismo nunca me dormí en los laureles. Desde el primer momento me planteé hacer visitas a todas las demarcaciones de España y ha sido muy instructivo desde el punto de vista de Presidente del Colegio, porque he conocido prácticamente todas las sedes, he intercambiado impresiones con decanos, secretarios y gente de las demarcaciones y eso es una toma de contacto importante.

Si hubiera salido Presidente más por accidente, sin haber hecho esa labor me sentiría falto de conocimiento y la verdad es que volveré a repetir estas visitas como Presidente.

También he comprendido bastante la dureza del político cuando está en campaña electoral. Ha sido una experiencia y lo primero que me apetece hacer es ir a las tres demarcaciones a las que no me ha dado tiempo visitar. No me he confiado, pues, a pesar del optimismo. Creo que los colegiados, eso, lo han sabido valorar.

## ¿Cómo afronta esta etapa en un momento en el que, como usted decía en su programa "el Colegio y la profesión atraviesan graves problemas"?

Lo afronto, con mucha ilusión y ganas de trabajar, por eso la dualidad entre Presidente del Colegio y Director de la Escuela es una buena cosa (aunque voy a dejar de ser Director de La Escuela el año que viene porque ya no me puedo presentar más). Una de las cosas que me han hecho dar el paso para ser Presidente del Colegio es que muchos problemas de la profesión vienen derivados de la formación. Y como Presidente del Colegio puedo

tener un nivel de interlocución y de *lobby* mucho más importante que como Director de la Escuela. Yo aquí (en la Escuela) me he sentido frustrado con ciertos temas que consideraba importantísimos y no he podido hacer llegar a quien corresponde y creo que desde el puesto de Presidente del Colegio es más directo y por tanto, se

## “Como Presidente del Colegio puedo tener un nivel de interlocución y de *lobby* mucho más importante que como Director de la Escuela”

puede aportar más, o al menos intentarlo, que siendo meramente el Director de la Escuela. Para los temas más candentes, en los que a lo mejor ni siquiera el Gobierno puede hacer nada, como la aparición de nuevas Escuelas cada año cuando además la situación de desempleo es muy grave. Por citar un ejemplo, es más fácil llevar este tipo de preocupaciones al Ministro o a

quien haga falta desde la posición de Presidente del Colegio. Otra preocupación es conseguir que nos den a los Ingenieros de Caminos el título de máster y no lo hagan equivalente al grado.

Por otro lado, a la hora de promocionarse en la carrera académica, no se valora la experiencia profesional, sino sólo la investigación y publicación de artículos. Así, podría darse la situación de que un catedrático fuera un licenciado especialista en un aspecto de una asignatura técnica. Por ejemplo, que enseñara Caminos un químico especialista en mezclas asfálticas. Máxime cuando en esta Escuela siempre hemos sabido combinar muy bien la investigación, la experiencia profesional y la docencia.

Hay que equilibrar muchísimo más esos tres aspectos de todo académico: la docencia, la investigación y la experiencia profesional; e incluso la gestión académica. En función de la asignatura, el perfil deberá ser de uno u otro tipo. Yo no voy contra la investigación sino más bien al contrario: los investigadores van contra nosotros. Desde el Colegio espero poder influir más en los responsables de esta situación.



D. Juan Antonio Santamera, nuevo Presidente del Colegio de Ingenieros de Caminos en su despacho de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM).



D. Juan Antonio Santamera Sánchez en su despacho, junto al cuadro del fundador de la primera Escuela de Caminos y Canales, Agustín de Betancourt.



D. Juan Antonio Santamera Sánchez viendo un trabajo de Urbanismo.

**Precisamente, ya que hace referencia a la formación, ¿qué balance puede hacer tras un año de funcionamiento del Plan Bolonia en la Escuela de Caminos?**

Yo creo que Bolonia, lo único bueno que tiene es que nos introduce en la estructura de estudios mundial: grado, máster, doctorado. De hecho, los Ingenieros de Caminos, después de cuatro años y el máster, ya van a salir Máster Ingeniero de Caminos.

En ese sentido bien, pero la aplicación de Bolonia en España ha sido una locura, con cambios de sistemas pedagógicos y con muchos absurdos: por ejemplo, en esta universidad decían que la evaluación era continua pero después el alumno podría elegir entre evaluación continua o examen final. En esta Escuela vamos a seguir dando las clases como siempre. Haremos algún parcial más pero la renovación pedagógica de la que se habla en realidad ya se venía aplicando, como el aula virtual, las prácticas o la realización de trabajos. Los profesores ya se han ido renovando. Yo le veo más aspectos negativos pero por la aplicación que se ha hecho en España, por parte del Ministerio, por la ANECA (Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación) y por las universidades que han querido ser

**Entonces, ¿cómo será el futuro de la relación entre las denominadas hasta ahora Obras Públicas y Caminos, que se convierten en Ingeniería Civil e Ingeniería Civil y Territorial, respectivamente? ¿En qué se diferencian dos carreras que, a priori, en el nombre resultan parecidas?**

Ésta es la única universidad en la que hay dos centros distintos: uno para ofrecer Obras Públicas y otro, para Caminos, mientras que en el resto de España no es así: o bien sólo había Caminos o sólo Obras Públicas o bien había Caminos y Obras Públicas en el mismo centro pero no en dos centros diferentes.

La idea que se ha puesto en práctica aquí es que Obras Públicas va a preparar para un ingeniero de dirección de obra o de ejecución de lo proyectado mientras que el Ingeniero de Caminos, el máster, se ha enfocado a los temas además de investigación, planificación, proyecto. Hemos preparado nuestro plan de estudios diferente al de Obras Públicas con una base científico-matemática más potente que la de ellos, que se han volcado en asignaturas más informativas dándoles un enfoque menos científico en general.

**Y en cuanto a los Colegios Profesionales, ¿cómo ve esa relación en el futuro?**

Es una incógnita ahora mismo. El Colegio de Caminos tiene al parecer en sus estatutos la posibilidad de colegiar a los estudiantes de grado y ése es un debate que ha estado abierto en el Colegio y hay que escuchar diferentes opiniones. Luego están los Colegios de Obras Públicas que temen una absorción por parte del Colegio más grande. La idea sería, yo creo, ir en un futuro, a largo plazo, a un solo organismo que integrara los diferentes niveles de la Ingeniería Civil: Colegio de Obras Públicas, Colegio de Caminos y la Asociación de Ingenieros de Caminos.

**¿Cómo ve la relación del Colegio de Caminos con asociaciones como la nuestra, por ejemplo, la Asociación Técnica de Carreteras?, ¿qué podemos aportar?**

Todo. Es una gran cosa que existan muchas asociaciones en nuestro sector y cuantas más asociaciones, potentes y con iniciativa existan, mejor. Son *lobbies* en el buen sentido de la palabra. Hay que apoyarlas y estrechar relaciones al máximo con ellas.

Con este apoyo que ofrece el nuevo presidente a la Asociación Técnica de Carreteras terminamos esta entrevista y le agradecemos su amabilidad y transparencia. ❖





Con PROAS  
vuelve a estrenar  
carretera.

*Nuestra amplia gama de productos cuidan y conservan el buen estado de las carreteras. Sea cual sea tu necesidad elige PROAS y estarás apostando por productos de última tecnología pensados para alargar la vida de la carretera.*

[www.proas.es](http://www.proas.es)

**PROAS**

*Innovando para ti*

# Algunos Aspectos Prácticos del Drenaje Superficial de Carreteras



## Some Practical Aspects of Road Surface Drainage

**Álvaro Parrilla Alcaide**

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos del Estado  
Jefe del Área de Geotecnia  
Dirección Técnica  
Dirección General de Carreteras  
Ministerio de Fomento

**Ángel Juanco García**

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos del Estado  
Jefe del Servicio de Explanaciones y Drenaje  
Dirección Técnica  
Dirección General de Carreteras  
Ministerio de Fomento

### Resumen

Con motivo de la preparación de la actualización de la norma 5.2 IC Drenaje Superficial se hace un repaso de distintos aspectos concretos del drenaje de carreteras que, o bien no están tratados en la versión vigente de dicha norma por haber surgido o cobrado relevancia con posterioridad a 1990, su año de publicación, o bien sobre los que se quiere insistir porque se ha observado en la experiencia de la Dirección General de Carreteras que pueden dar lugar a fallos. Se empieza insistiendo en la necesidad de una buena práctica constructiva y de conservación para pasar a exponer las posibilidades de observar el funcionamiento del drenaje a través de la monitorización con las tecnologías actuales. Se continúa analizando los vertidos de la escorrentía de la plataforma y márgenes, estudiando la posibilidad de disponer dispositivos de tratamiento. En cuanto al drenaje transversal, se discute la elección entre obra de drenaje transversal (ODT) o puente, recordando las definiciones del Reglamento del Dominio Público Hidráulico de cauce, zona de flujo preferente y zona inundable. A continuación se estudia el uso de los métodos numéricos de cálculo y el fenómeno de erosión y socavación, aspectos no contemplados en la vigente norma 5.2 IC, de 1990.

**PALABRAS CLAVES:** Drenaje, vertidos, métodos numéricos, socavación.

### Abstract

A review of specific aspects of road drainage has been done in order to update the Surface Drainage IC 5.2 Rules, because some aspects were not covered in the current version or they have arisen or become relevant after 1990, the year of publication, or because it has been observed, by the General Directorate of Highways, that they may lead to failure. We begin by insisting on the need for good building practice and maintenance and setting out the possibility to observe the functioning of the drainage through monitoring with current technologies. Subsequently, the discharge of runoff from the platform and riverbanks has to be analyzed, considering available treatment devices. Regarding the transversal drainage, it is being discussed on the choice of transversal drainage works (ODT) or bridge, recalling the definitions of the Public Water Domain Regulation of the river courses, of preferential flow zones and areas at risk from flooding. We will next study the use of numerical methods and the erosion and scour problems, aspects not covered in the current 5.2 IC Rules, from 1990

**KEY WORDS:** Drainage, discharges, numerical methods, undermining.

## 1. Introducción

A continuación se van a tratar distintos aspectos parciales del drenaje de carreteras en los que se quiere hacer hincapié, bien porque se trata de aspectos que no aparecen en la 5.2 IC Drenaje Superficial de 1990, por haber surgido o cobrado relevancia con posterioridad a dicha fecha, o bien porque se trata de aspectos que se consideran importantes y se quiere insistir sobre ellos.

Los temas que se van a tratar en este artículo, haciendo la distinción entre drenaje de la plataforma y márgenes y drenaje transversal, son:

- Drenaje de la plataforma y márgenes:
  - Buena ejecución y conservación.
  - Posibilidad de monitorización.
  - Punto de vertido.
- Drenaje transversal:
  - Obra de drenaje transversal o puente.
  - Métodos numéricos.
  - Socavación.

## 2. Drenaje de la plataforma y márgenes

### 2.1. Buena ejecución y conservación

Este primer aspecto puede parecer trivial, ya que si el proyecto está completamente definido, se controla la calidad de la construcción y la obra se conserva, no parece necesario insistir en la necesidad de que se haga una buena ejecución y conservación. Sin embargo, frecuentemente se observan deficiencias de funcionamiento en los sistemas de drenaje, que originan daños en la plataforma y márgenes. Es por ello que se va a dedicar un espacio a repasar el proceso de proyecto construcción y conservación en lo que respecta al drenaje de la plataforma y márgenes.

Si se compara la plataforma de una carretera, con la cubierta de una edificación en lo que a evacuación de aguas de escorrentía se refiere, se pueden observar las diferencias que se

indican en la tabla 1.

La función principal de la cubierta es proteger el edificio de la lluvia mediante la impermeabilización y evacuación de escorrentía. Para cumplir su función, la cubierta cuenta con la principal ventaja respecto a la plataforma de que las pendientes, puntos altos y puntos bajos están definidos de forma que se favorezca la evacuación de las aguas. Además, se construye con elementos industriales y cualquier fallo de impermeabilidad es fácilmente detectable desde el interior. Sin embargo la definición de proyecto del drenaje se efectúa igual en ambos casos, carretera y cubierta, básicamente con plantas de drenaje y planos de detalles constructivos. Lo que ocurre es que, en la práctica, el drenaje de la plataforma y márgenes requiere una construcción más cuidadosa y supervisada que el caso de las cubiertas, porque el salto entre la definición del proyecto y la construcción suele ser mayor.

En el caso de la cubierta, los puntos de conexión entre faldones y canalones y entre canalones y bajantes están bien definidos y en la mayor parte de los casos se utilizan esquemas constructivos previstos en el diseño de los elementos industriales. Sin embargo, en el drenaje de la plataforma y márgenes los puntos de conexión entre cunetas, bajantes, sumideros,

colectores, deben comprobarse topográficamente sobre el terreno y materializarse con obras in situ, teniendo en cuenta que hasta que no estén terminadas dichas obras pueden producirse erosiones que alteren el terreno original y que hasta que no esté terminada la plataforma no se alcanzará la configuración geométrica definitiva de las superficies por las que discurrirán las aguas de escorrentía.

En la tabla 1 el único aspecto favorable al drenaje de la plataforma y márgenes desde el punto de vista de la construcción y la conservación, es que los elementos superficiales de la plataforma suelen resultar más fáciles de observar, aunque las cunetas de pie de talud, de guarda y los colectores subterráneos suelen presentar una dificultad de observación algo mayor.

En la figura 1 se pueden observar distintos tipos de fallos relativamente frecuentes en el drenaje de la plataforma y márgenes y en la figura 2, ejemplos de buena ejecución y conservación, en algunos casos se pone de relieve el carácter prácticamente artesanal de las obras.

En cualquier caso, los principios de funcionamiento del drenaje superficial son muy sencillos, el flujo de agua se produce por gravedad, siempre hacia los puntos bajos; a igualdad en el resto de factores externos al aumentar la pendiente aumenta la velocidad, con

Tabla 1: Comparación desde el punto de vista del drenaje (impermeabilización y evacuación de escorrentía) entre una carretera y una cubierta.


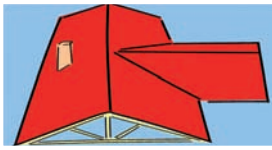
PLATAFORMA / CUBIERTA		
Función principal	Permitir el tráfico de vehículos.	Proteger el edificio de la lluvia.
Definición del drenaje en proyecto.	Planta de drenaje y detalles	Planta de drenaje y detalles.
Definición de pendientes, puntos bajos y puntos altos.	En su mayor parte por cuestiones de trazado.	En su mayor parte por cuestiones de drenaje.
Elementos constructivos	En su mayor parte in situ, incluyendo taludes.	En su mayor parte industriales.
Control de filtraciones.	Solo se observan a largo plazo por deterioro del firme	Observación inmediata de humedades.
Control visual.	Fácil en el caso de los elementos superficiales de la plataforma.	Requiere acceso a la cubierta.



Figura 1: Detalles de fallos relativamente frecuentes en el drenaje de la plataforma y márgenes.

menos pendiente y estrechamientos aumenta el calado. Hay que controlar que no queden puntos bajos sin desagüe para evitar la infiltración; que las velocidades máximas sean admisibles para los materiales de los elementos de drenaje y que las sobreelevaciones sean admisibles. Con geometrías complejas el cálculo de velocidades y sobreelevaciones se puede resolver con los métodos numéricos disponibles, como se indicará más adelante. Por último hay que garantizar que no en-

tren caudales procedentes del drenaje superficial a los elementos y sistemas de drenaje subterráneo.

En la figura 3 se muestra un ejemplo del recorrido de una gota de agua por la red de drenajes superficial.

## 2.2. Monitorización

El desarrollo de los sensores y las comunicaciones abre grandes posibilidades de auscultar y monitorizar las obras, haciendo disponible la información

prácticamente sin retardo. En el caso de taludes que se encuentran en una situación de equilibrio precaria o que han sufrido reparaciones, en los que se quiere comprobar su estado de seguridad, es normal instrumentar y realizar lecturas periódicamente.

La novedad más reciente es la disponibilidad de sensores de lectura continua automática que reúnen dos ventajas: no requieren operarios para hacer una lectura manual y leen continuamente (en la práctica las lecturas



Figura 2: Detalles de construcción cuidadosa en el drenaje de la plataforma y márgenes.

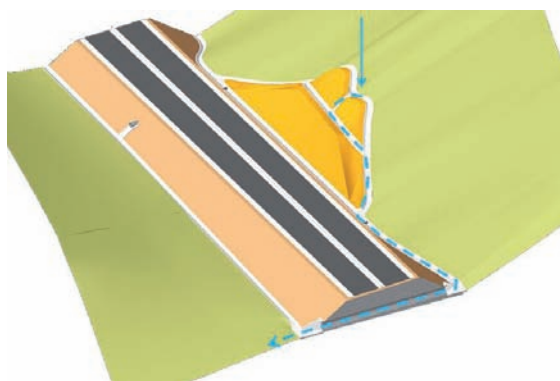


Figura 3: Ejemplo de recorrido del agua por elementos de drenaje de la plataforma y márgenes, con desagüe por una obra de drenaje transversal.



Figura 4: Representación esquemática de la monitorización.

Desde el punto de vista hidrológico se puede decir que en el punto de vertido la carretera está produciendo una aportación en la cuenca receptora. Como tal aportación, se puede analizar en términos de cantidad y de calidad.

En términos de cantidad, en primer lugar, los coeficientes de escorrentía de la plataforma y márgenes, en general, serán superiores a los del terreno natural. Se está sustituyendo éste, con mayor o menor retención de agua e infiltración, por unas superficies pavimentadas prácticamente impermeables (coeficiente de escorrentía máximo, igual a la unidad) y por unos taludes normalmente sin vegetación ni suelo. Simplemente por la retirada de suelo y la pavimentación, la aportación a igualdad en la superficie, aumentará significativamente respecto al estado anterior a la construcción de la carretera.

Si además tenemos en cuenta la modificación de la configuración de las cuencas debida a la construcción de la carretera de manera que en un punto concreto puede hacerse el vertido de una cuenca significativamente mayor que la inicial anterior a dicha construcción, vemos que la aportación en la cuenca que incorpora el punto de vertido puede aumentar significativamente respecto de la si-

se anotan cada cierto período de tiempo, de duración despreciable frente al intervalo de medida de la auscultación). La siguiente novedad es el acceso a la información por internet, o dicho en términos aún más actuales, colocar la información en la "nube". Los datos leídos se almacenan en una unidad local que cada cierto tiempo la envía (mediante un sistema de comunicaciones que puede basarse en una red de telefonía móvil a un servidor en el que se almacena y procesa la información y que la coloca en una página web con acceso restringido.

Como resultado final, se consigue que desde cualquier punto con acceso a internet el personal responsable de Conservación, la Dirección de Obra y cualquier otro personal técnico autorizado, pueda tener acceso a la información, pueda analizarla y recibir alarmas sobre la situación de las obras en tiempo real. En la figura 4 se esquematiza este proceso.

En lo que se refiere al drenaje, la información más fácil de medir en continuo es la relativa a niveles piezométricos, mediante sensores de cuerda vibrante. La medida de niveles piezométricos nos da información relevante en lo que se refiere a funcionamiento del drenaje subterráneo y estabilidad de taludes. En el área de la hidrología, la medida de precipitaciones y caudales (aforos), está bien desarrollada, ya

desde las primeras implantaciones de los Sistemas Automáticos de Información Hidrológica (SAIH).

Es de esperar que en los próximos años se desarrolle aún más la monitorización de obras, proporcionando una valiosa información del funcionamiento de los sistemas de drenaje, que como se indicaba en el punto anterior, es difícil de controlar en muchos casos.

### 2.3. Punto de vertido

El drenaje de la plataforma y márgenes no afecta al exterior del dominio público de la carretera,, salvo en lo que se refiere al punto de vertido, en el que se transfieren las aguas recogidas por la plataforma y márgenes a los cauces naturales o artificiales exteriores a la carretera. En la figura 5 se recoge una representación esquemática de cuánto acaba de indicarse.

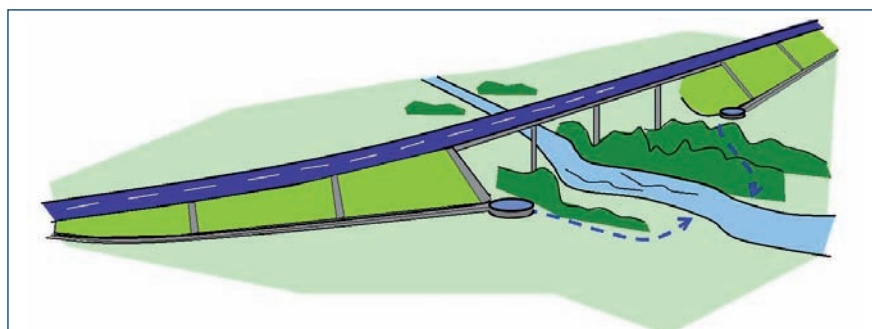


Figura 5: Representación esquemática del punto de vertido del drenaje de la plataforma y márgenes.

**Tabla 2: Indicación inicial de cuando deben proyectarse dispositivos de control de vertidos.**

SENSIBILIDAD DEL MEDIO TIPO DE CONTAMINACIÓN	Accidental.	Difusa.
Masa de agua con poca renovación y gran riqueza biológica	SI	SI
Masa de agua con cierta renovación	SI	NO
Cauce normalmente seco	NO	NO

tuación inicial. De ahí la importancia de comprobar que la capacidad de recepción del cauce que recibe el vertido es admisible, en especial en entornos urbanos y suburbanos y que se encuentre completamente estudiada la idoneidad del punto de vertido.

En términos de calidad hay que considerar que los contaminantes generados en la carretera y depositados en el pavimento y las márgenes son lavados por la escorrentía y arrastrados hasta el punto de vertido. Así pues, la introducción de los contaminantes sólidos y líquidos generados por la carretera (principalmente procedentes de los vehículos) en el medio, se produce a través del punto de vertido. Mediante las redes de drenaje de la plataforma y márgenes se dispone de un instrumento que concentra los contaminantes en los puntos de vertido, dando la oportunidad de tratarlos en dichos puntos.

En cuanto a la conveniencia o no de tratar los vertidos hay que considerar por un lado la gravedad de la contaminación y por otro la sensibilidad del medio receptor. En lo que se refiere a la gravedad de la contaminación hay que distinguir dos tipos de contaminantes, los debidos a vertidos accidentales y los debidos a la contaminación difusa. Los vertidos accidentales son los más graves, si la sustancia vertida es venenosa o corrosiva, resulta evidente el peligro que ello supone. Por ejemplo, en el caso de un vertido accidental de gasoleo en época seca, se puede tener un vertido con una composición de prácticamente el 100% de dicho carburante.

La contaminación difusa de la

carretera proviene sobre todo de los vehículos, desgaste de neumáticos y frenos, partículas procedentes de los escapes de los motores, lavado de pinturas y óxidos y también de la explotación de la carretera: sales utilizadas como fundentes, productos usados para control de las plantaciones, lavado de pinturas y óxidos de los elementos de equipamiento vial, etc.

Los vertidos accidentales se pueden considerar inaceptables cuando el vertido se realice en una masa de agua, humedal, río, laguna, lago, embalse o al mar, ya que entonces sus efectos pueden resultar catastróficos para el medio. Los vertidos de contaminación difusa se podrían considerar inaceptables cuando se produjesen en una masa de agua de escasa renovación en la que pudiera tener lugar un efecto acumulativo en el tiempo inadmisibles, lo que podría cuantificarse teniendo en cuenta el tráfico, el clima y otros factores.

En el resto de casos, cuando el vertido accidental se realice a cauces o vaguadas que habitualmente estén secos, se podrá controlar mediante una limpieza de la zona afectada (que suele ser limitada) aguas abajo del punto de vertido, mientras que la contaminación difusa será lavada en los primeros minutos de lluvia y generalmente absorbida y retenida por infiltración en los primeros

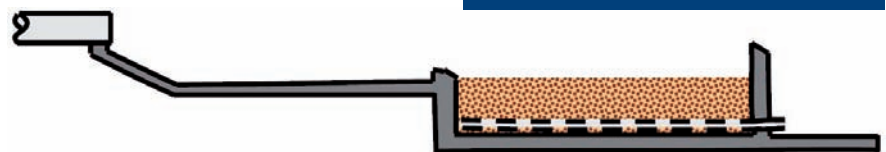


Figura 7: Esquema de filtro de arena.

metros de cauce receptor, seco al inicio de la precipitación.

En la tabla 2 se indica, como primera aproximación y sin contar con otros condicionantes derivados de la Declaración de Impacto Ambiental o de cualquier otro informe preceptivo, cuándo deben proyectarse dispositivos de control de vertidos.

Los dispositivos de control de vertidos que resultan más habituales son la balsa de retención para el control de vertidos accidentales y el filtro para la contaminación difusa: la balsa es un dispositivo cuya función es retener el vertido hasta que sea posible recogerlo, mientras que el filtro es un elemento de depuración muy sencillo, en el que se hace que el agua contaminada recorra un medio poroso a velocidad lenta en el que se fija parte de la contaminación arrastrada.

Existen otros dispositivos más sofisticados, que suelen requerir mayores costes, tanto iniciales, como de explotación y conservación. También pueden proyectarse dispositivos de laminación de caudales, de aplicación cuando se tienen problemas de cantidad en el punto de vertido. En ocasiones se podrá elegir la alternativa de trasladar el vertido a otra cuenca que pueda aceptarlo, por cuestiones ambientales o simplemente si resulta más económica que construir un dispositivo de control de vertidos.

En la figura 6 se muestra un esquema de una cámara (o balsa) de retención con pantalla reflectora de grasas y cámara de sedimentación. En la figura



Figura 6 : Esquema de cámara (o balsa) de retención de hormigón, con pantalla reflectora para separación de grasas.

7 se muestra un esquema de un filtro de arena. En muchas ocasiones se podrá disponer una combinación de elementos de retención, separación y filtrado.

A la vista de cuánto se ha expuesto, resulta obvio que en cualquier viaducto que cruce un cauce con aguas permanentes, debe conducirse la escorrentía de la plataforma bien hasta puntos de vertido de otras cuencas, o bien hasta puntos con dispositivo de tratamiento de vertidos, normalmente situados en los estribos del viaducto. Esto obligará normalmente a disponer canaletas o colectores incorporados al tablero de la estructura, como en el ejemplo que se indica en la figura 8.

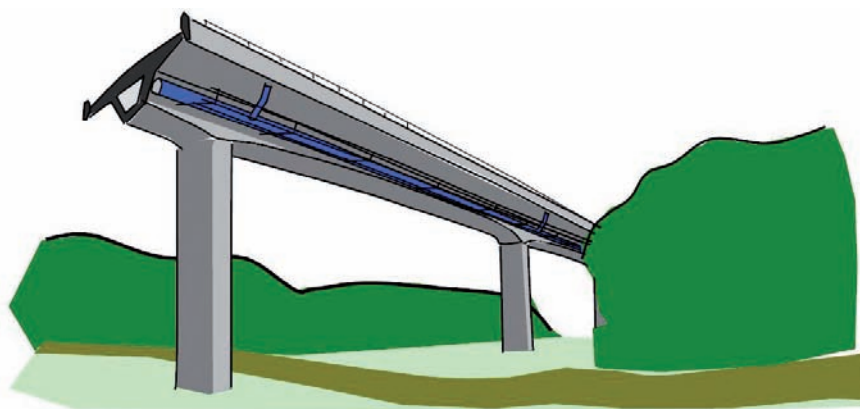


Figura 8 : Esquema colector adosado al tablero de una estructura.

## 3. Drenaje transversal

### 3.1. Obra de drenaje transversal o puente

Recordemos primero que la distinción entre obra de drenaje transversal (ODT) y puente es básicamente que la obra de drenaje transversal es de sección cerrada o tiene solera mientras que el puente no tiene solera.

Podría decirse que la disquisición de proyecto sobre cuándo disponer en el cruce de la carretera sobre un cauce una obra de drenaje transversal o un puente ha venido atravesando distintas etapas. Inicialmente sólo se consideraban los condicionantes estrictamente hidráulicos de paso del caudal de proyecto. Posteriormente se han venido incrementando las con-

diciones hidráulicas al aumentar el período de retorno y las ambientales, al pedir que se respete la vegetación y la permeabilidad a la fauna. En cauces importantes es necesario que se respete el dominio público hidráulico y sus servidumbres.

Todo ello ha llevado a la implantación generalizada de puentes en cuanto el cauce presente una cierta entidad. En la tabla 3 se comparan las ventajas e inconvenientes de ambas soluciones.

Al calificar las ODT como más robustas frente a la socavación que los puentes, se está considerando implícitamente a las ODT como obras de hormigón, no se están contando las de chapa corrugada que son muy sensibles a la erosión por socavación interna del relleno y que por ello resultan desaconsejables. Vemos que los puentes son más favorables en todos los aspectos, salvo los económicos, tanto de primera construcción como de conservación y explotación. Por ello es posible que en los próximos

años tengan más importancia los estudios económicos al elegir una u otra solución constructiva.

Cuando se trate de cruzar un río, el cauce es dominio público hidráulico y las márgenes están sometidas a servidumbres, por lo que se requiere autorización de la Administración hidráulica competente para las obras. La configuración del dominio público hidráulico, sus servidumbres y régimen de autorizaciones está establecida en el RD 9/2008 de Modificación del Reglamento del Dominio Público Hidráulico (RDPH). Este Real Decreto incorpora criterios de la Directiva Marco del Agua y de la Directiva de Evaluación y Gestión del Riesgo de Inundaciones.

Las novedades más importantes del RD 9/2008, respecto a la reglamentación anterior, en lo que puede afectar al cruce de infraestructuras lineales como las carreteras, son:

- La definición de cauce, que se efectúa, además de con los criterios hidrológicos tradicionales, con criterios geomorfológicos, ecológicos e históricos.
- La zona de servidumbre se establece para protección del ecosistema fluvial y paso público peatonal.
- La zona de policía para protección del dominio público hidráulico y del régimen de corrientes en avenidas, que se establece en relación con la zona de flujo preferente.
- En cuanto a las zonas inundables, se debe desarrollar en colaboración con las Comunidades Autónomas el Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables.

Tabla 3: Comparación entre una obra de drenaje transversal y un puente.

	ODT	Puente
Capacidad hidráulica	Menor	Mayor
Permeabilidad fauna	Menor	Mayor
Afección al cauce y riberas	Completa	Puede reducirse
Robustez frente a la socavación	Mayor	Menor
Economía	Mayor	Menor

Así pues, se mantienen los criterios básicos hidrológicos de definición de cauce (máxima crecida ordinaria) y de zona inundable (período de retorno de 500 años) si bien se pueden añadir terrenos al cauce con otros criterios y en cuanto a las zonas inundables se debe concretar mucho más su alcance, definiéndolas cartográficamente, lo que está favoreciendo el desarrollando de nuevas y potentes herramientas hidrológicas, cartográficas y de métodos numéricos de cálculo hidráulico.

Entre estos extremos de ocupación mínima (cauce) y máxima (zona inundable) se introduce en el RDPH un nuevo concepto asociado al período de retorno de 100 años, que es la zona de flujo preferente, como envolvente de la vía de intenso desagüe y la zona de inundación peligrosa para dicho período de retorno.

- Vía de intenso desagüe es una zona de flujo virtual por la que circularía un determinado caudal, cuando al ir estrechado las márgenes por ambos lados la sobre elevación no supera un valor de 10, 30 ó 50 cm, dependiendo de la sensibilidad de la zona.
- Zona de inundación peligrosa es aquella en la que la profundidad es mayor de 1 m, o la velocidad mayor de 1 m/s o el producto de ambas mayor de 0,5 m<sup>2</sup>/s.

En la figura 9 se representan dichas zonas.

El Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables se encuentra en desarrollo; ha recogido la información de estudios anteriores y en los tramos en los que ya se han llevado a cabo los estudios de inundabilidad proporciona toda la definición de cauce, zona inundable y zona de flujo preferente.

Los datos son accesibles por internet desde la página del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Como la consulta resulta muy sencilla de realizar, es fácil comprobar si los tramos de cauces que afectan a la zona de proyecto están estudiados.

En muchos casos se dispondrá de

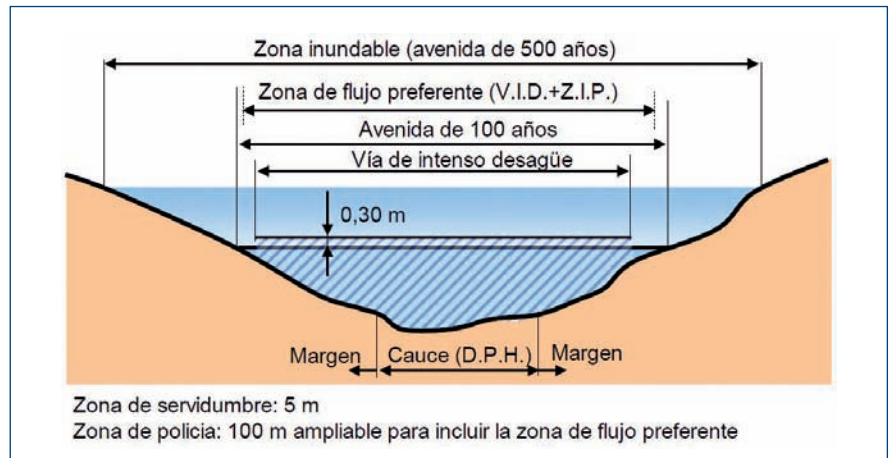


Figura 9: Zona inundable, zona de flujo preferente y cauce.

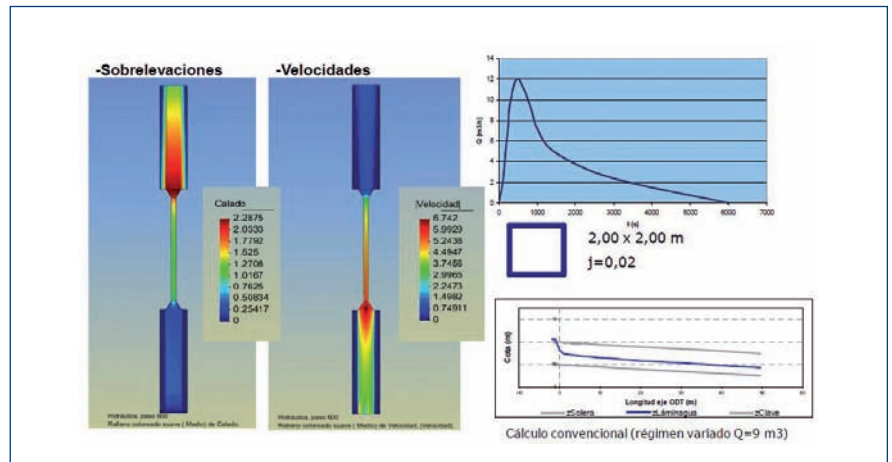


Figura 10: Calados y velocidades al paso de una avenida de 12 m<sup>3</sup>/s por una ODT de sección cuadrada de 2 m de lado, con pendiente uniforme del 2 %. En el esquema de la derecha se muestra con un cálculo en régimen permanente variado, con caudal menor.

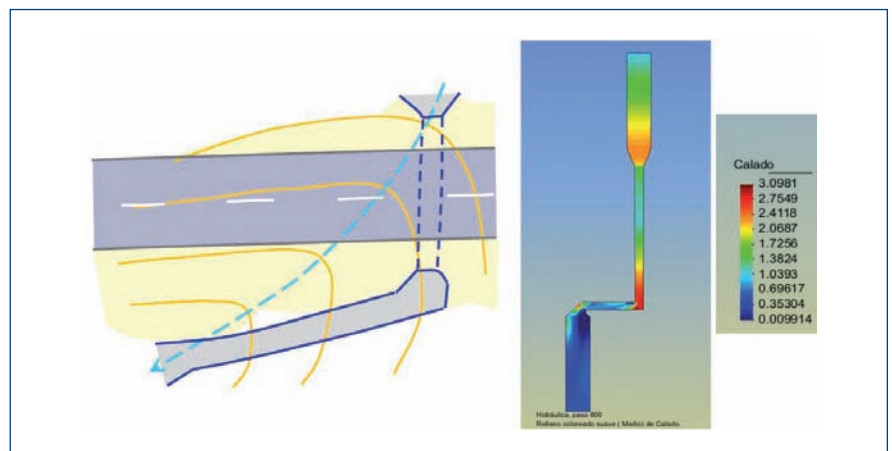


Figura 11: Sobreelevaciones en un codo de 90° a la salida de una ODT. En el esquema de la derecha se indica una configuración de la topografía y el trazado en la que se da un codo a la salida de la ODT.

la cartografía de precisión necesaria para los cálculos hidráulicos, gracias a la colaboración entre la Dirección General de Agua y el Instituto Geográfico Nacional, dentro del Plan Nacional de Ortografía Aérea, para la realización de vuelos cartográficos por el método LIDAR.

El LIDAR es un método cartográfico que permite obtener grandes volúmenes de datos para general modelos numéricos del terreno, lo que en combinación con las ortofotos proporciona la base de cálculo de los métodos numéricos 2D como se referirá más adelante.



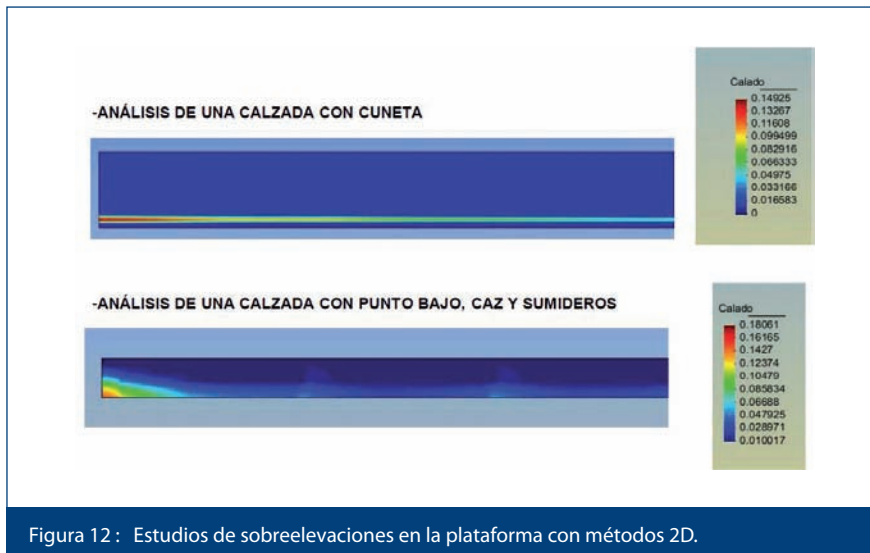


Figura 12: Estudios de sobreelevaciones en la plataforma con métodos 2D.

### 3.2. Metodos numericos

En los últimos años han tenido gran desarrollo los modelos numéricos de cálculo hidráulico.

En el modelo clásico de tipo 1D se requiere la definición de perfiles transversales al eje del cauce. El programa de mayor éxito y difusión es el HEC RAS, desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de Estados Unidos (USACE). Resulta de libre difusión y fácil uso, por lo que resulta muy extendido y contrastado. Se siguen lanzando nuevas versiones cada vez más completas, con diferentes aplicaciones para cruce de cauces con estructuras y obras de drenaje.

En los últimos años están teniendo

gran desarrollo en España los modelos 2D que se usan para los cálculos del Plan Nacional de Zonas Inundables, y que utilizan modelos digitales de elevaciones del terreno.

Estos modelos, con algoritmos de cálculo de volúmenes finitos son muy potentes y permiten representar con gran precisión el paso de las avenidas. También se puede analizar el funcionamiento hidráulico de las obras de drenaje transversal y las plataformas de las carreteras, como en los siguientes ejemplos, de cálculos efectuados con el programa IBER.

En la figura 10 se muestran los calados y velocidades al paso de una avenida con caudal punta de 12 m<sup>3</sup>/s por una ODT de sección cuadrada

de 2,00 m de lado. En la figura 11 se muestra el efecto de un codo, que produce sobreelevaciones significativamente mayores que las de la entrada de la ODT.. En la figura 12 se muestran resultados de estudios de sobreelevaciones en la plataforma con métodos 2D.

Por último, no se debe olvidar que frente a métodos de cálculo que podríamos denominar tradicionales, los resultados obtenidos con modelos numéricos resultan difíciles de supervisar por terceros... Para facilitar la labor de supervisión, el proyectista debería adjuntar:

- Una descripción de la aplicación informática utilizada y que se pueda disponer al menos de un visualizador del cálculo.
- Una memoria justificativa del cálculo, la modelización y las condiciones de contorno aplicadas.
- Un responsable del cálculo con formación y experiencia acreditada en cálculos hidráulicos.
- Una justificación tangible de que la modelización de las obras se corresponde con los planos finales de proyecto, representando los resultados sobre dichos planos (modelos 1D) o visualizando el modelo digital de las obras (modelos 2D). Esto último se indica con un esquema en la figura 13.

La justificación de que la modelización de las obras se corresponda con los planos finales de proyecto reviste especial importancia ya que, en general, los cálculos se efectúan con modelos simplificados de las obras y en fases tempranas del proyecto, realizándose el dimensionamiento de las obras antes que los planos definitivos. Dichos cálculos quedan recogidos en el anejo de drenaje, mientras que la definición final de las obras, a nivel de proyecto constructivo, se plasma en el documento de planos. Es necesario que se efectúe una comprobación de los cálculos hidráulicos con las obras de drenaje finalmente proyectadas, es decir tal y cómo aparecen plasmadas en el documento de planos.

Una forma sistemática de comprobar



Figura 13: Esquema de modelo digital de la obra y superposición al modelo digital de elevaciones del terreno en los métodos numéricos 2D.

que los cálculos recogen la configuración final de proyecto es que se incluyan en el anejo de drenaje los planos de las obras de drenaje con indicación de los niveles de agua en los distintos casos de cálculo. Cuando se hayan realizado cálculos con modelos 2D se debe hacer patente la correspondencia entre el modelo de elevaciones y los planos del proyecto.

### 3.3. Socavación

La erosión es un efecto del paso de un caudal de agua por una superficie en la que la velocidad de corte, para la que comienza el arrastre de partículas que forman la superficie, es inferior a la velocidad del flujo.

En un cauce muy ancho con un fondo homogéneo, la erosión se producirá de forma uniforme en todo el fondo. Durante la avenida, la velocidad del agua aumentará hasta comenzar el proceso erosivo, profundizando el fondo. Cuando se observa subir el nivel de un río durante una avenida, no se puede observar cómo su fondo se está haciendo más profundo al mismo tiempo, aumentando la sección de circulación de agua en todo su perímetro.

El agua durante las avenidas resulta especialmente turbia, mostrando así la cantidad de materia en suspensión que lleva. En el fondo del cauce, el movimiento de los acarrees, de los bolos, gravas y arenas se produce principalmente por saltos. En esta zona más próxima al fondo, el gradiente de velocidades es muy fuerte y se produce una fuerza elevadora o sustentación, que hace que las partículas pasen a otra zona más alta y de fuertes velocidades de la corriente, con lo que son desplazadas en el sentido de la misma.

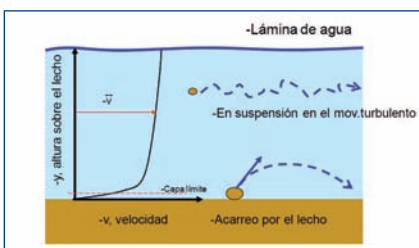


Figura 14: Esquema del movimiento de partículas en una corriente.

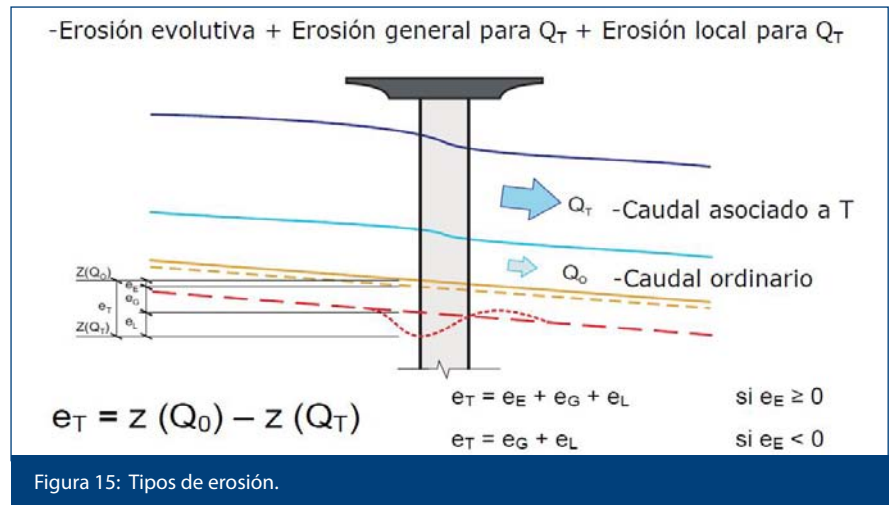


Figura 15: Tipos de erosión.

Al situarse entonces las partículas en una zona de bajo gradiente de velocidades pierden la mayor parte de la componente vertical de sustentación y empiezan su caída. En la figura 14 se esquematiza este proceso.

Cuando existe aporte de material desde aguas arriba, al pasar la avenida, el proceso de erosión se invierte, empezando la sedimentación, de forma que cuando el caudal vuelve a la normalidad, el fondo ha recuperado su cota inicial aunque los materiales que lo forman ya no son los mismos que había antes de la avenida.

Cuando el balance de las avenidas a largo plazo, teniendo en cuenta el material erosionado y el material depositado es negativo se produce la erosión evolutiva y baja la cota del fondo. Cuando el balance a largo plazo de las avenidas es excedentario hay acreción evolutiva y sube la cota de fondo. Este balance constituye la denominada erosión evolutiva (positiva o negativa), mientras que la máxima bajada del fondo durante una avenida es la llamada erosión general.

La cimentación de las pilas y estribos de un puente o viaducto debe estar proyectada para no resultar afectada por ambos tipos de erosión (evolutiva y general). Además de estos dos tipos de erosión hay otro tipo de erosión localizada precisamente en las pilas y estribos que también se conoce como socavación. En la figura 15 se representan los tres tipos de erosión.

La fuerza erosiva de la corriente parece cebarse en los obstáculos, pilas y estribos que están colocados en

el cauce y que son atacados especialmente. Incluso aunque no llegue a producirse erosión general en todo el fondo del cauce, se puede iniciar la erosión localizada o socavación. En la figura 16 se representa un esquema de los remolinos en torno a las pilas y estribos.

El fenómeno se debe a que mientras que se ha definido la erosión general como la que se produce con una corriente y un fondo homogéneo, la erosión localizada ocurre cuando existe una discontinuidad o un obstáculo. La pila situada en la corriente opone un obstáculo a ésta, deteniendo la corriente que choca frontalmente con ella y haciendo que la velocidad por sus flancos sea mayor.

La partícula de agua que choca con la pila anula su componente de velocidad en sentido de la corriente pero puede generar una componente vertical descendente, y en todo el entorno de la pila se forman remolinos o vórtices que en determinadas zonas del fondo alcanzan velocidades superiores a las de corte que inician el movimiento de las partículas del fondo. Así pues, se inicia el arranque de partículas en determinadas zonas, las cuáles son depositadas en otras zonas, más o menos alejadas.

El fenómeno se produce con o sin movimiento general de partículas en el lecho. Es fácil de comprender que en la caracterización del fenómeno y en su descripción intervengan muchos factores como la velocidad, la forma de la pila, el tamaño de partículas, su densidad, etc.

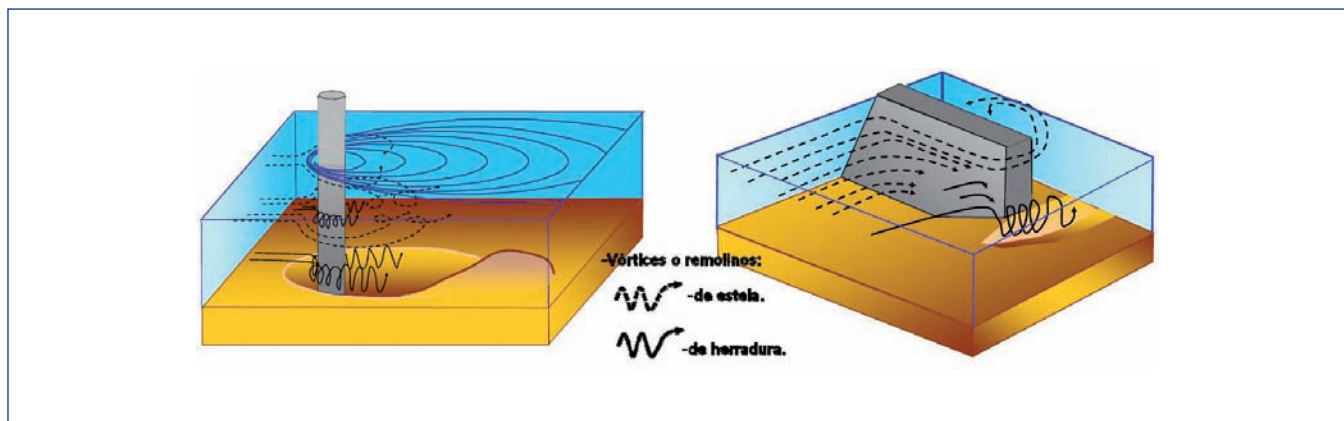


Figura 16: Erosión localizada en pilas y estribos.

Las fórmulas que se utilizan para estimar los valores de socavación son empíricas, más o menos complicadas y en general, más precisas para la erosión local de pilas que para la erosión local de estribos. Al estudiar la erosión local de estribos surge la complicación adicional de superponer el fenómeno de erosión general con el de erosión local. Cuando los cauces se estrechan en la zona de cruce de la estructura, muchos autores se refieren a la erosión por contracción en lugar de a la erosión general que se ha descrito anteriormente. Este tipo de erosión está más relacionada con la erosión de los estribos ya que los estribos producen un efecto de contracción de la corriente.

Con todo, el aspecto más preocupante de la erosión fluvial es que un porcentaje significativo de los fallos de las estructuras es debido a problemas de socavación. La socavación, sin ser una acción del tipo de carga estructural, a diferencia del viento o de la nieve por poner ejemplos de cargas estructurales producidas por agentes meteorológicos, produce más fallos de estructuras que otras causas. La socavación daña los cimientos de la estructura, por lo tanto es en el proyecto de la cimentación donde debe tenerse en cuenta.

Por otra parte, el riesgo de socavación puede evolucionar durante la vida del proyecto, por obras o modificaciones que se realicen en el cauce en las proximidades de la estructura,, por alteraciones en el régimen de aportaciones del río, etc. Estos factores pueden pasar desapercibidos para

los equipos de conservación y explotación cuya función no es la vigilancia fluvial. Por eso resulta fundamental la inspección de las estructuras, que puede suponer en algunos casos procesos complejos como la inspección subacuática o la utilización de testigos para comprobar el alcance de la erosión durante las avenidas.

## Referencias

### Normativa

- [1] MOPU (1990). "Instrucción 5.2 IC, Drenaje Superficial". MOPU. Dirección General de Carreteras. 1990. BOE de 14 de mayo de 1990
- [2] Real Decreto 9/2008, de 11 de enero, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril.. BOE de 16 de enero de 2008.
- [3] Real Decreto 903/2010, de 9 de julio, de evaluación y gestión de riesgos de inundación. BOE de 15 de julio de 2010.

### Bibliografía

- [1] Bladé, E., Sánchez-Juny, M. Sánchez, H.P., Niñerola, D. y Gómez, M. (2009). "Modelación numérica en ríos en régimen permanente y variable. Una visión a partir del modelo HEC-RAS". Edicions UPC, 2009.
- [2] CEDEX, Grupo de Ingeniería del Agua y del Medio Ambiente, Flumen y CIMNE (2010). "Iber Modelización del flujo en lámina libre en aguas poco profundas. Manual de

Referencia Hidráulico".

- [3] CEDEX, Grupo de Ingeniería del Agua y del Medio Ambiente, Flumen y CIMNE (2010). "Iber Modelización del flujo en lámina libre en aguas poco profundas. Manual básico de usuario".
- [4] Martín Vide, J.P. (2002). "Ingeniería de ríos", Edicions UPC, 2002.
- [5] Rodríguez Sánchez, J.J. y Díaz Martínez, A. (2009). "Guía técnica de diseño y gestión de balsas y otros dispositivos de retención de contaminantes en carreteras". Manuales y Recomendaciones CEDEX, R 18. 2009.
- [6] Témez, J. R. (1988). "Control de la erosión fluvial en puentes". MOPU, Dirección General de Carreteras, 1988.
- [7] USACE (2010) "River Analysis System HEC RAS Release Notes Version 4.1 January 2010"
- [8] USACE (2010) "HEC RAS River Analysis System Hydraulic User's Manual Version 4.1 January 2010" U.S Army Corps of Engineers. Hydrologic Engineering Center. CPD-68, 2010.
- [9] USACE (2010) "HEC RAS River Analysis System Hydraulic Reference Manual Version 4.1 January 2010" U.S Army Corps of Engineers. Hydrologic Engineering Center. CPD-69, 2010.
- [10] USACE (2010) "HEC RAS River Analysis System Hydraulic Applications Guide. Version 4.1 January 2010" U.S Army Corps of Engineers. Hydrologic Engineering Center. CPD-70, 2010. ❖

# ASOCIACIÓN TÉCNICA DE CARRETERAS

## EVENTOS, CONGRESOS Y JORNADAS

El Comité Nacional Español de la Asociación Mundial de la Carretera organiza periódicamente **Simposios y Jornadas Técnicas** con la participación de técnicos pertenecientes a los diferentes ámbitos de la carretera representando a Administraciones Públicas y empresas

### EVENTOS CELEBRADOS RECIENTEMENTE

#### V SIMPOSIO DE TÚNELES DE CARRETERAS

SEGURIDAD PARA  
LOS TÚNELES DEL  
SIGLO XXI

#### JORNADA TÉCNICA SOBRE MANUAL DE CAPACIDAD 2010

JORNADA TÉCNICA  
SOBRE INSPECCIONES  
DE PUENTES

#### XII JORNADAS DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS

JORNADA TÉCNICA SOBRE  
DRENAJE SUPERFICIAL Y PROFUNDO  
EN OBRAS LINEALES

CURSO SOBRE REDES SENSORIALES INALÁMBRICAS  
EN INFRAESTRUCTURAS DEL TRANSPORTE

JORNADA TÉCNICA SOBRE EL ESTADO  
ACTUAL DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN  
GEOGRÁFICA Y SU APLICACIÓN A LA  
INGENIERÍA CIVIL

Además se organizan periódicamente **Jornadas Técnicas** donde se analizan temas técnicos puntuales, y además se presentan y publican los trabajos realizados por los Comités Técnicos Nacionales.

[www.atc-piarc.com](http://www.atc-piarc.com)

# Aplicación del Geo-Radar 3D Multifrecuencia como Herramienta de Alto Rendimiento para la Detección de Zonas de Acumulación de Humedad en Obras Lineales.



Application of Multifrequency Georadar 3D as a High-performance Tool to Detect Areas of Humidity Concentration in Linear Projects

Raúl Mínguez Maturana  
Geofísica Aplicada Consultores, S.L.

## Resumen

Durante la última década se ha producido un notable crecimiento en el número de infraestructuras lineales, tanto carreteras como líneas férreas, en funcionamiento en nuestro país. Este aumento del número de kilómetros de carreteras y vías férreas consecuentemente conlleva un aumento en los costes de mantenimiento y por tanto necesitan de herramientas que permitan, de forma rápida y continua, evaluar las condiciones de deterioro de la vía con el objeto de reducir los costes de mantenimiento y aumentar las condiciones de seguridad. Las acumulaciones de humedad suelen aumentar la velocidad de deterioro de la infraestructura. En esta ponencia se propone el Geo-radar 3D multifrecuencia como una herramienta de apoyo a las auscultaciones de la vía que permite la detección de zonas de acumulación de humedad en las capas que conforman la vía hasta profundidades de entre 1 y 2 metros. El GPR 3D permite determinar zonas de acumulación de humedad a velocidades de trabajo de hasta 100 Km/h recolectando datos cada pocos centímetros. La utilización de esta tecnología de detección durante los trabajos de construcción de la carretera permitiría reducir los costes mantenimiento asociado a zonas de mal drenaje del terreno reduciendo significativamente los costes a su detección y remediación cuando la infraestructura ya está en funcionamiento.

PALABRAS CLAVES: Geo-radar, Auscultación, Drenaje

## Abstract

During the last decade there has been a remarkable growth in the number of linear infrastructures, both roads and railway lines, operating in our country.

This increase in the number of kilometers of roads and railways consequently leads to an increase in maintenance costs and therefore some tools are required to measure roadway deterioration, in a quickly and continuous way, in order to reduce maintenance costs and to increase safety conditions.

Humidity concentration usually increases the rate of infrastructures damage. This paper proposes the multifrequency Georadar 3D as a tool to support roads auscultations to determine humidity concentration areas in the layers of roads at depths of up to 1 to 2 meters.

The Ground Penetrating Radar (GPR) 3D allows us to determine areas of humidity at speeds of up to 100 km / h, collecting data every few centimeters. The use of this detection technology for the construction of roads would reduce the maintenance costs in badly drained areas, reducing significantly the costs when it is detected and resolving the problem when the infrastructure is already operational.

KEY WORDS: Geo-radar, Auscultation, Drainage

## 1. Metodología: El Geo-radar

El geo-radar es una técnica geofísica somera capaz de generar una pseudo-imagen 2D y 3D de alta resolución de la estructura del subsuelo. La ventaja, respecto a otras técnicas convencionales de evaluación que se utilizan en la actualidad, como sondeos, calicatas, etc., es que se trata de un método de investigación no invasivo, versátil y rápido en su ejecución lo que permite un barrido continuo de la carretera a velocidades de adquisición de hasta 100 km/h.

Su funcionamiento consiste en la irradiación al terreno de un pulso electromagnético, entorno a una frecuencia predominante, que determina la resolución y la máxima profundidad de investigación. Cuando la onda encuentra un cambio en las propiedades del medio, por ejemplo, en la interfase capa intermedia - sub-base, parte de la energía se refleja a la superficie y parte se transmite hacia profundidades mayores.

La velocidad de propagación de la onda depende de una serie de propiedades que producen pérdidas por absorción y dispersión de la señal, lo cual puede traducirse en variaciones en las condiciones de la infraestructura. Los parámetros más habituales que se pueden investigar con geo-radar en aplicaciones de carreteras son:

- Espesores de las diferentes capas que conforman la carretera (rodadura, intermedia, sub-base, etc.)
- Defectos en las capas de aglomerado (despegues, roderas, etc.)
- Huecos
- Posibles zonas de asentamiento
- Acumulaciones de humedad

La humedad es uno de los parámetros que más afecta al pulso de geo-radar (Huisman et al., 2003), provocando una disminución considerable de la velocidad de propagación del pulso. Se traduce en la aparición de reflectores de mayor amplitud y en una atenuación de las altas frecuencias. Mediante el análisis de estos parámetros de la señal de geo-radar se pueden detectar variaciones en la humedad.

Tabla 1

MATERIAL	CONSTANTE DIELECTRICA	VELOCIDAD m/ns	ATENUACIÓN db/M
Aire	1	0,30	0
Agua destilada	80	0,033	0,002
Agua dulce	80	0,033	0,1
Agua salada	80	0,01	1000
Arena seca	3-5	0,15	0,01
Arena húmeda	20-30	0,06	0,03-0,3
Caliza	4-8	0,12	0,4-1
Pizarra	5-15	0,09	1-100
Limo	5-30	0,07	1-100
Arcilla	5-40	0,06	1-300
Granito	4-6	0,13	0,01-1
Sal seca	5-6	0,13	0,001-1
Hielo	3-4	0,16	0,001

A continuación se muestra una tabla con diferentes parámetros que afectan al pulso del georadar para distintos medios y materiales (Davis et al., 1989).

Si nos centramos en los valores de la constante dieléctrica y la velocidad de propagación, se observa que el aire y el agua representan los valores extremos de la tabla y, entre ellos, aparece un amplio abanico de materiales con valores de constante dieléctrica entre 3 y 20, y velocidades entre 0,6 y 0,15 m/ns.

## 2. Antenas de Geo-radar tridimensional multifrecuencia

Este tipo de antenas de geo-radar, en comparación con las antenas convencionales, en lugar de emitir un único pulso de geo-radar centrado en una frecuencia determinada (dominio de tiempos), emite una radiación continua a diferentes frecuencias, estudiando la amplitud de señal recibida para cada frecuencia emitida (dominio de frecuencias). Convirtiendo la información del dominio de frecuencias al dominio de tiempos mediante la transformada inversa de Fourier, se obtienen radargramas en 3D de alta resolución. Esta forma de medir permite la adquisición de datos en un rango de profundidades de investigación que abarca desde unos pocos centímetros a varios metros,

manteniendo en cada caso una óptima resolución del modelo a cada nivel de profundidad.

En los trabajos que se describen en esta ponencia se ha utilizado un equipo del fabricante noruego 3D-Radar que consiste en una antena de 29 sensores con un rango de muestreo desde 100 MHz a 3 GHz. A ella se conecta un GPS de precisión centimétrica

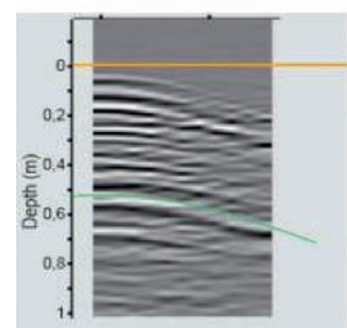
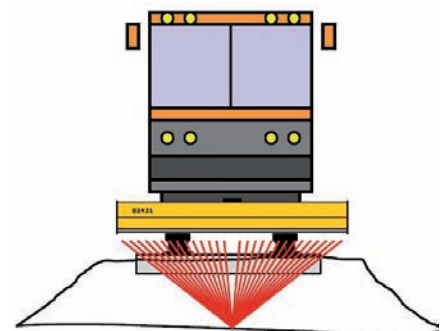


Figura1: Arriba, diagrama de trayectorias de disparo de los pulsos de geo-radar en un ensayo CMP iluminando el mismo punto desde diferentes ángulos (posición de cada uno de los sensores). Abajo, radargrama correspondiente a un ensayo CMP. La línea verde marca la hipérbola del reflector de la capa sub-base. La forma de esta hipérbola determina la velocidad de transmisión del pulso.

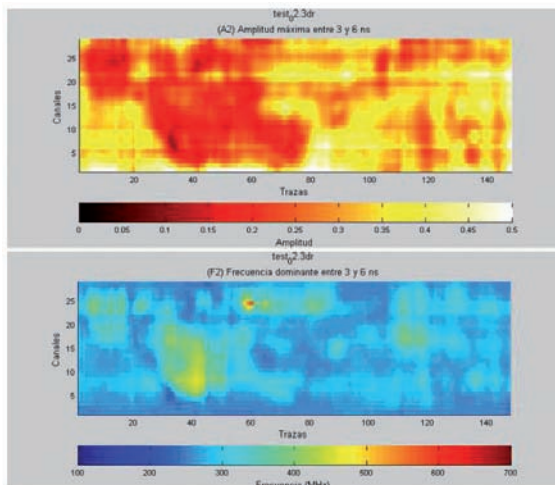


Figura 2 : Arriba, sección en planta correspondiente a la amplitud máxima para una ventana de tiempo de 3 a 6 ns. Abajo, sección en planta correspondiente a la distribución de la frecuencia dominante en la misma ventana de tiempo.

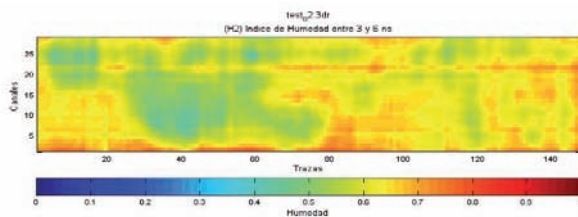


Figura 3 : Índice de humedad. Resulta de la integración de la información de la amplitud y la frecuencia. En las zonas húmedas concurren las zonas de baja frecuencia y alta amplitud, marcadas por colores verdes y azules.

la amplitud de los reflectores.

En la figura 2 se muestra un análisis de amplitudes y frecuencias para un tramo de calle asfaltada en la que una parte fue saturada con agua. La figura superior corresponde al cálculo de la amplitud máxima para una ventana de tiempo de entre 3 y 6 ns, equivalente a una profundidad de entre 0 y 15 cm aproximadamente. Las zonas rojas indican una menor reflectividad y representarían las zonas más secas. La figura inferior representa el espectro de frecuencias dominante para la misma ventana de tiempo. En este caso, los tonos azules (frecuencias más bajas) corresponderían con un mayor grado de humedad.

Combinando la información de las amplitudes y de las frecuencias se obtiene un índice que nos aporta información sobre las variaciones de humedad de la capa de asfalto y capas infrayacentes. Así, por ejemplo, las zonas que presentan baja amplitud y alta frecuencia corresponderían con las zonas más secas y, en cambio, las zonas de baja frecuencia y alta reflectividad representarían zonas de mayor humedad. (Figura 3).

### 3. Casos prácticos

A modo de ejemplo se van a describir tres casos prácticos de aplicaciones del geo-radar 3D en carreteras, donde se ilustra la capacidad de esta herramienta para la detección de zonas de acumulación de humedad.

1) El primer ejemplo muestra la capacidad del geo-radar para detectar acumulaciones de humedad en las diferentes capas que componen la estructura de un firme. El tramo investigado corresponde a un tramo de pruebas en el que la estructura del firme consiste en capa de rodadura de 5 cm de espesor, capa intermedia de 15 cm, suelo cemento de 40 cm y explanada mejorada a una profundidad de 60 cm. En este tramo de pruebas se utilizaron tres tipos de sub-bases: La primera de ellas corresponde a una mezcla de suelo cemento de baja rigidez, la segunda corresponde a un

para la referenciación de los datos de geo-radar. Cada sensor se encuentra separado del adyacente a 7,5 cm, por lo que en una única pasada es capaz de muestrear un ancho efectivo de 2,1 metros. La información de cada uno de los perfiles de geo-radar se integra en un modelo tridimensional que se genera, en tiempo real, conforme se produce la adquisición de datos. Estos modelos 3D facilitan la identificación de estructuras y de las posibles patologías que le afecten, su posición, dimensiones, etc.

Utilizando los sensores de la antena para iluminar el mismo punto, desde diferentes ángulos (ensayo CMP), se puede determinar la velocidad de transmisión del pulso de geo-radar a lo largo de un perfil. En la figura 1 se muestra un ejemplo de un ensayo

CMP realizado con la antena Geo-radar 3D aplicado a la auscultación de una carretera.

Las limitaciones de los ensayos de CMP residen en la necesidad de que existan buenos reflectores para poder identificar las hipérbolas y, por tanto, poder estimar la velocidad a partir de ellas. Conocer con precisión este parámetro permite detectar de forma precisa los espesores de capas, estimar variaciones de humedad, etc.

Una de las consecuencias del aumento de la humedad en la señal de geo-radar, es una atenuación de las altas frecuencias. Por lo tanto, para estudiar este fenómeno es conveniente disponer de una señal con un espectro de frecuencias lo más amplio posible. Un efecto que se solapa a la pérdida de altas frecuencias es el aumento de

suelo cemento de alta rigidez y la tercera consiste en unas arenas sin suelo cemento.

En la figura 4 se muestra el radargrama correspondiente al canal central de la antena y la sección en planta correspondiente a la zona de contacto entre la capa intermedia y la sub-base. Analizando la morfología y la reflectividad del reflector correspondiente a la base de la capa intermedia, se observa como:

- El primer tramo de suelo cemento de baja rigidez presenta una morfología ondulada y una alta reflectividad, lo cual indica que, a favor de este contacto, se acumula humedad.
- El segundo tramo, correspondiente al suelo cemento rígido, también se observa una alta reflectividad, pero en este caso se aprecia como la deformación que soporta esta capa se libera de forma frágil mediante roturas.
- En el último tramo, correspondiente a las arenas, se aprecia una fuerte pérdida de reflectividad, lo que indica que el contacto entre la capa intermedia y las arenas presenta poca humedad. En este caso la permeabilidad de las arenas hace que la humedad se acumule en la explanada mejorada.
- La zona de suelo cemento, debido a su carácter impermeable, impide que la humedad llegue a la explanada mejorada, haciendo que el reflector que marca el techo de la misma sea muy tenue.

La figura 5A presenta un radargrama de amplitudes en valor absoluto en el que los colores rojos y anaranjados se corresponden con bajas reflectividades, y los colores azules con altas reflectividades. La figura 5B corresponde a una sección en planta en la que se muestra la amplitud correspondiente al reflector de la base de la capa intermedia. La alta reflectividad de las zonas de suelo cemento (colores azules) marcan la acumulación de humedad. La figura 5C trata de una sección en planta que muestra la amplitud del reflector de la capa de

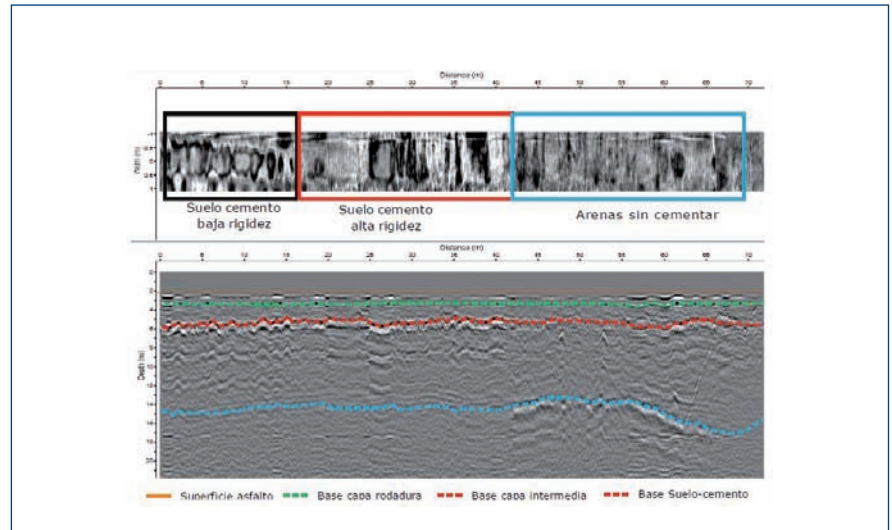


Figura 4 : Arriba. Sección en planta correspondiente a la zona de contacto entre la capa intermedia y la sub-base. Abajo. Radargrama correspondiente al canal central de la antena e interpretación de la estructura.

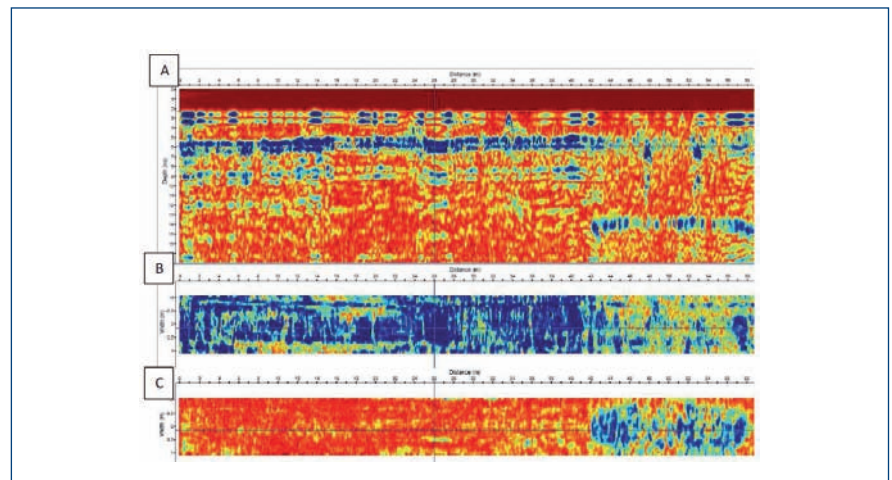


Figura 5 : A. Radargrama de amplitudes absolutas correspondiente al canal central de la antena. Los colores rojos y anaranjados se corresponden con bajas reflectividades y los colores azules con altas reflectividades. B. Sección en planta correspondiente a la profundidad a la que se encuentra el reflector de la base de la capa intermedia. C. Sección en planta correspondiente a la profundidad a la que se encuentra el reflector de la explanada mejorada.

explanada mejorada, donde los tonos azules indican una mayor amplitud, lo que coincide con las zonas de acumulación de humedad.

2) El segundo ejemplo corresponde a un tramo de autopista donde se vienen produciendo procesos de asentamiento (figura 6). El modelo 3D de geo-radar muestra como en la zona de asentamiento existe un antiguo parche de una reparación previa. Además se observa como las diferentes campañas de asfaltado, realizadas para nivelar la zona hundida, han provocado que el espesor de asfalto se haya incrementado en 20 cm, desde los 15 cm iniciales a los 35 cm finales. Analizando la morfología del reflector

de la base de la capa intermedia, se aprecia como la máxima deformación se concentra en la parte superior del modelo tridimensional.

Si extraemos una sección de la zona en la que se hace más intensa la deformación, se aprecia como aparece una zona de alta reflectividad y en su entorno, una fuerte atenuación de las altas frecuencias. Esta intensa atenuación de las altas frecuencias indica que la zona presenta un alto grado de humedad. En cambio, los reflectores caóticos de altas frecuencias y amplitudes indican la presencia de una zona de huecos (lavado de finos). Es este el proceso que está produciendo los



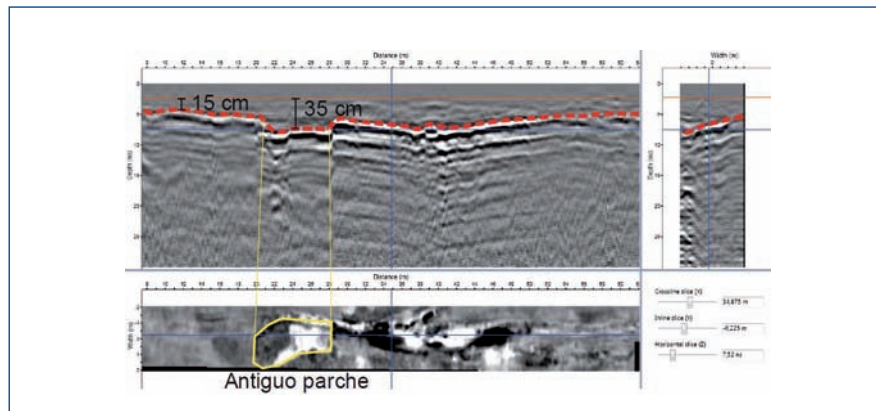


Figura 6 : Modelo tridimensional de geo-radar correspondiente a un tramo de autopista que ha sufrido asentamientos. La línea roja discontinua marca la base de la capa intermedia, que presenta un espesor que varía entre 15 y 35 cm. En la sección en planta (abajo) se aprecia el contorno de una antigua reparación en el firme. En la sección transversal (arriba derecha) se puede observar la dirección de máxima deformación.

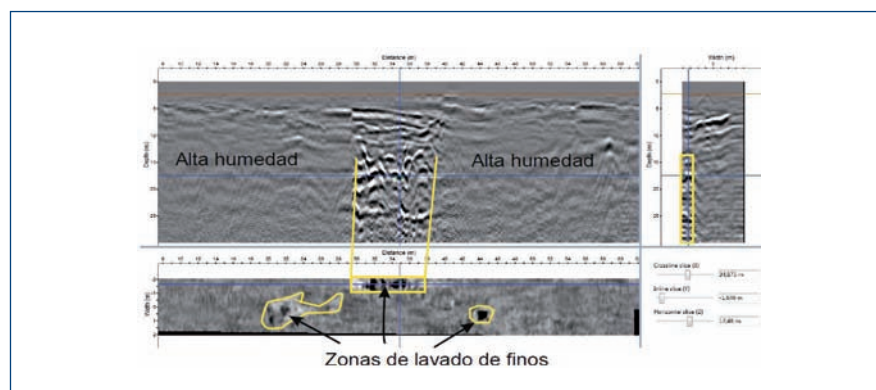


Figura 7 : Vista diferente del modelo tridimensional de la figura 6 en el que se observa una zona de lavado de finos con presencia de huecos, coincidiendo con la zona de mayor espesor de aglomerado.

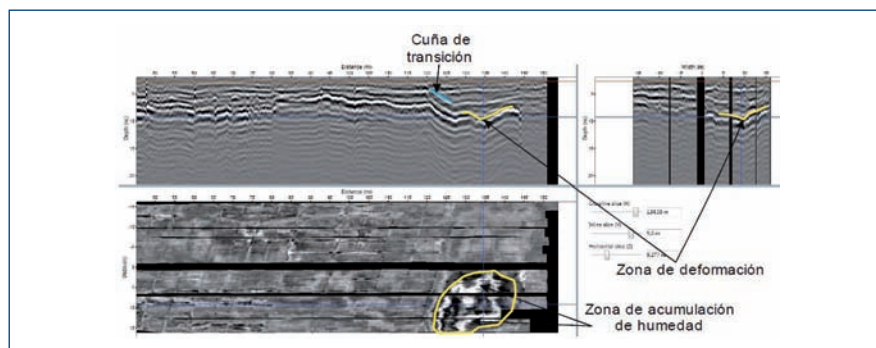


Figura 8 : Modelo tridimensional de geo-radar correspondiente a un puente de dos tableros y los estribos. En la sección longitudinal y transversal (arriba) se marca con una línea amarilla la zona deformada. En la sección en planta (abajo) se marca con un contorno de color amarillo una zona de alta reflectividad y baja frecuencia que se corresponde con una acumulación de humedad.

asentamientos del firme. Únicamente actuando sobre el origen del problema o patología se podrá reparar el tramo de autopista afectado de una forma eficaz y duradera.

3) En el último ejemplo (figura 8) se muestra la capacidad del geo-radar tridimensional para la detección de zonas de acumulación de humedad antes de que estas generen patologías de importancia. En este caso, se inves-

tigó un puente de dos tableros.

- Analizando la zona de los estribos se puede apreciar como en el estribo sur aparecen reflectores de alta reflectividad y baja frecuencia que indican la acumulación de humedad. Además, se observa como los reflectores de la subbase se encuentran deformados aunque la deformación no ha progresado aún hacia las capas superiores.

- Analizando el estribo norte no se observan acumulaciones de humedad ni deformaciones de las capas inferiores.

#### 4. Conclusiones

1. El pulso de geo-radar es muy sensible al contenido de humedad de los materiales, lo cual afecta a las frecuencias del pulso, la reflectividad y su velocidad de propagación.

2. El geo-radar 3D multifrecuencia permite, frente a geo-radares 2D convencionales, analizar con mayor eficiencia el espectro de frecuencia y estimar la velocidad de transito del pulso de geo-radar en el medio. Montado en un vehículo con GPS, lo convierte en una herramienta muy eficiente capaz de detectar acumulaciones de humedad en las capas del firme hasta profundidades de investigación de 2 metros y a velocidades de adquisición de datos de hasta 100 km/h.

3. El análisis tridimensional de los modelos de geo-radar permite estudiar con mayor detalle la estructura del firme e identificar los procesos que generan las patologías.

4. Por último, un mejor conocimiento de la estructura y del estado del firme resulta crucial para comprender y predecir su evolución temporal. De este modo se puede planificar en el futuro, incluso antes de que una patología se manifieste, los trabajos de mantenimiento, reduciendo los costes y aumentando la operatividad y seguridad de las infraestructuras afectadas.

#### Referencias

[1] Huisman, J.A., Hubbard, S.S., Redman, J.D. and Annan A.P. Measuring Soil water Content with Ground Penetrating Radar: A Review. Vadose Zone Journal, 2:476-491 (2003). Soil Science Society of America.

[2] Davis, J. L., and Annan, A. P., 1989. Ground penetrating radar for high resolution mapping of soil and rock stratigraphy. Geophysical prospecting, Vol. 37, p. 531-551. ❖

# Experiencia en el Diseño de Autovías en Rumanía. Metodología Aplicada en Estudios Hidrológicos e Hidráulicos



## Experience in the Design of Highways in Romania. Methodology used in Hydrologic and Hydraulic Studies

Jose María Moire Tribaldos / Leocadio Sánchez Rodrigo  
Dpto. Hidrología, Hidráulica y Drenaje. Transportes – Diseño

### Resumen

El aumento de inversión en países de Europa Central y del Este procedente de los fondos de la Unión Europea trae consigo la necesidad del estudio y aplicación de las normativas regionales, con la finalidad de llevar a cabo con éxito y en breves periodos de tiempo el diseño de los proyectos de infraestructuras lineales. El objeto de este trabajo es el análisis y optimización de la metodología aplicada en estudios hidrológicos e hidráulicos rumanos, y su comparación con los procedimientos habituales empleados en España.

A nivel hidrológico se analiza la metodología de cálculo de caudales punta, y concretamente la singularidad en la obtención del tiempo de concentración; asimismo se desarrolla un procedimiento para automatizar con herramientas GIS los cálculos de las variables más condicionantes. El estudio todas estas variables se realiza sobre las cuencas atravesadas por algunos tramos de autovía del Corredor IV Paneuropeo de transporte, así como en algunas de las carreteras nacionales existentes del entorno.

Del mismo modo, a nivel hidráulico se analiza tanto el dimensionamiento de viaductos como la obtención de la erosión estimada. En este caso, la muestra objeto de estudio es la intersección de los mismos tramos del Corredor IV Paneuropeo de transporte con los cauces más relevantes.

PALABRAS CLAVES: Hidrología, Autovía, Diseño de carreteras.

### Abstract

The increase of investment in countries of Central and Eastern Europe, from the funds of the European Union, brings with it the need to study and implement of regional policies, in order to carry out, successfully and in short periods of time, the design of linear infrastructure projects. The purpose of this task is to analyze and optimize the methodology used in Romanian hydrologic and hydraulic studies, compared to the standard procedures used in Spain.

At a hydrological level the methodology of calculation of peak flows has been analyzed, specifically the uniqueness in obtaining the concentration time; also a method has been developed to automate the calculation of the more conditioning variables, with the help of GIS tools. A study of all these variables is done on the river basins crossed by some sections of Corridor IV Pan-European Transport Motorway, and also in some of the existing national roads in the surrounding.

For the same reason and at a hydraulic level, both the dimensioning of viaducts as well as the estimated erosion has been analyzed. In this case, the scope of the study is the intersection of Corridor IV Pan-European Transport Motorway, with the most relevant river-basins.

KEYWORDS: Hydrology, Highway, Road Design.

## 1. Análisis hidrológico

La aplicación del método hidrometeorológico rumano en la obtención de caudales depende, como es habitual en este tipo de cálculos, de la determinación del tamaño y naturaleza de la cuenca aportante, y posteriormente de la aplicación de una intensidad media de precipitación a su superficie. En lo que respecta a la determinación de caudales punta, la metodología rumana se centra en cuencas menores (de 5 ó 10 km<sup>2</sup>), admitiendo la aplicación de estos métodos hasta 20 ó 30 km<sup>2</sup> (este tamaño de cuenca ya la considera en general suficiente para albergar una red hidrométrica estándar). De este modo se obtiene el caudal punta mediante la siguiente expresión:

$$Q_{\text{máx}} = 16,67 \cdot C \cdot i_p \cdot F \quad (1.1)$$

Siendo:

C, coeficiente de escorrentía

$i_p$ , intensidad de lluvia

F, superficie de la cuenca

Cabe destacar que el Organismo de Cuenca de Rumanía a nivel nacional, exige la solicitud formal del valor del caudal para puentes y viaductos hidráulicos, valor que debe ser empleado en el desarrollo de los cálculos hidrológicos. En este sentido esta metodología de cálculo de caudales sólo es admisible para su empleo en el dimensionamiento de obras de drenaje.

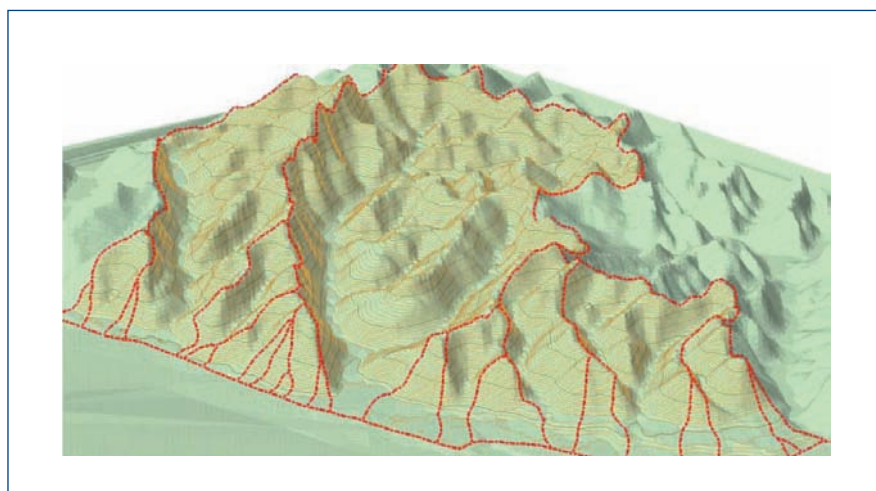


Figura 1: Vista 3d de algunas de las cuencas que han servido de base para este trabajo.

### 1.1. Singularidad paramétrica del método hidrometeorológico

Entrando en detalle en la fórmula presentada en el apartado anterior, la intensidad de lluvia se define como la relación entre el promedio máximo de lluvia asociada a la zona de estudio y del tiempo de concentración de la cuenca analizada. Es en la obtención de este último parámetro cuando se refleja una singularidad respecto a la metodología habitual manejada en España.

Este tiempo de concentración ( $t_c$ ) es función del tiempo de concentración del cauce principal ( $t_a$ ) y del tiempo de concentración asociado a las laderas de la cuenca ( $t_v$ ):

$$t_c = 1,2 \cdot t_a^{1,1} + t_v \quad (1.2)$$

La obtención del tiempo de concentración del cauce principal ( $t_a$ ) va ligada a parámetros como la longitud del cauce principal, la pendiente media de este cauce y el coeficiente de rugosidad del lecho. Sin embargo, el cálculo del tiempo de concentración asociado a las laderas de la cuenca ( $t_v$ ) es algo más singular, ya que es el resultado de un procedimiento más laborioso en el que intervienen parámetros tales como la longitud media de la ladera, el coeficiente de rugosidad de la ladera y la pendiente media de la ladera. La optimización de este cálculo se desarrolla en el apartado

### II.2.- Aplicación de métodos GIS para optimizar los cálculos.

#### Metodología utilizada versus métodos tradicionales españoles.

Se ha analizado la sensibilidad del parámetro tiempo de concentración en el desarrollo de la metodología rumana descrita en apartados anteriores. Se ha optado por comparar este procedimiento con el de Témez modificado, con amplia difusión en España, que se resuelve mediante la experiencia:

$$t_c = 0,3 \cdot \left[ \frac{L}{J^{1/4}} \right]^{0,76} \quad (1.3)$$

Siendo,

L, longitud del cauce principal

J, pendiente media

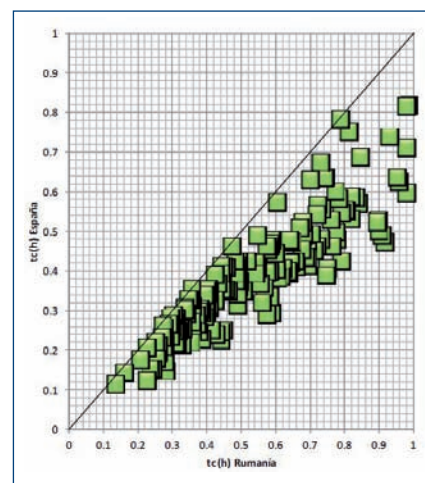


Figura 2: Comparativa de tiempos de concentración para rangos de entre 0,0 y 1,0 h.

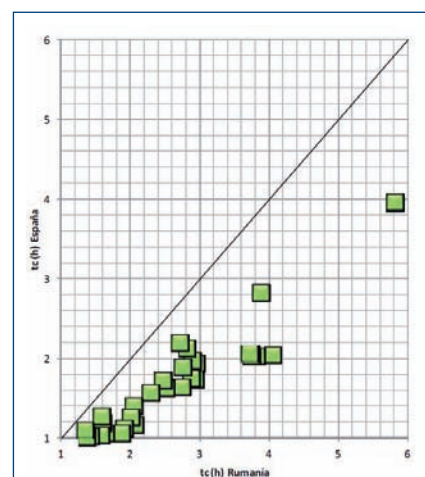


Figura 3 : Comparativa de tiempos de concentración para rangos de entre 1,0 y 6,0 h.

Se ha tomado como muestra de partida para el análisis realizado en este trabajo 228 cuencas asociadas bien a nuevas obras de drenaje de diferentes tramos de autovía del Corredor IV Paneuropeo, bien a obras de drenaje existentes en las carreteras nacionales del entorno (DN14, DN15 y DN15A). Los resultados de este análisis se han agrupado en dos rangos del tiempo de concentración, mostrando los resultados obtenidos a continuación:

En los gráficos de correlación obtenidos se evidencia que la aplicación de la normativa rumana conlleva a resultados del tiempo de concentración superiores a los de la norma española, siendo estos valores más próximos para los rangos más bajos de este parámetro, y presentando mayor diferencia a medida que se incrementa la duración.

## 1.2. Aplicación de métodos GIS para optimizar los cálculos

Como se comenta en apartados anteriores, el procedimiento más laborioso en el desarrollo de la metodología de cálculo de caudales es el parámetro correspondiente a la pendiente media de la ladera ( $I_v$ ), que se resuelve mediante la siguiente fórmula:

$$I_v = \frac{AH}{2} \cdot \frac{\sum(L_r, L_{r+1})}{F} \quad (1,4)$$

Siendo,

AH, desnivel de la cuenca de estudio

$\sum(L_r, L_{r+1})$ , suma de las longitudes de las curvas de nivel contenidas en la cuenca de estudio

F, área de cuenca de estudio

Obviamente, la suma de las longitudes de cada curva de nivel contenida la cuenca de estudio puede llegar a ser una labor excesivamente laboriosa si se pretende llevar a cabo de forma no automatizada. Para resolver este cálculo se ha optado por utilizar el software ESRI ArcGIS que contiene herramientas suficientes para resolver este tipo de cálculos.

Se analiza a continuación este



Figura 4: Vista 3d de algunas de las cuencas analizadas, en la que se destacan las curvas de nivel asociadas a una sola cuenca.

procedimiento de forma localizada en una de las cuencas objeto de estudio.

En primer lugar, se eliminan todas las curvas de nivel que se encuentren dentro de la divisoria objeto de estudio, cortando cada curva de nivel con el límite de la cuenca (herramientas clip e intersect).

En segundo lugar, añadimos una columna nueva tipo double en la ala asociada a las curvas de nivel, y calculamos la longitud de cada línea (herramienta geometría). Finalmente la suma de todos los valores de este campo será el valor buscado  $\sum(L_r, L_{r+1})$ .

Para tener un orden de magnitud de este parámetro final, se realiza un análisis partiendo de la muestra de datos definida en el apartado anterior, correspondiente al análisis de 228 cuencas. La suma de las longitudes de

las curvas de nivel contenidas en una cuenca media representativa resulta de 38 km. Como dato relevante a considerar, la suma total de las longitudes de las curvas de nivel de todas las cuencas analizadas en este trabajo supera los 8.000 km. En conclusión, parece necesaria la aplicación de métodos de automatización acordes con los plazos que se manejan en el desarrollo de estos trabajos.

## 2. Dimensionamiento hidráulico de viaductos

Se entiende por dimensionamiento hidráulico de viaductos el proceso de cálculo que establece la capacidad de desagüe de los mismos y la sobre-elevación producida por su implantación. Como resultado de este cálculo

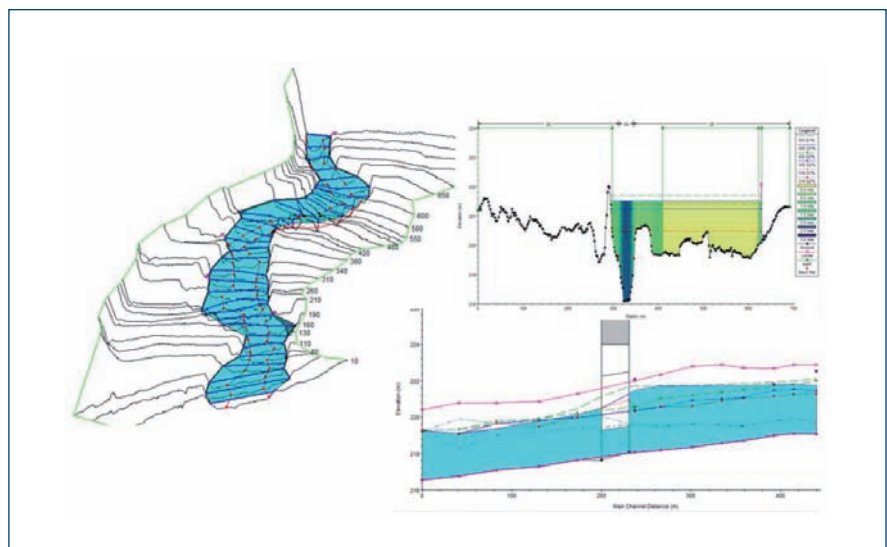


Figura 5: Algunas vistas de los modelos hidráulicos utilizados en el análisis.

se obtiene la longitud libre, medida ésta sobre el plano perpendicular a la corriente, y el gálibo o altura libre medida desde la cota inferior de tablero al nivel máximo del agua para el periodo de retorno considerado.

Para la obtención de los parámetros hidráulicos se ha empleado el ampliamente extendido software River Analysis System (HEC- RAS), desarrollado por U.S. Army Corps of Engineers (USACE) Hydrologic Engineering Center (HEC), en régimen permanente, sobre alguno de los viaductos del Corredor IV Paneuropeo.

En el siguiente apartado se evalúa el procedimiento de cálculo recogido en la norma rumana y se realiza un análisis comparativo respecto de los procedimientos de cálculo utilizados en España.

## 2.1. Cálculo de la capacidad de desagüe

La metodología rumana es un proceso iterativo donde para cada una de las longitudes estimadas se obtiene una capacidad de desagüe del viaducto. La longitud final es aquella que da una capacidad de desagüe superior al caudal de cálculo para el periodo de retorno de proyecto.

La capacidad de desagüe para una determinada longitud de viaducto viene dada por la fórmula de Rühlmann:

$$Q = \mu \cdot L \sqrt{2g} \cdot \left[ \frac{2}{3} [(\Delta z + K)^{3/2} - K^{3/2}] + h \sqrt{\Delta z + K} \right] \quad (2.1)$$

$$\Delta z = (V_{mp}^2 - V_m^2) / 2g \quad (2.2)$$

Siendo,

L, longitud estimada del viaducto

h, altura media del agua en presencia del puente

$\mu$ , coeficiente de reducción del área

$\Delta z$ , sobre-elevación

K, altura cinética

$V_{mp}$ , velocidad media en la sección del puente

$V_m$ , velocidad media en régimen natural

## Metodología utilizada versus métodos tradicionales españoles.

Esta metodología se compara con los métodos tradicionales utilizados en España. La primera comparativa se realiza con el procedimiento de cálculo recogido en la Instrucción 5.2IC que utiliza la siguiente fórmula para el cálculo de la sobre-elevación:

$$\Delta z = K \cdot V^2 / 2g \quad (2.3)$$

Siendo,

K, coeficiente de efecto de las pilas, excentricidad y esviaje del viaducto

V, velocidad media en la sección del puente

Para la segunda comparativa se toma la fórmula de Martín Vide con la que también se calcula la sobre-elevación:

$$\Delta z = 6 \cdot m^2 \cdot V^2 / 2g \quad (2.4)$$

Siendo,

m, coeficiente de obstrucción

V, velocidad media en la sección del puente

El análisis realizado se centra en las comparativas de las sobre-elevaciones por ser éste el único valor directamente comparable entre metodologías para una misma longitud de viaducto y caudal de cálculo. Las sobre-elevaciones que se muestran son las obtenidas partiendo de las longitudes libres

finalmente adoptadas en los cinco viaductos estudiados, a saber, Binis, Glavita, Cugir, Secas y Cioara.

Los valores de sobre-elevación obtenidos se presentan a continuación.

Se puede comprobar que dos de los valores de sobre-elevaciones obtenidos mediante la metodología rumana difieren respecto de los obtenidos mediante la metodología española. Esto es debido a que la fórmula que evalúa la sobre-elevación en la metodología rumana únicamente considera las alturas cinéticas antes y después de la implantación de la infraestructura, sin tener en cuenta la proporción de caudal obstruido o el efecto que pudiera producir la excentricidad y el esviaje del viaducto. Solo evalúa el efecto de las pilas de cara a obtener la capacidad de desagüe del viaducto (fórmula 2.1).

Esta es la principal diferencia entre metodologías; la metodología española se orienta a obtener valores máximos de sobre-elevación y la norma rumana está orientada a obtener capacidades de desagües, sin establecer valores límite de sobre-elevación, tal y como ocurre en la instrucción 5.2IC donde se fija un valor máximo de 0,50 m. Según lo anterior, la norma española resulta más restrictiva a la hora de fijar longitudes mínimas de viaductos. Por el contrario, la norma rumana sí establece valores mínimos de resguardo interior libre en función

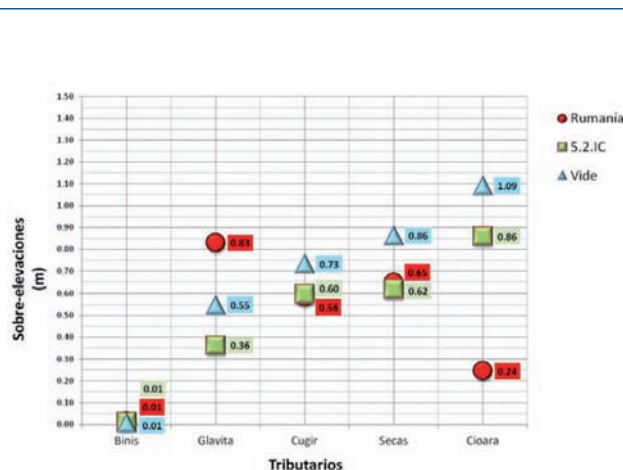


Figura 6 : Comparativa de sobre-elevaciones en la sección de aguas arriba de la infraestructura lineal.

de la importancia de la infraestructura, siendo en todos los casos estudios superiores a 1 m.

### 3. Socavación en puentes

La erosión es el resultado de la acción erosiva producida por el flujo del agua, excavando y desplazando el material del lecho y márgenes del cauce y de alrededor de las pilas y estribos. Por un lado, la erosión general consiste básicamente en la reducción del lecho del cauce a lo largo de la sección hidráulica del puente. Esta socavación se produce como consecuencia de la contracción producida por el flujo al paso por la sección del puente. Por otro lado, la erosión local implica el desplazamiento del material existente alrededor de las pilas, estribos y taludes. Es el resultado de la aceleración del flujo y de los vórtices generados por la obstrucción al flujo.

La socavación en puentes se calcula, en caso de que los ríos tengan un lecho erosionable, de cara a establecer la profundidad de las cimentaciones y el tipo de protección necesario.

Analizada la erosión tanto en su componente general como en la local, se evalúa en todos los procedimientos partiendo de las hipótesis de flujo en lámina libre, aguas claras, cauce en equilibrio, y sin considerar el efecto del hielo ni posibles migraciones del cauce.

No se pretende en ningún caso

analizar el diseño de las cimentaciones, que requiere el trabajo de un equipo multidisciplinar de ingenieros geotécnicos, hidráulicos y estructurales, no siendo el objeto de este trabajo.

#### 3.1. Estimación de la erosión general

La erosión general se produce cuando el área del flujo del cauce en el momento de la crecida se contrae, bien sea por una reducción natural del cauce o por la presencia de una estructura. También puede tener lugar este tipo de socavación cuando el flujo de la llanura de inundación se ve forzado a regresar al cauce de aguas bajas por la presencia de una mota de protección o, de forma más habitual, por los taludes de la infraestructura lineal próximos a los estribos.

Un descenso en el área del flujo supone un aumento de la velocidad media y del esfuerzo cortante sobre el lecho. En este sentido, hay un incremento en las fuerzas de socavación, lo que supone el desplazamiento del material del lecho en el tramo en el que se produce la contracción del cauce. El incremento del transporte del material del lecho aumenta la profundidad del cauce, incrementando el área de flujo, lo que reduce la velocidad y el esfuerzo cortante hasta que se recupera el equilibrio relativo.

La erosión general se obtiene de

las siguientes fórmulas:

$$h_{af} = V_{mp} / V_{ml} \cdot h = E \cdot h \quad (3.1)$$

$$e_g = h_{afmax} - h \quad (3.2)$$

Siendo,

$e_g$  = socavación general

$h$ , calado en la situación natural (previo a la erosión)

$h_{ap}$  calado después de la erosión

$V_{mp}$  velocidad media en la sección del puente

$V_{ml}$  velocidad media en régimen natural

$h_{afmax}$  máxima erosión general

Metodología utilizada versus métodos tradicionales españoles.

En este apartado se compara el procedimiento desarrollado en la normativa rumana con algunos métodos tradicionales definidos por diversos autores con cierta difusión en campo de la ingeniería española.

En primer lugar, se establece una comparativa de los valores obtenidos por la metodología rumana frente a los que se deducen por la fórmula de Blench. Este procedimiento se basa más en parámetros como el calado, el tamaño del material, la geometría del cauce y el caudal específico.

$$e_g = K \cdot \alpha \cdot y_c \cdot y \quad (3.3)$$

Siendo,

$e_g$  = socavación general

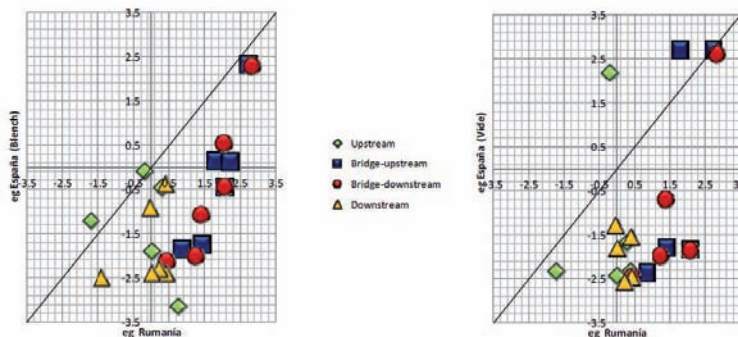


Tabla 9: Resultados de ensayo sensibilidad al agua del betón BBT 35/50, compactado por impacto y giratoria.

K, factor mayorante del calado  
 $\alpha$ , factor adimensional en función del material del lecho  
 $y_c$ , calado crítico  
 $y$ , calado en avenida

Por otro lado, se comparan los mismos valores de la metodología rumana con los valores obtenidos por el método de Martín Vide. En este caso los parámetros condicionantes son el caudal, el calado y la velocidad.

$$e_g = \delta \cdot y - y + k \cdot y_m - y \quad (3.4)$$

Siendo,  
 $y$ , calado original  
 $y_m$ , calado medio  
 $\delta$ , coeficiente de proporcionalidad  
 $k$ , coeficiente de curva

Los datos de partida se obtienen de los modelos hidráulicos realizados de la intersección del Corredor IV Paneuropeo con 6 cauces: Bega, Timis Bega, Glavita-Bega, Secas, Cugir y Vaideu. El resultado de la comparación de metodología se muestra a continuación.

Aunque la muestra de datos analizada no es muy significativa, en los gráficos de correlación obtenidos se detecta que en la aplicación de la normativa rumana se obtienen valores superiores de la erosión general de los que cabe esperar con la aplicación de metodologías tradicionales en España.

Por otro lado, si bien es cierto que en los valores testigo (upstream / downstream) funcionan adecuadamente en todas las metodologías aplicadas, como cabría esperar con valores irrelevantes; sin embargo la aplicación de la normativa rumana en las secciones internas del puente presenta como norma general valores de la erosión general superiores a los obtenidos en las metodologías tradicionales empleadas en España.

### 3.2. Estimación de la erosión local

La erosión local en pilas es función de las características del material del lecho, de la configuración del mismo,

de las características del flujo y de la geometría de las cimentaciones:

- Material del lecho: granular o no granular, cohesivo o no cohesivo, erosionable o roca no erosionable.
- Flujo: velocidad y calado aguas arriba de las pilas, ángulo de incidencia de la velocidad de la corriente, y si el flujo discurre en lámina libre o en presión.
- Geometría de las pilas: tipo, dimensiones y forma. Los tipos pueden ser pilas únicas o múltiples (separación entre estas últimas), con o sin zapata o encepado, circulares o cuadradas, con extremos redondeados o angulosos, etc.

Para estimar la socavación local en pilas siguiendo la metodología rumana, se emplean las fórmulas expuestas a continuación, con sensibilidad a los parámetros de sección transversal de la pila, ángulo de incidencia y velocidad:

$$a_{f1} = 2,42 \cdot k_f \cdot k_a \cdot b \cdot \left[ \frac{2v}{v_a} - 1 \right] \cdot \left[ \frac{v_a^2}{g \cdot b} \right]^{1/3} \quad (3.5)$$

$$a_{f2} = 2,42 \cdot k_f \cdot k_a \cdot b \cdot \left[ \frac{v_a^2}{g \cdot b} \right]^{1/3} \quad (3.6)$$

Siendo,  
 $a_{f1}$  y  $a_{f2}$ , erosión local  
 $k_f$ , coeficiente de forma  
 $k_a$ , coeficiente de ángulo de incidencia  
 $b$ , ancho de pila a nivel del lecho  
 $v$ , velocidad actual aguas arriba de la pila  
 $v_a$ , velocidad media de arrastre  
 $g$ , aceleración de la gravedad  
 $b$ , ancho de pila a nivel del lecho

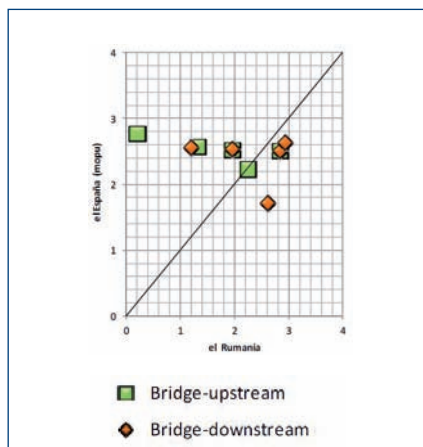


Figura 8: Comparativa de erosión local en las secciones internas del puente.

Metodología utilizada versus métodos tradicionales españoles.

Esta metodología se compara con los métodos tradicionales utilizados en España. Concretamente, se realiza la comparación con el procedimiento de cálculo indicado en la publicación del antiguo MOPU, que es función del ángulo de incidencia de la corriente, el ancho de pila y el calado.

El análisis realizado se centra en pilas de forma rectangular alargada y extremos redondeados. La muestra abarca 5 cauces (Bega, Timis Bega, Binis, Glavita –Bega y Secas), presentándose los resultados a continuación.

En lo que respecta a la erosión local, se observa bastante dispersión en los resultados obtenidos, obteniendo valores algunas veces superiores en la aplicación de la metodología rumana, y en otras ocasiones superior en el caso de las metodologías tradicionales españolas.

### Referencias

- [1] Instrucțiuni pentru calculul scurgerii maxime în bazine mici. INMH (1997)
- [2] Instrucción 5.2-IC Drenaje Superficial. Ministerio de Fomento (1990)
- [3] Normativ privind proiectarea hidraulică podurilor și podetelor. Administrația Națională a Drumurilor (2002)
- [4] Versión modificada del método hidrometeorológico, presentada por su autor (J.R. Témez) en una comunicación al XXIV Congreso de la Asociación Internacional de Investigaciones Hidráulicas (Madrid 1991), y reproducida en lengua castellana en el nº 82 de la Revista "Ingeniería Civil"
- [5] Control de erosión fluvial en puentes. José R. Témez Peláez. MOPT-MA (1988)
- [6] Ingeniería de ríos. Juan Pedro Martín Vide. (2002)
- [7] Evaluating Scour at Bridges, Hydraulic Engineering Circular No. 18 (HEC-18). United States Department of Transportation - Federal Highway Administration (2001). ❖

# ASOCIACIÓN TÉCNICA DE CARRETERAS COMITÉ NACIONAL ESPAÑOL ASOCIACIÓN MUNDIAL DE CARRETERAS



**asociación técnica  
de carreteras**  
comité español de la  
asociación mundial de carreteras



El Comité Nacional Español fue creado en 1934 y, desde entonces, ha venido colaborando, en la misión de transferencia tecnológica, con la Asociación Mundial de la Carretera, con la cooperación de los técnicos españoles, a través de los Comités Técnicos Nacionales e Internacionales, así como con la participación española en los Congresos Mundiales de Carreteras

## COMITÉS TÉCNICOS NACIONALES

**C4 - CARRETERAS INTERURBANAS Y TRANSPORTE INTEGRADO INTERURBANO**

**C5 - TÚNELES DE CARRETERA**

**C6 - CONSERVACIÓN, GESTIÓN Y VIALIDAD INVERNAL**

**C7 - FIRMES DE CARRETERAS**

**C11 - PUENTES DE CARRETERAS**

**C12 - GEOTECNIA VIAL**

**C13 - SEGURIDAD VIAL**

**C14 - CARRETERAS Y MEDIO AMBIENTE**

**C21 - CARRETERAS DE BAJA INTENSIDAD DE TRÁFICO**



# La Asociación de Empresas de Conservación y Explotación de Infraestructuras celebra el VIII Premio Nacional ACEX a la Seguridad en Conservación

ACEX celebró el pasado 12 de junio la entrega de su octavo galardón, cuyo objetivo es promover la seguridad, tanto laboral como vial, la innovación y la sostenibilidad

12 de junio de 2012 en Madrid  
La Redacción

La Asociación de Empresas de Conservación y Explotación de Infraestructuras (ACEX) celebra la entrega del VIII Premio Nacional ACEX a la Seguridad en Conservación, el próximo 12 de junio. La mesa presidencial estará compuesta por el presidente de ACEX, D. Javier Segovia Irujo; el presidente del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, D. Juan A. Santamera Sánchez; el subdirector director General de Tráfico, D. Federico Fernández Alonso; el presidente de la Confederación Nacional de la Construcción, D. Juan Francisco Lazcano y la directora del Centro Nacional NNTT/INSHT, Dña. Olga Fernández.

La Junta Directiva de ACEX 2012, reunida en sesión ordinaria el pasado 16 de abril acordó la concesión de la Mención honorífica a "la Comisión de Fomento del Congreso de Diputados por ser el punto de encuentro de diálogo y búsqueda de consenso entre los grupos parlamentarios, tendentes a optimizar las inversiones en las infraestructuras, su control y los cambios legislativos que permitan que las infraestructuras sean el motor económico de la recuperación, del crecimiento y del empleo".

## Candidatos

A esta octava edición se han presentado dieciséis candidaturas innovadoras, que destacan por su contribución a la mejora de la seguridad como: sistemas de drenaje más seguros, que evitan problemas de

seguridad vial al no tener una reja practicable; *Adrow - patente*, que utiliza las líneas discontinuas de separación de los carriles para dar información a los conductores de manera continuada del sentido (dirección) de la vía-; balizamiento posterior de señalización vertical -que se propone aumentar el grado de seguridad de las carreteras, con un coste realmente económico-; UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) ELFOII para efectuar análisis periódicos del comportamiento de vehículos en desvíos de tráfico; un sistema de control de vigencia de operaciones en carreteras en tiempo real; una guía práctica de señalización en trabajos de conservación de carreteras (autovías); un informe de seguridad y salud -comprobación del cumplimiento de la intensidad lumínica de los elementos luminosos empleados en la señalización móvil de obras.

Por otro lado, también se han presentado: sistema de gestión web de carreteras de Iternova, que permite gestionar de forma integrada todas las actividades necesarias en la conservación/explotación de las mismas; equipos para evitar choques y/o golpes con obstáculos del borde de la calzada; un robot segador para el desbroce de vegetación evitando los cortes de carril; una solución de bajo coste y fácil implantación para la regulación en tiempo real y de forma automatizada de la velocidad para zonas de riesgo; sistema de detección y alarma para evitar los atropellos en las obras de construcción; un programa de

minimización de los riesgos; un programa de conducta responsable -revisión de las condiciones de trabajo por parte de los propios operarios-; el acondicionamiento de un vehículo ligero -consiguen las siguientes mejoras: inmediatez a la hora de salir a atender accidentes o incidentes, disminución del tiempo de exposición de los trabajadores en la carretera, minimización de los riesgos de manipulación.

## La Junta Directiva de ACEX 2012 acordó la concesión de la Mención honorífica a la Comisión de Fomento del Congreso de Diputados

El Premio Nacional ACEX constituye un evento de referencia en el sector de la conservación que cuenta con una enorme acogida entre sus profesionales y una considerable repercusión mediática dentro del sector. Según el director gerente de ACEX, Pablo Sáez Villar, estos premios "son un reconocimiento anual por los méritos y esfuerzos de todos aquellos trabajadores, empresas y administración, que vienen desarrollando actividades con destacadas consecuencias positivas".

## Estudio económico de la tarificación de las infraestructuras



**“La tasa no es para enriquecerse sino para salvar los costes”**

D. José Ángel Presmanes Rubio, explicó las características fundamentales del Estudio económico de tarificación de infraestructuras, presentado para el Centro que preside

31 de mayo en Madrid de 2012  
La Redacción

El Presidente del CECOPP (Centro Español de Excelencia y Conocimiento de Colaboración Público y Privada), en un coloquio que tuvo con periodistas, antes de presentar el Estudio económico de la tarificación de infraestructuras.

El pasado 31 de mayo tuvo lugar en el Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos la presentación del *Estudio económico de la tarificación de las infraestructuras de carreteras en España*. Este informe, coordinado por D. José Manuel Vasallo y en el que han participado los profesionales D. Juan Gómez, Pedro Saldaña, D. Julián Sierra y Dña. Floridea Di Ciommo, retoma la idea de fomentar el pago por uso de infraestructuras. Dicho documento ha sido preparado para el CECOPP (Centro Español de Excelencia y Conocimiento de Colaboración Público y Privada).

El Presidente del CECOPP, D. José Ángel Presmanes Rubio, junto al Vicepresidente del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, D. Juan Lazcano; y D. José Manuel Vasallo, profesor de la Universidad Politécnica de Madrid y el autor del documento que ha coordinado el proyecto presentaron a los medios el objetivo, las ventajas y las conclusiones del informe. D. José Ángel Presmanes explicó previamente a los periodistas que “la

tasa no es enriquecerse sino salvar los costes. Hay que calcular cuánto cuesta la amortización”. Asimismo, definió el documento como un “análisis pormenorizado de las consecuencias económicas de la aplicación detallada de las directivas de la Unión Europea sobre el pago por uso o el pago por el no uso de las infraestructuras y de sus estrictas recomendaciones sobre los condicionantes tarifarios que hay que considerar, evitando soluciones imaginativas para la tarificación de muy difícil aplicación futura, dentro de nuestro entorno regulatorio, que viene determinado por las directivas”.

### Una iniciativa con trayectoria

Asimismo, D. José Ángel Presmanes añadió que se ha tomado como referencia a aquellos países europeos que ya están aplicando la tarifa, como Austria o Alemania y a aquellos que están próximos a aplicarla.

El Presidente del CECOPP explicó que este documento se presenta no desde un lobby empresarial “que no somos”-recalcó- “sino desde el deseo

científico y más profundo conocimiento de nuestras posibilidades y necesidades; pero también desde la convicción experta de la especial preparación técnica económica y de gestión de nuestros profesionales con posibilidades demostradas de aplicación de estos sistemas en el mundo entero”.

A continuación, tras la intervención de D. José Ángel Presmanes, tuvo lugar la exposición del Vicepresidente del Colegio de Caminos D. Juan Lazcano, quien hizo referencia a la comisión que presidió y de la que surgió, en primer lugar, la creación del CECOPP y en segundo lugar, la voluntad expresa de avanzar en la tasa por uso de infraestructuras. El Vicepresidente del Colegio de Caminos defendió la necesidad de conservar y explotar las infraestructuras, cuyo desgaste en el tiempo deben soportar los usuarios de las mismas, porque en su opinión es lo más justo, ya que se trata de cobrar por el servicio que prestan. Pero la aplicación de este tipo de tasa no es algo nuevo sino que desde 1998, con el *Libro Blanco de la Comisión* sobre la tarificación de infraestructuras en la

Unión Europea se vienen dando pasos en este sentido. En 1999 surgió la directiva Euroviñeta. Esta normativa europea, que actualmente está en vigor aunque con modificaciones, de hecho, la última ha sido en 2011(2011/76/UE) tiene el objetivo, como indica el informe del CECOPP que resume los aspectos más importantes del Estudio de tarificación, de internacionalizar los costes no cubiertos de infraestructura y de operación y contempla la posibilidad de introducir sistemas de imposición de gravámenes a vehículos pesados como paso previo a su extensión al resto del parque de vehículos.

- La última modificación de la Directiva Euroviñeta introduce cambios en la norma de tipo medioambiental. Junto a la tasa por infraestructura introduce la tasa por costes externos, para cuantificar así el coste que genera la contaminación atmosférica y acústica.
- También introduce la opción de que los ingresos que se generen de gravar a los usuarios se inviertan no sólo en infraestructuras nuevas sino en otro tipo de actuaciones relacionadas con la competitividad del sector del transporte.β

## Líneas generales del informe

Finalmente, el autor y coordinador de este informe, D. José Manuel Vassallo (profesor de la Universidad Politécnica de Madrid) presentó al auditorio las ideas fundamentales del estudio. Para la realización de éste, el autor explicó que teniendo como referencia una red del 2005 actualizada a la situación de partida de este trabajo, procedente del Estudio META (Modelo Español de Tarificación de Carreteras- presentado en el 2009 para el CEDEX- Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas y en el que también participaron como autores D. José Manuel Vassallo Dña. Florida di Ciommo). "En total"- explicaba el coordinador- nos salían 26.531 km, incluyendo vías de alta capacidad como carreteras convencionales, que tengan una cierta importancia en

cuanto a tráfico y por tanto justifiquen esa tarifa o sean susceptibles de que se les desvíe el tráfico". Por tanto, los autores del documento han leído la normativa europea y la han aplicado al caso español. Países europeos como Alemania o Austria ya están aplicando un sistema de tarificación y sus experiencias también han servido como objeto de estudio para establecer la tarifa en España: Alemania introdujo la tarificación de sus principales vías en el 2005 para vehículos pesados mediante el uso de la tecnología *free flow* GNSS, es decir, un sistema de cobrar la tarifa en el que no hay barreras.

Tanto en el modelo alemán como en el eslovaco D. José Manuel Vassallo indicó que se cobra por los km recorridos, es decir, se identifican los movimientos de los vehículos a través de un sistema de GPS o equivalente. Por su parte, Austria también ha apostado



D. José Manuel Vassallo, coordinador del Estudio Económico de la tarificación de infraestructuras de España.



D. Juan Lazcano, Vicepresidente electo del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos; D. José Ángel Presmanes Rubio, presidente del CECOPP y D. José Manuel Vassallo, coordinador del Estudio Económico de la tarificación de infraestructuras de España.

por la tarificación de sus vías, primero, introduciendo los peajes tradicionales y posteriormente, a través de la tarificación modulable a vehículos pesados utilizando tecnología DSRC (una especie de pórticos que dan fe de que los vehículos han pasado por ahí). Asimismo, Francia tiene previsto implantar un sistema de pago por uso próximamente. Este país miembro y Eslovaquia han decidido tarificar aquellas vías de alta capacidad y secundarias, mientras que Austria, República Checa y Polonia sólo tarifican vías de alta capacidad. En cuanto al caso español D. José Manuel Vassallo apuntó que lo más razonable para este país sería tarificar vías de alta capacidad y aquellas convencionales a las que el tráfico se puede desviar. El Estudio económico de tarificación analiza la experiencia suiza. El modelo de este país consiste en un sistema conocido como *OBE (On board Equipment)*, que consiste en un aparato eléctrico instalado en el propio vehículo, que registra el número de Km que ha recorrido el vehículo.

## Tarificación progresiva

D. José Manuel Vassallo afirmó en la presentación del estudio que el modelo de tarificación para España se establecería de un modo gradual, de forma que han pensado en tarificar los vehículos pesados a partir de 2013 y los ligeros desde 2017. En total, la red de vías por las que habría que pagar una tasa abarcaría 26.531 km, y se aplicaría dicha tasa, basándose en la Directiva Euroviñeta, de tal forma que este documento es, según su autor, un trabajo de aplicación más que de investigación.

En el resumen de este informe, que han podido consultar los medios (y también se encuentra en la página web del CECOPP), aparece que “la viabilidad financiera del modelo se comprueba a partir de las tarifas determinandas y con base en hipótesis de evolución del tráfico, del ap- que automotor y teniendo en cuenta las perspectivas macroenómicas del

## Lo más razonable para el caso español es tarificar vías de alta capacidad y aquellas convencionales a las que el tráfico se puede desviar, afirma D. José Manuel Vassallo

Banco Central Europeo”. “Una vez se han calculado las tarifas”-continúa el resumen- “se determinan los ingresos medios anuales estimados y el flujo de caja disponible, descontados los gastos para cubrir las futuras inversiones en construcción y la implantación del sistema, el coste de mantenimiento, reparaciones y explotación en la red”.

De esta manera, se han estimado unos gastos a corto plazo de 2.482 millones de euros, mientras que a largo plazo prevén unos gastos medios anuales de 3.827,8 millones de euros.

En cuanto a los ingresos, el primer años de implantación del modelo, aplicando la tarifa sólo a los vehículos pesados, alcanzan 1.691 millones de euros. En el 2017, con la incorporación de los vehículos ligeros, se producen unos ingresos de 4.442 millones de euros. El informe plantea que los ingresos seguirán creciendo y que en el 2033 alcanzan los 5.610 millones de euros.

## Ventajas e inconvenientes

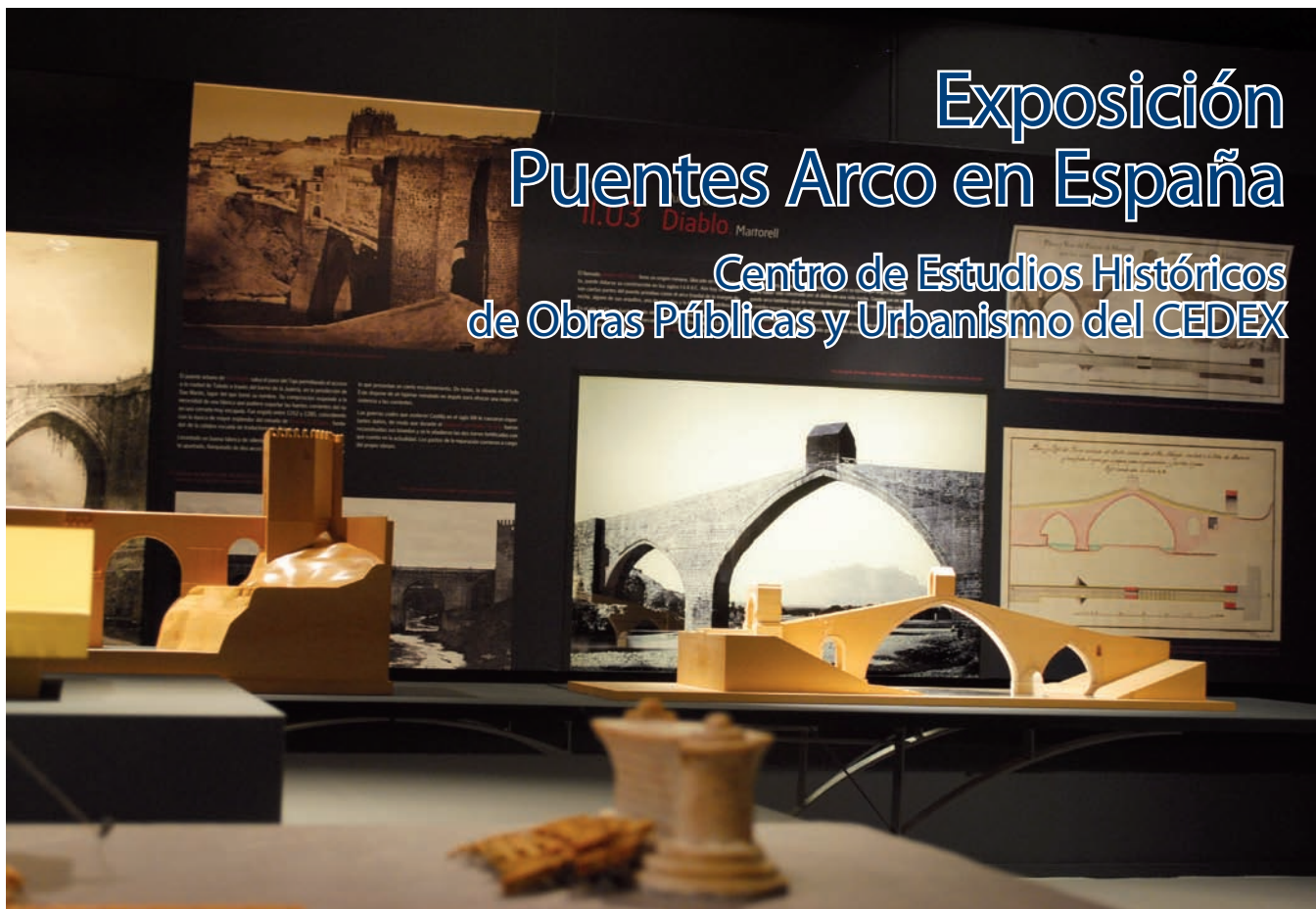
Por último, D. José Manuel Vassallo explicó las ventajas e inconvenientes que plantea el Estudio. En opinión del profesor de la UPM, la aplicación del modelo tarifario en España garantizaría una fuente de recursos para financiar carreteras, además de estos ingresos hay que tener en cuenta que está pagando más el vehículo que más contamine o que deteriore más la infraestructura. Se conseguirían mejoras de estabilidad macroeconómicas y presupuestarias ya que se podría mantener y ampliar la red de infraestructuras sin comprometer el déficit público.

El sistema también permite que se produzcan mejoras medioambientales, ya que orienta al usuario a utilizar el transporte más racionalmente. Como afirma el estudio según indica la Directiva 2011/76/UE el pago por uso promueve una renovación de la flota hacia vehículos menos contaminantes.

La crítica mayor es la pérdida de competitividad de las exportaciones, consideré el coordinador del documento. Pero D. José Manuel Vassallo, poniendo de jemplo el modelo suizo indica que esto se puede compensar adoptando otras medidas de inversión que reduzcan los costes de transporte de los vehículos. Por último, el autor del informe reflexionó sobre la percepción por parte de la sociedad del modelo de tarificación como una medida injusta. ❖



(De izqda. adrcha.) D. Juan Lazcano, Vicepresidente electo del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos; D. José Ángel Presmanes Rubio, presidente del CECOPP y D. José Manuel Vassallo, coordinador del Estudio Económico de la tarificación de infraestructuras de España, en la presentación de dicho documento.



Parte de la muestra "Puentes Arco en España", en la que se ve el conocido como Puente del Diablo.

Las Arquerías de los Nuevos Ministerios de Madrid acogen desde el pasado 3 de mayo y hasta el próximo 15 de julio la exposición *Puentes Arco en España*, organizada por el Centro de Estudios Históricos de Obras Públicas y Urbanismo del CEDEX.

La muestra está formada por 31 maquetas, incluyendo las colocadas en las vitrinas exteriores, propiedad del CEDEX salvo la del puente de Alcántara, cedida por la Junta de Extremadura. Las maquetas se acompañan con una gráfica formada por fotos y planos, junto a textos explicativos. La comisaria de la muestra, Dolores Romero acompañó a la revista *Rutas*, en su visita a la exposición y ofreció una detallada explicación sobre ella. Dolores Romero explicó que esta exposición surge de la voluntad de hacer exposiciones sobre nuevas temáticas aprovechando los recursos que tiene el CEDEX: "Hemos decidido empezar

esta nueva etapa con exposiciones totalmente nuevas"-explicó la organizadora de la muestra- y como inicio de esta etapa han decidido empezar por puentes arcos, ya que estos simbolizan la unión y y más que maquetas constituyen hitos de la ingeniería.

Las maquetas crean un discurso histórico, que va desde la época romana hasta 1957, una fecha clave: la Escuela de Caminos, pasa a formar parte de la Universidad Politécnica, así como los ingenieros que dejan de pertenecer al cuerpo de funcionarios para formar parte de las profesiones libres. Asimismo, se crea el CEDEX. La exposición, organizada por periodos históricos: puentes romanos, medievales, puentes de hierro y de acero, y hormigón, se dan cita en esta muestra, junto a libros y planos originales.

La exposición exhibe el denominado Tratado de fortificación o Arte de construir los Edificios Militares y Civiles. del siglo XVIII, traducido por

Miguel Sánchez Taramas, junto con una cimbra.

### 1. Puentes Romanos

El arco no fue una invención romana, pero estos generalizaron su uso. Con el arco lograban luces mucho mayores, con lo que se reduce el número de pilas y así simplificaban la ejecución.

Con estacas de madera aislaban la zona de cimentación, para posteriormente achicar el agua con tornillos de Arquímedes. Una vez hecho esto se podía construir en seco. Utilizaban sillería en paramentos, rellenando con un hormigón de cantos y cal natural.

Un excelente ejemplo de cómo se construían los puentes romano es el Puente de Alcántara (s. II d. C), que comunicaba las provincias de Hispania y Lusitania salvando el río Tajo, en un enclave donde sufre grandes crecidas. El Ingeniero encargado de esta obra

fue Julio Cayo Lácer. El puente de Alcántara ha sido objetivo bélico, por lo que se ha necesitado su reconstrucción de las bóvedas (Alejandro Millán, 1860), pero no así de la cimentación, que ha resistido los a las grandes crecidas del Tajo hasta nuestros días. Prueba de la laboriosidad de la construcción de este puente es precisamente la pila central en mitad del cauce. Su majestuosidad y su luz máxima de 28,40 metros, convierten al Puente de Alcántara en un legado único de la Ingeniería Romana en España.



Foto 1: Arquería del Ministerio de Fomento, localización de la exposición.

## 2. Puentes Medievales

En la Edad Media se construyen pocos puentes, y durante siglos se aprovechan las infraestructuras romanas. El arco de medio punto romano da paso al arco ojival, que confiere mayor estabilidad a la estructura.

Los caminos de peregrinación a Santiago, desde toda Europa, adquirieron gran relevancia, siendo en sí mismos un eje económico-social. La vía más célebre y transitada es el camino Francés, que constituye los caminos que transitan los Pirineos. En pleno auge del Camino de Santiago, se potenció, por parte de los reyes aragoneses que las dos rutas procedentes de Francia se unieran en el lugar conocido como Puente La Reina, donde se levantó un puente sobre el río Arga en el siglo XI. Puente sencillo, conservando la tipología de medio punto, sigue siendo lugar de paso obligado para peregrinos a Santiago.

Uno de los puentes más característicos de la época es el llamado Puente del Diablo (s. XIII), en el camino de Barcelona a Madrid, sobre el río Llobregat. De origen romano, una fuerte crecida le causó fuertes destrozos obligando a su posterior reconstrucción. Destaca su gran arco central, de bóveda ojival, con 43 m. de luz y 21m. de altura.

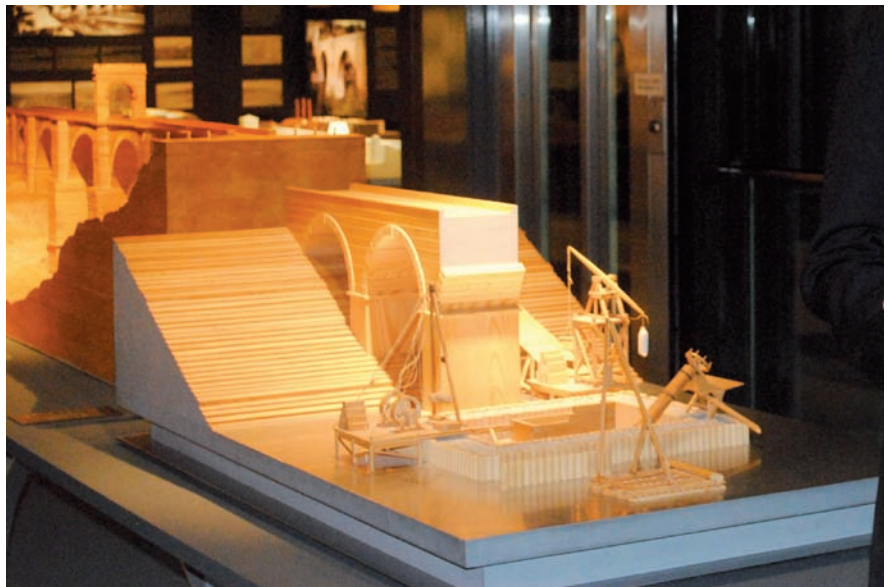


Foto 2: Detalle de la cimentación en seco de la pila del puente de Alcántara.

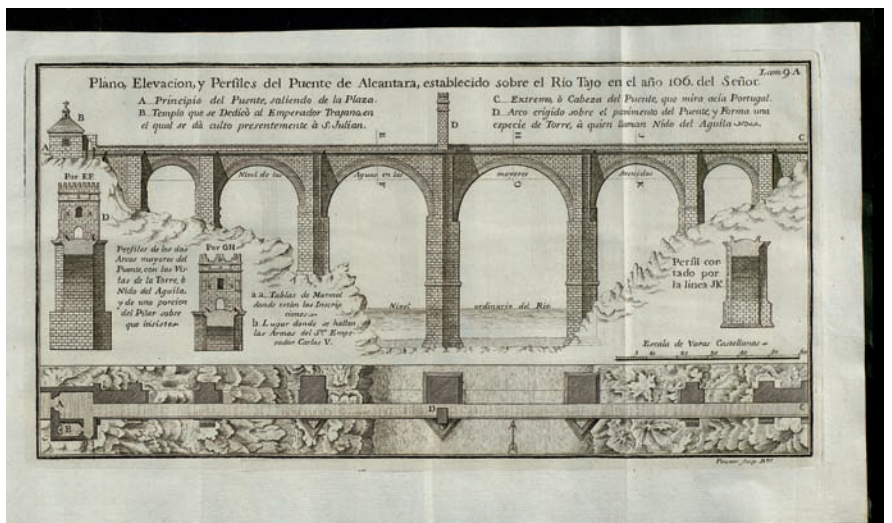


Foto 3: Plano del tratado de John Muller, del puente de Alcántara. Biblioteca de la Fundación Juanelo Turriano.

## 3. Puentes de Fábrica

A partir del siglo XVI, la monarquía de la Casa de los Austrias, impulso la construcción de obras públicas en la península. Para ello contrataban a los mejores ingenieros europeos de la época. Siguieron siendo puentes de fábrica, y generalmente con arcos de medio punto. Eran obras majestuosas, con la intención de perdurar en el tiempo, y muchas veces se convertían en paseos y puntos de encuentro de la población.

Una de estas obras que podemos observar en la exposición es el puente de Segovia (1584), construido sobre un puente medieval. Proyecto en origen de Gaspar Vega, uno de los arquitectos que trabajan para Felipe II, a su muerte le sustituye Juan de Herrera, que remata la fábrica con esferas de granito muy características de sus construcciones.

Muy notable en la España renacentista es la construcción del Puente de Almaraz (1537) sobre el río Tajo, que comunicaba Castilla y Extremadura con la frontera portuguesa. Consta de dos arcos de 32 y 38 metros (la mayor bóveda de su tipología construida hasta entonces), con un pilar central en medio del cauce, dotado de un impresionante tajamar.

El ingeniero francés Jean Rodolphe Perronet (s. XVIII) aporta una nueva forma de construir puentes. Hasta entonces se cimbraba la estructura, de forma independiente arco a arco y una vez se levantaba la bóveda esta se convertía en una estructura autoportante y podría descimbrarse. Pero Perronet concluye que en una estructura con arcos múltiples de igual luz, los esfuerzos horizontales que se transmiten a las pilas quedan equilibrados una vez terminada la ejecución. De esta forma las pilas son mas esbeltas con arcos mas rebajados. Este proceso suponía un gran coste en madera al tener que cimbrar todos los arcos a la vez, imposibilitando la reutilización de las cimbras, pero permite construir puentes de bella factura y mayor funcionalidad.

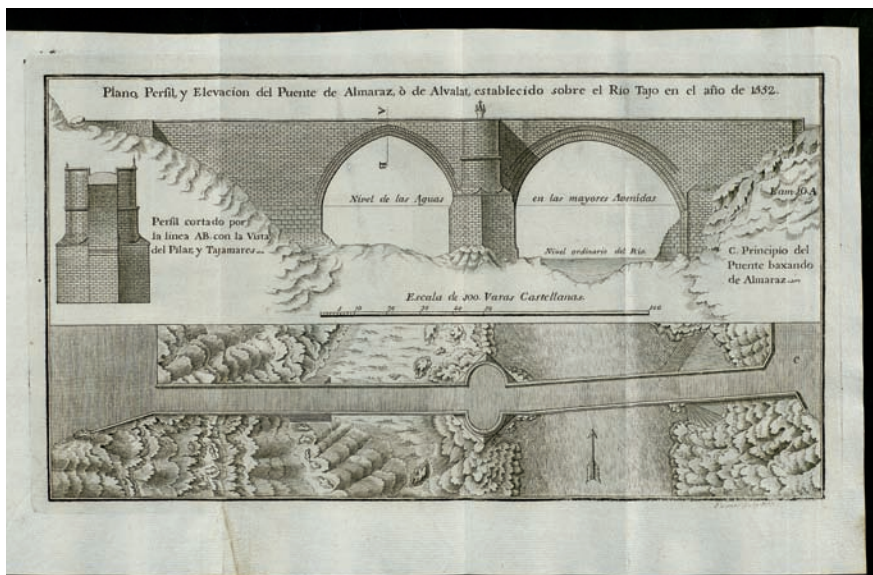


Foto 4: Plano del tratado de John Muller del puente de Almaraz. Biblioteca de la Fundación Juanelo Turriano.



Foto 5: Vista parcial de la exposición.

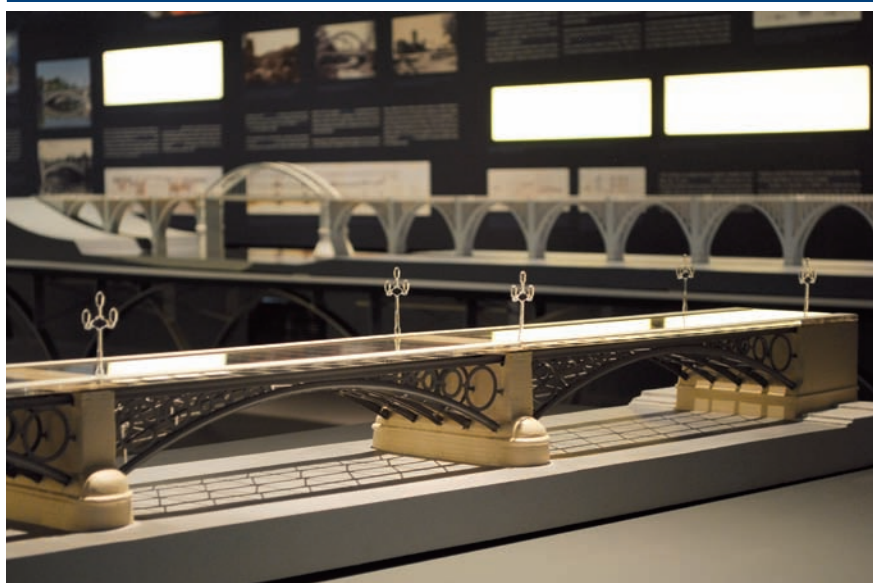


Foto 6: Maqueta del Puente de Triana.

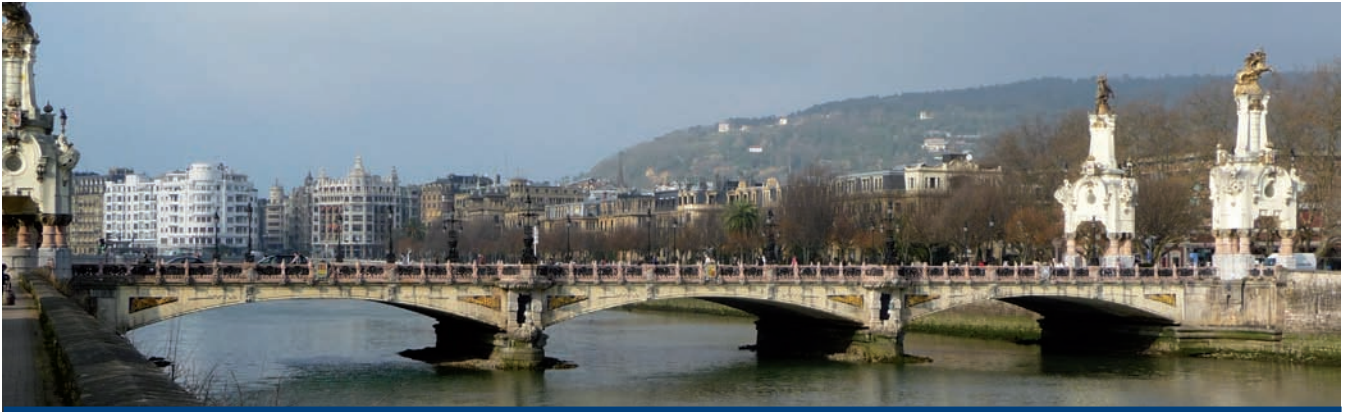


Foto 7: Vista panorámica del puente de María Cristina en San Sebastián. Cortesía de Bernardo Revuelta.

## 4. Puentes de Hierro y Acero

Con la llegada de la Revolución Industrial aparecen los primeros puentes de hierro. El puente de Coalbrookdale (1779) sobre el río Seven en Reino Unido es el primero de ellos. Las propiedades características del hierro abren una nueva etapa en la construcción de los puentes y su tipología.

En España se introduce posteriormente, siendo el Puente de Triana (1851) el pionero en la construcción con los nuevos materiales de la época industrial. Erigido sobre el Guadalquivir, en Sevilla, consta de dos pilas de piedra que sostienen los arcos metálicos donde se apoya el tablero a través de anillos tangentes.

Un caso modélico de la época es el Puente de El Grado (1863), proyectado por José Echevarría y Juan Bautista Nevot. De 38 metros de altura sobre el río Cinca, y con una luz de 68 metros, es construido en voladizo apoyado en estribos de piedra revestidos con sillera labrada.

Durante la Guerra Civil Española numerosos puentes quedaron arruinados, y para su reconstrucción se precisaba rapidez y economía. El ingeniero Cesar Villalba aportó una solución idónea para el Puente sobre el río Ebro de Tortosa. Aprovechando los restos de la fundación anterior se levantaron tres vanos con arcos atirantados sistema Langer. Las uniones se hicieron con soldadura por primera vez en España en un puente.

## 5. Aparición y auge del Hormigón Estructural

Las estructuras metálicas siguen vigentes en nuestros días, pero a principios del s. XX aparece el hormigón estructural. El hormigón puede ser fácilmente moldeado en obra o taller, con lo que facilita el proceso constructivo, y su comportamiento a compresión es muy semejante al de la piedra. La incorporación del acero embebido en el hormigón, da como resultado un material que reúne resistencia a tracción, compresión y cortante, rigidez y facilidad de puesta en obra

El Ingeniero Eugenio Ribera proyectó con este nuevo material el puente de María Cristina (1901) en San Sebastián, que dado su carácter urbano, se le quiso dar cierta monumentalidad. Para su cimentación se utilizaron, por primera vez en España, pilotes de hormigón armado.

El Puente de Pedrido (1942) toma como referencia la colección de puentes en arco de Ribera. Su vano central, de 75 metros de luz, fue en su momento el tercero de mayor luz del mundo.

### Referencias:

[1] Catalogo "Puentes Arco en España", Cedex, 2012.

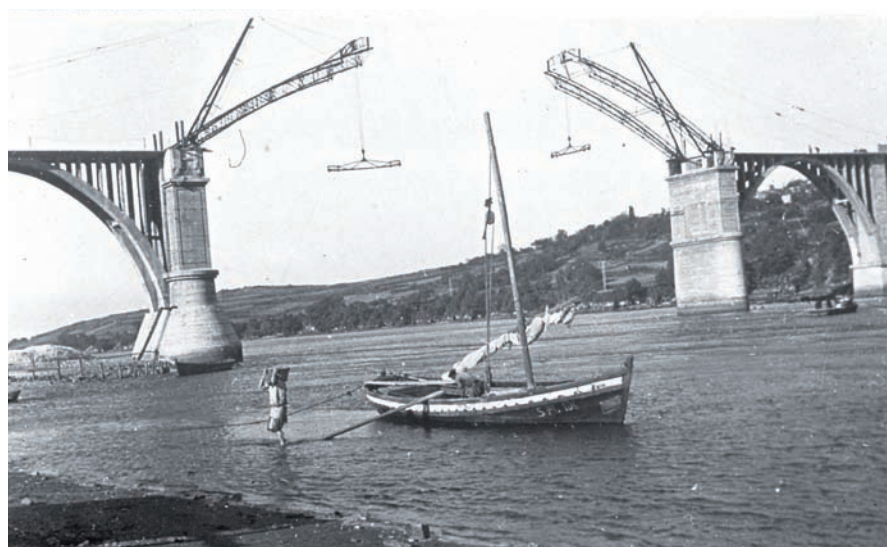
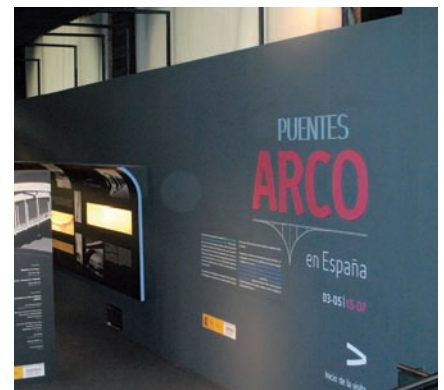


Foto 8: Cimbra del puente de Pedrido. Archivo Torroja, CEDEX-CEHOPU.





## Entrevista a D. Álvaro Navareño Rojo

*Presidente del Comité de Puentes de la Asociación Técnica de Carreteras*

El Comité de Puentes de la ATC, esta compuesto por profesionales del sector privado, Universidad y de la administración, y trabajan activamente en diferentes grupos de trabajo::

- Sistemas de contención de puentes existentes.
- Criterios de intervención en obras de fábrica.
- Planes de mantenimiento de puentes.
- Refuerzo de puentes utilizando fibras de carbono.
- Durabilidad, Reparación y Refuerzo de puentes de hormigón.

Entrevistamos a D. Álvaro Navareño Rojo, Presidente del Comité de Puentes de la Asociación Técnica de Carreteras desde el año 2008, después de visitar la Exposición:

**¿Qué le ha parecido la exposición?**

Interesante, por dos motivos: En primer lugar porque técnicamente se detallan aspectos de la ingeniería de puentes muy concretos y poco conocidos, en general, sobre el proceso constructivo de puentes del pasado. Y en segundo lugar y no menos importante, porque a través de ellas los "ingenieros de puentes en España" reivindican sus magníficas realizaciones, fantásticamente tratada en este caso, en mi opinión, ya que se habla de cada puente con precisión, con autonomía, con rotundidad, manifestando el tópico que señala que detrás de cada piedra, o de cada metro de hormigón de un puente, hay una historia que

puede llegar a configurar su verdadero valor patrimonial.

**¿Qué maqueta o qué puente le ha gustado más desde el punto de vista técnico? ¿Y desde el punto de vista artístico?**

En cuanto a la maqueta, la cimentación en seco de la pila de un puente romano, me resulta muy didáctica, ya que, al representar una fase constructiva, uno puede llegar a imaginarse la complejidad de las obras, en una época tan lejana y, sin embargo, tan similar a la de hace pocos años. Desde el punto de vista técnico, cada puente de la exposición presenta grandes singularidades y aportaciones a la ingeniería, por lo que resulta traumático

descartar alguno; pero siempre me llamó la atención desde el punto de vista técnico y en cuanto a la integración en el entorno, el Viaducto de Pino sobre el Duero. También me provoca gran admiración el puente de El Grado y el puente de Reina Victoria, si bien, para comprender realmente sus aportaciones hay que conocer la época y los avances existentes en el momento en que se construyeron; finalmente quiero destacar, también, el Viaducto del Esla, por el gran reto que supuso en su época y porque requirió de la participación de varios de los mejores ingenieros de puentes del momento.

### ¿Qué le parece esta iniciativa del CEDEX de utilizar este espacio de las arquerías de Fomento, donde está ubicada la exposición, para este tipo de eventos?

Me parece fenomenal, porque se trata de un espacio privilegiado en el centro de Madrid, fácil de acceder, y cerca del emblemático ministerio de fomento, donde se toman decisiones de futuro; de alguna manera supone una paradójica reflexión puesto que a veces cometemos errores por no mirar

cómo actuaron nuestros antepasados.

Debe promocionarse más este espacio de las arquerías, sin duda, y también destaco la singularidad de las diversas instalaciones del CEDEX, creo que hay que realizar más exposiciones en sus históricos edificios y divulgarlo entre el público en general, no sólo los técnicos.

### ¿Qué otras temáticas propondría usted para futuras exposiciones?

Creo que se pueden organizar más actividades que reivindiquen el patrimonio de obras públicas de España; a menudo, los que trabajamos en el mantenimiento del servicio de la carretera, en mi caso, nos centramos en la funcionalidad y en el servicio al usuario, prioritariamente, pero estamos en un momento donde debemos también poner en valor el patrimonio existente. Hay numerosas obras que merece la pena destacar, con sus peculiaridades, y que deben conocerse más en detalle, no sólo por ingenieros sino el público en general, para valorarlas más. También, los nuevos paisajes formados a través de las nuevas obras. También, todo lo que rodea, en

mi caso, la carretera, como los centros de conservación de éstas, la maquinaria histórica de carreteras (algunos ejemplos pueden verse en el propio jardín de los ministerios).

Quizás, similar a ésta, otra exposición monográfica sobre tipologías de tableros rectos singulares, lógicamente ya centrados en el siglo XX.

También otra específica, donde se trate uno o dos puentes antiguos, y donde pueda apreciarse la evolución histórica: quizás la etapa de puente de madera, la conversión en puente de fábrica, los modificados y la forma de financiar las obras. Esto creo que resultaría muy interesante.

También se me ocurre otra sobre puentes que existieron durante muchos años, de los que nos queda documentación, y que hoy día ya no están (puentes colgantes, de hierro, etc).

Otra sobre los ingenieros de puentes en España, biográfica. Y, por qué no, otra sobre la conservación de los puentes, a lo largo de la historia.

### ¿Considera que están todos los puentes representativos de la ingeniería española o ha echado en falta alguno?

No están ni mucho menos todos, no tiene sentido tampoco tenerlos todos. Afortunadamente, la geografía e importancia histórica de España hacen que tenga un patrimonio excepcional; en puentes, sin duda, a pesar de los vaivenes económicos, pueden destacarse numerosas realizaciones ejemplares por su técnica constructiva, su diseño y concepción, por su estética y en definitiva, tanto en carretera como ferrocarril, por su valor.

Por eso, desde mi punto de vista, es buena esta exposición, porque permite valorar en breves pinceladas el esfuerzo, los avances y la técnica en la construcción de puentes en distintas épocas. Pero como he señalado anteriormente hay más temas interesante, y con otras obras excepcionales para la ingeniería y para la sociedad. ❖



Foto 9: Vista parcial de la exposición.

## Universidades participantes:



El curso está dividido en dos periodos: uno de docencia y otro de prácticas. El primero tiene una duración de seis meses (dos trimestres) y el segundo de cinco meses.

El primer trimestre de docencia, de septiembre a diciembre, se imparte en la Universidad de Cantabria y el segundo trimestre de docencia se imparte en la universidad danesa de VIA University College, en la ciudad de Horsens. Dadas las características del programa, las clases, trabajos y exámenes son en inglés.

Las prácticas y el proyecto final de máster del segundo semestre pueden realizarse en cualquiera de las universidades y/o empresas patrocinadoras, dependiendo de la elección del alumno y la disponibilidad de las empresas.

Los módulos del curso 2012/2013 son los siguientes:

### A) Periodo de docencia (primer semestre, dos trimestres)

- Group Project
- Design and Sustainability
- Construction and Procurement
- Management Systems
- Research Methods

### B) Periodo de prácticas (segundo semestre)

- Practice
- Final Dissertation

*The European Construction  
Master Agency*



# MASTER EUROPEO en INGENIERIA de la CONSTRUCCION

Programa Oficial de Postgrado de la Universidad de Cantabria

## Entidades Colaboradoras:



**THE EUROPEAN CONSTRUCTION MASTER AGENCY- UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**

Avda. de los Castros s/ n, 39005 Santander . Tel: +34 942 20 67 52  
e-mail: Msc.Santander@unican.es / web: www.msc-construction.com



10 de mayo 2012  
D. Emilio Criado

Reunión del Grupo de Trabajo coordinado por D. Emilio Criado, perteneciente al COMITÉ-PUENTES-100512, cuyo presidente es Alvaro Navareño en la Asociación Técnica de Carreteras.

El grupo de trabajo de Planes de Mantenimiento se crea en 2009, tiene con objeto desarrollar una guía que sirva a los proyectistas a la hora de redactar los Planes de mantenimiento que marca la instrucción EHE-08.

Desde entonces hasta ahora se ha realizado 14 reuniones como la del pasado día en las que en primer lugar se fue perfilando el contenido de la guía, luego se fueron redactando los primeros borradores, hasta ahora en la se dispone un primer borrador completo del documento.

En esta última reunión, se hizo un repaso de los ejemplos de la guía que son el último punto de la misma y se fueron debatiendo cambios propuestos por los miembros del grupo de trabajo a estos ejemplos.

Antes de la próxima reunión cada miembro del grupo de trabajo se revisará el documento completo con detenimiento marcando en el mismo los cambios propuestos, cambios que serán puestos en común en la próxima reunión. Una vez realizados los mismos el documento se pasará al comité de puentes para su revisión y visto bueno.

## Introducción

Durante los últimos años los gestores y demás agentes implicados en las infraestructuras viarias se han dado cuenta de la necesidad de estudiar a las estructuras teniendo en cuenta toda su vida útil. Las distintas fases de la estructura (proyecto, ejecución y control, vida en servicio) no pueden considerarse totalmente independientes, sino que se encuentran profundamente

interrelacionadas ya que las decisiones que se toman en las fases iniciales afectan de forma muy significativa a la vida en servicio.

El aumento del nivel de exigencia de la sociedad sobre los servicios prestado por las Administraciones, hace que ya no baste con proyectar y construir nuevas infraestructuras sino que es necesario mantener las existentes con un adecuado nivel de servicio, lo cual no es una tarea sencilla y menos

**El aumento del nivel de exigencia de la sociedad sobre los servicios prestado por las Administraciones, hace que ya no baste con proyectar y construir nuevas infraestructuras sino que es necesario mantener las existentes con un adecuado nivel de servicio**

en caso de los puentes, debido a sus particularidades de diseño, constructivas y de ubicación. Este hecho ha motivado que el mantenimiento de los puentes que hasta hace un tiempo se consideraba una actividad de menor importancia que el proyecto y construcción de nuevos puentes haya pasado a estar al mismo nivel.

Este cambio de tendencia se puede reflejar en la nueva Instrucción EHE-08 donde se dedica un capítulo

al mantenimiento de las estructuras previendo en su Art. 103º que el autor del proyecto redacte un Plan de Mantenimiento específico, que constituirá un documento más del proyecto.

Aunque la instrucción sólo afecta a los puentes de hormigón de nueva construcción es necesario destacar la conveniencia de que tanto los puentes que ya se encuentran en servicio como los puentes construidos con otros materiales dispongan de su plan de mantenimiento.

En cualquier caso señalar que estos planes de mantenimiento se encuentran englobados dentro de un contexto general más amplio como son los denominados sistemas de gestión de infraestructuras. Estos sistemas son los que planifican y programan las actividades de inspección y mantenimiento a realizar en el conjunto de una determinada red, por lo tanto los planes de mantenimiento deberán ser lo suficientemente flexibles como para poder planificar las inspecciones y el mantenimiento a nivel de red. Es necesario tener en cuenta este aspecto porque la propiedad de los puentes recae sobre administraciones públicas o concesionarias y habitualmente su alto número impide llevar a cabo actuaciones completamente individualizadas.

## Objetivo

El objetivo de la presente monografía es describir una serie de conceptos a tener en cuenta en el mantenimiento de los puentes y la redacción de una serie de prototipos de Plan de Mantenimiento tanto para puentes nuevos como para puentes existentes.

El documento inicial y los ejemplos de Planes de Mantenimiento contendrán los siguientes aspectos:

- Descripción de la estructura desde el punto de vista estructural y de comportamiento frente a la durabilidad.
- Vida útil considerada.
- Identificación de los mecanismos de deterioro.

- Identificación de puntos críticos de la estructura a efectos de inspección y mantenimiento.
- Periodicidad de las inspecciones.
- Definición de técnicas y criterios de inspección.

Además de describir estos puntos se plantearán el conjunto de técnicas de caracterización (ensayos, criterios de interpretación) que permitan asegurar un adecuado seguimiento de la evolución del comportamiento de la estructura, tanto en términos estructurales como de durabilidad. Estas técnicas, sencillas y prácticas, tienen que estar al servicio de la directriz marcada

por el proyectista, que detecte los puntos sensibles y los parámetros más significativos objeto de medición.

**En cualquier caso señalar que estos planes de mantenimiento se encuentran englobados dentro de un contexto general más amplio como son los denominados sistemas de gestión de infraestructuras**



El presidente del Comité de Puentes, D. Álvaro Navareño y el coordinador del Grupo de Trabajo de planes de mantenimiento del COMITÉ-PUENTES-100512.



Grupo de Trabajo de planes de mantenimiento del COMITÉ-PUENTES-100512.

# Se cierra una etapa y se abre otra

Deja la Presidencia del Comité de Carreteras de Baja Intensidad de Tráfico D. Antonio Medina Gil, tras cumplir su último mandato. Con este motivo ha accedido a responder a unas preguntas de la revista *Rutas*. Jubilado desde hace unos meses, fue distinguido por la ATC, el pasado 28 de noviembre con la concesión del título de Socio de Mérito de esta Asociación.

**¿Cuáles son sentimientos al dejar la presidencia del Comité? ¿Cuáles son también sus expectativas que se inicia tras su jubilación?**

Son, por una parte, de satisfacción por haber representado en esa tarea a mis compañeros durante una docena de años, por otra, inevitablemente, siento un poco de tristeza, que se añade a la propia de la jubilación. Se cierra una etapa y se abre otra. En el Comité hay que dar paso a nuevas ideas, a nuevas personas. Creo que también es importante que lo presida alguien que esté en activo, con iniciativa y poder de convocatoria. Respecto a mí añadiría mi propósito e interés de participar en las tareas del Comité, con el beneplácito de sus componentes para seguir vinculado de alguna manera, a lo que ha constituido mi trabajo profesional en tantos años.

**¿Qué destacaría de su trayectoria como Presidente del Comité?**

Siempre son más las cosas que se anhelan que las conseguidas. Así pues queda una abundante labor para el futuro. Mirando al pasado, más que destacar, señalaría, mi interés en transmitir a los compañeros del Comité, y en general a los responsables de la gestión de las carreteras locales la necesidad de contar con un foro y punto de encuentro como el que nos brindaba la ATC, para intercambiar experiencias, analizar problemas y efectuar propuestas, relativas a las Vías de Baja Intensidad de Tráfico, que tradicionalmente recaen bajo las Administraciones Provinciales, muy frecuentemente con poca relación entre ellas.

**¿Actualmente, cuál es la situación de estas Vías?**

Las Vías Locales no han sido atendidas suficientemente en los últimos años, en las últimas décadas, sobre



D. Antonio Medina Gil, el pasado 28 de noviembre de 2011, cuando recibió la distinción de Socio de Mérito de la ATC.

todo frente al desarrollo experimentado de las redes de autopistas, auto-vía o carreteras principales, tanto del ámbito estatal como autonómico. Las redes locales, aunque, con carácter secundario y con volumen limitado, pero significativo de tráfico, del orden del 10% del total, cumplen una relevante función, dentro de la cual quizás la más importante sea tramar el territorio. Las cifras económicas que precisa para su mantenimiento y mejora, no son inversiones descabelladas, antes bien, modestas, y muy rentables económica y socialmente. La difícil situación económica del momento actual obliga a hacer un mayor esfuerzo para allegar recursos y para invertir adecuadamente, priorizando objetivos y buscando la máxima rentabilidad. Por ello, una actividad, como la que desarrolla el Comité, es particularmente decisiva en estos años.

**¿Y desde el punto de vista de las Diputaciones como ve la situación?**

Aunque las Diputaciones no sean en general los organismos con peor

situación financiera, no cabe duda que afrontan unos años de restricciones que obligan a la racionalización de sus cometidos, afectados como los de todas las Administraciones, de desviaciones y exageraciones, en muchos casos sin rentabilidad ni sostenibilidad.

En estos momentos conviene recordar su prioritaria y originaria competencia en el mantenimiento de la Red Local de Carreteras, y asignar para ello la financiación suficiente, teniendo en cuenta que sin duda será la actividad más rentable que pueda desarrollar.

**Al hilo de esto, ¿la clave entonces es traspasar fronteras?**

Desgraciadamente, el descenso en picado de las inversiones en Infraestructuras en nuestro país, después de unos años "sobrecalentados", obliga a que buen número de ingenieros y técnicos tengan que buscar trabajo fuera de España. No cabe duda que Iberoamérica, especialmente necesitada de Infraestructuras y con cultura común a la nuestra, ofrece un especial interés.

**¿Y la Red Local de Carreteras es una salida ante esta crisis económica?**

Por las propias dimensiones de la red y la cuantía de sus inversiones, ahora demás limitadas, no constituye un campo significativo.

**Para terminar, ante la falta de recursos económicos ¿tarificar las vías es una solución?**

Se ha puesto ya sobre la mesa. Y desde luego se están estudiando distintas fórmulas porque al parecer no hay dinero para las necesidades derivadas de del estado de bienestar, aunque suene paradójico. Sin embargo creo que no es aplicable a la red local, aunque de un modo muy indirecto.

# Stamark™

## Cintas para marcaje de pavimentos

Las cintas **Stamark™** de 3M para marcaje de pavimentos proporcionan una gran visibilidad diurna y nocturna, tanto en seco, como con suelo mojado. Además, sus micropartículas cerámicas, evitan deslizamientos y mejoran la seguridad vial. Aplicadas por el sistema ATA, exclusivo de 3M, conseguirá unos resultados óptimos.



# Máxima visibilidad en seco o mojado, sin deslizamiento

### Marcaje permanente. Stamark™ Series 380, 360 y 310

Aseguran una marca vial de gran visibilidad diurna y nocturna, porque incorporan microesferas cerámicas. Duran más que las pinturas tradicionales, y siempre ofrecen mayores coeficientes de retrorreflexión. Pueden aplicarse, incluso sin imprimación como la **Stamark™ 380 ESD, 360 ESD y 310 ESD**.

### Marcaje temporal en zona de obras.

#### Stamark™ Serie 651. Para áreas secas

Facilitan al máximo una rápida aplicación y fácil retirada.

### Stamark™ Series 711, 731 y 721. Para áreas con precipitaciones frecuentes

De rápida aplicación y fácil retirada, proporcionan al conductor una extraordinaria visibilidad diurna y nocturna incluso con lluvia. Diseñadas para IMD's altas o muy altas, también pueden aplicarse sin imprimación como la **Stamark™ Serie 711**.

### Stamark™ 715 Retirable Negra Mate

Se aplica sin imprimación para enmascarar líneas en desuso, en la señalización temporal de obras. Una solución perfecta para evitar los brillos producidos por la pintura negra.



# Jornada Técnica sobre Manual de Capacidad 2010

## Acto de inauguración de la Jornada

El pasado 8 de mayo de 2012, en el salón de actos de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, tuvo lugar la Jornada Técnica sobre Manual de Capacidad 2010, organizada por la Asociación Técnica de Carreteras (ATC-AIPCR) con la colaboración de la citada Escuela, y del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

La inauguración de la jornada fue presidida por D. Roberto Alberola, Presidente de la Asociación Técnica de Carreteras, acompañado de D. Sandro Rocci (Presidente del Comité Técnico de Carreteras Interurbanas), quien introdujo la Jornada. Les acompañaban en el acto de inauguración D. Juan Antonio Santamera (Presidente del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos,) y D. Manuel Romana García, profesor de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM), además de director de esta Jornada y de los talleres

prácticos que sobre la misma tuvieron lugar los días 17 y 22 de mayo.

### - ¿QUÉ EXPECTATIVAS TIENE ANTE ESTA JORNADA TÉCNICA?

-D. Manuel Romana: "Dar a conocer el HCM 2010, que tiene importantes novedades y es el documento más utilizado en la ingeniería de tráfico".

### - Y LOS ASISTENTES, ¿QUÉ CREE QUE ESPERAN?

-D. Manuel Romana: En España se utiliza más el análisis en carreteras en abierto que en vías urbanas. Creo que vienen esperando esto último.



## Madrid/8 de mayo de 2012 Introducción a la jornada

Comenzó el programa técnico de la Jornada con la ponencia de D. Sandro Rocci, Presidente del Comité Técnico de Carreteras Interurbanas de la Asociación Técnica de Carreteras (ATC-AIPCR), quien expuso en su ponencia la aplicación del Manual de Capacidad en el desarrollo del diseño del trazado y de la sección transversal.

Dentro del uso del Manual hay que tener en cuenta sus limitaciones, dado que las condiciones de partida supuestas no siempre son correctas en su totalidad, y otros aspectos tales como el ámbito geográfico, imponen una serie de correcciones que hay que tener previstas, dadas las diferencias de circulación existentes entre distintos países.

Estas limitaciones son especialmente sensibles a la hora de la realización de estudios de rentabilidad, impacto ambiental, volumen de tráfico, número de desplazamientos y velocidades medias de recorrido.

D. Sandro Rocci (profesor emérito de la UPM, de la Unidad Docente de Caminos Aeropuertos) esta Jornada ha sido una iniciativa muy buena, ya que la última Jornada sobre el Manual de Capacidad fue hace 4 años. Como explicó a esta revista, antes de iniciar su ponencia, “se pretende mantener



Inauguración de la Jornada. De izquierda a derecha: D. Sandro Rocci, Pte. del Comité Técnico de Carreteras Interurbanas de la ATC-AIPCR; D. Juan Antonio Santamera, Pte del Colegio de Caminos, Canales y Puertos; el Pte de la ATC, D. Roberto Alberola y el director de la Jornada D. Manuel Romana.

a los técnicos españoles, que se especializan en cuestiones de circulación, al día de las evoluciones que va sufriendo el Manual de Capacidad, la Biblia de la profesión”.

### -¿QUÉ INFLUENCIA TIENE ESTE MANUAL?

- D. Sandro Rocci, S: “El primero es muy antiguo, es de los años 50 y desde entonces ha tenido una importancia decisiva, pero ha ido cambiando a medida que se conocen más cosas”.

## Sesión 1: Manual de Capacidad 2010

D. Manuel Romana, como Miembro del comité AHB40 del TRB (Highway Capacity and Quality of Service, encargado de la redacción y edición del Manual de Capacidad), abrió la sesión con la “Revisión del contenido del Manual de Capacidad 2010”, haciendo un pequeño repaso a la Historia de los Manuales, desde la primera edición del año 1950, donde se trabajaba con elementos independientes y con un sistema en construcción, pasando por las ediciones de 1965, 1985 y 2000, hasta llegar a la actual edición del año 2010, que usa elementos más complejos con muchos modos, y en un sistema limitado de gestión activa del tráfico. El Manual ha crecido en todos los sentidos, se analizan mas tipos de elementos básicos, mas tipos de infraestructuras, se orienta a un mayor número de usuarios, y con procedimientos mas detallados.

Para la elaboración del Manual se prepara un contrato, donde se definen las nuevas investigaciones, la redacción de los borradores, la asistencia técnica durante la producción y publicación, y otras tareas como la formación de “Focus groups”, integrados por una amplia variedad de profesionales y usuarios, que concretan las



El profesor emérito de la UPM, D. Sandro Rocci.

necesidades del Manual. La Edición 2010 se ha estructurado en cuatro volúmenes, tres en papel (1- Conceptos, 2- Flujo ininterrumpido, 3-Flujo interrumpido) y el cuarto virtual, que contiene los ejemplos mas complejos y las recomendaciones de combinación del Manual con otras herramientas de estudio de trafico.

**El Manual ha crecido en todos los sentidos, se analizan mas tipos de elementos básicos, mas tipos de infraestructuras, se orienta a un mayor numero de usuarios, y con procedimientos mas detallados.**

La jornada prosiguió con un repaso a distintos capítulos del Manual: "Tramos básicos de Autopistas", "Ramales de enlace", "Trenzados", "Autopista completa" y "Dos carriles multicarril" con la colaboración de D. Miguel Núñez Fernández (Dr. ICCP de la Comunidad de Madrid). Finalmente D. Manuel Romana expuso el concepto de Calidad de Servicio que se introduce en todo el Manual.

El HCM (*Highway Capacity Manual*) 2010 incorpora investigaciones nuevas e incluye cambios deseados por los usuarios. Se regularizan las definiciones de aspectos que tenían cierto conflicto con otros programas de microsimulación, aclarando la relación entre estos y los metodos del HCM.



D. Manuel Romana, miembro de comité AHB40 del TRB (Highway Capacity and Quality of Service, encargado de redacción y edición del Manual de Capacidad), profesor de la Universidad Politécnica de Madrid y director de la Jornada Técnica.

En definitiva, el HCM 2010 es un documento completo, que cumple estas características:

- Actualiza el estado del arte
- Amplía las infraestructuras que se pueden estudiar.
- Incluye muchas investigaciones novedosas.
- Incluye programas informaticos.
- Sirve a la comunidad dedicada a los transportes.

**Jornadas de tarde del 17 de mayo y de 22 de mayo**

**Sesión 2: Taller práctico**

La Jornada técnica se completó con dos talleres prácticos, que se celebraron durante las tardes de los días 17 y 22 de mayo. De esta forma, los participantes se dividieron en sendos grupos para aprender a usar métodos prácticos en autopistas y carreteras de dos carriles. Los talleres se realizaron en el Laboratorio de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid, donde



El profesor D. Manuel Romana, en un momento de su exposición.

D. Manuel Romana, director del taller, con la colaboración del Ingeniero de Caminos Canales y Puertos de la Dirección General de Carreteras de la Comunidad de Madrid, D. Miguel Núñez, expusieron con ejemplos la utilidad y practicidad de la nueva versión del Manual de Capacidad. Los alumnos pudieron seguir y profundizar, con estos ejemplos, todo lo que habían aprendido durante la mañana del día 8 de mayo.

-¿QUÉ ACTITUD LE GUSTARÍA QUE TUVIERAN LOS ALUMNOS QUE ACUDAN A LOS TALLERES?

-D. Manuel Romana: "Que vengan con ganas de preguntar y con casos estudiados por ellos".

Los ponentes D. Sandro Rocci y D. Manuel Romana coincidieron, cuando al inicio les preguntaba esta revista, en que este tipo de jornadas, que últimamente ha llevado a cabo la Asociación Técnica de Carreteras (ATC-AIPCR), más técnicas pero de menor duración, es una buena idea, ya que resultan más viables para los participantes.

Asimismo, el ex director de la ATC-AIPCR, D. Francisco Caffarena explicaba también lo oportuna que había sido la celebración de la Jornada: "El Manual 1985 fue traducido por la Asociación Técnica de Carreteras al castellano y se agotó. Por tanto, esta iniciativa de darle publicidad a la última versión para que se conozca me parece muy bien, porque aunque esté colgado en la red, la gente necesita una orientación". ❖

-¿QUÉ LE HA PARECIDO ESTA JORNADA SOBRE EL MANUAL DE CAPACIDAD 2010?

- D. Miguel Núñez: "Me ha gustado porque ha sido técnica y de aplicación, no charlas en las que se divaga. Se ha dicho cómo se tiene que usar el Manual. El auditorio ha sido muy diverso, desde estudiantes a empresas".



Vista parcial de la sala donde se celebró la Jornada Técnica, durante el turno de exposición del Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos D. Miguel Núñez.



D.Manuel Romana y D. Miguel Núñez, en un momento de la ponencia de éste último.



D.Manuel Romana explica a los asistentes al taller práctico la dinámica que van a seguir.





## Jornada Técnica sobre Actuaciones Sostenibles en la Conservación de Firmes

En la Sala Agustín de Betancourt del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid, tuvo lugar, el pasado día 5 de Junio de 2012, la Jornada Técnica sobre Actuaciones Sostenibles en la Conservación de Firmes, organizada por la Asociación Técnica de Carreteras (ATC-AIPCR), promovida por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento y con la colaboración del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.



La coyuntura presupuestaria actual y la importancia de las carreteras en el transporte nacional (que representa el 85,3% del transporte interior de mercancías y el 90,5% del transporte interior de viajeros) obligan a plantear una estrategia de rehabilitación de los firmes de la RCE coherente con las necesidades actuales y tendente a conseguir objetivos a corto y medio plazo, con umbrales de proyecto modestos.

Por los aproximadamente 30.000 kms de calzadas que presenta la Red de Carreteras del Estado, de gestión directa, circula el 53,3% del tráfico total, y el 61% del tráfico pesado, siendo

por tanto el viario vertebrador de la red nacional.

Cobran gran importancia las herramientas para la gestión de los firmes, como el inventario y los datos de la auscultación, para poder diagnosticar adecuadamente las soluciones, y poder planificar óptimamente los

D<sup>a</sup>. MERCEDES GÓMEZ ÁLVAREZ:

“El objetivo es priorizar y jerarquizar las actividades. Cuanto más reducidos son los presupuestos más importante es tomar las decisiones más adecuadas”.



D. Roberto Alberola inaugurando la jornada, junta a D. Adolfo Güell y D. Álvaro Navareño.



D. Álvaro Navareño en un momento de su exposición sobre el inventario de firmes

presupuestos disponibles. Por eso, se presenta el documento de reciente publicación, la “Guía para la actualización del inventario de firmes de la Red de Carreteras del Estado” de la Dirección General de Carreteras del Mº de Fomento, que se proporcionó a los asistentes de la Jornada.

La conservación ordinaria y la viabilidad se desarrollan a través de 160 contratos de conservación integral, que permiten garantizar un nivel de servicio adecuado en las carreteras. Por otra parte, las actuaciones de rehabilitación y mejora de la infraestructura, programadas anualmente por la Dirección General de Carreteras han permitido garantizar una adecuada durabilidad de la misma.

Sin embargo, la coyuntura actual nos obliga a priorizar las actuaciones y a realizar soluciones más eficientes a corto y medio plazo, hasta que alcamos un nivel de estabilidad duradero. Por este motivo, hemos de apostar por soluciones más económicas, más puntuales y de duración determinada, y que a pesar de todo, permitan prevenir deterioros mayores.

No hay recetas mágicas, pero el intercambio de conocimientos y la experiencia acumulada nos permitirán seguir mejorando por lo que esta Jornada fue una buena ocasión para reunir a distintos profesionales involucrados con el proyecto, la construcción y la conservación de los firmes de carretera.

## Acto de inauguración de la Jornada

La jornada fue inaugurada por D. Roberto Alberola, presidente de la Asociación Técnica de Carreteras, y los Directores Técnicos de la Jornada, D. Adolfo Güell y D. Álvaro Navareño. D. Roberto Alberola agradeció al Mi-

nisterio de Fomento y al Colegio su colaboración para el desarrollo de la Jornada Técnica, además de reflexionar sobre la idoneidad de la Jornada, que reúne a profesionales del sector alrededor de la idea de la ejecución de buenas practicas en la Conservación de Firmes, no sólo en este momento de presupuestos ajustados, sino de una manera continuada como manera de obtener un beneficio de la crisis.

**Cobran gran importancia las herramientas para la gestión de los firmes, como el inventario y los datos de la auscultación, para poder diagnosticar adecuadamente las soluciones, y poder planificar óptimamente los presupuestos disponibles.**

## Sesión 1

La primera parte de la Jornada estuvo dedicada a la presentación del inventario de firmes. D. Alvaro Navareño, Consejero Técnico de la Subdirección de Conservación del Ministerio de Fomento, dio comienzo con su ponencia “El inventario de firmes como herramienta de gestión”, del que hablo de sus peculiaridades:

- Facilita el conocimiento del Objeto de la gestión.
- Ha sido sustancial definir su alcance (objetivos, coste, viabilidad) y difundirlo en una guía metodológica.
- Es deseable estimular un uso eficiente del IF para lo que se ha coordinado con todos los responsables (construcción, conservación, proyectos).
- Nace con el propósito de ser preciso (según objetivos) y con información “en tiempo” para lo que debe ser complementario y compatible con la información de ensayos de control en obra.



D<sup>a</sup>. María Esther Castillo Díez en un momento de su intervención.



D. Sixto Yanguas dirigiéndose a los asistentes.

- Es el soporte básico de modelos de comportamiento (parámetros), evolución (edad) y nivel de servicio.
- Es la base de la tramificación de la red desde el punto de vista del comportamiento del firme y, por tanto, clave para la determinación de tramos homogéneos de actuación
- Se adapta a la estructura operacional de la RCE: La información básica del inventario de firmes es suministrada por los responsables de la conservación integral de los tramos de la RCE y utilizada por ellos y el resto de actores de la estructura organizativa a través de la Web del e-SGF.

La segunda ponencia "Guía para la actuación del inventario de firmes en la RCE" fue presentada por D<sup>a</sup>. María Esther Castillo Díez, Ingeniero de la Subdirección de Conservación del Ministerio de Fomento. En ella detalló

como completar las fichas de firme inicial, de rehabilitación y mejora y la de actuaciones COEX, que se facilitan en la pagina web del Ministerio de Fomento, para un correcto inventariado.

#### D. SIXTO YANGUAS:

"Las expectativas para esta jornada es que se tome conciencia de la auscultación y la gestión de firmes para que se convierta en un ahorro. Toda la inversión que se haga en este sentido va a ser un ahorro no un gasto".

Para finalizar esta parte de la Jornada, D. Sixto Yanguas, Ingeniero Técnico del Centro de Estudios del Transporte presentó su ponencia "Importancia de las comparativas de equipos de auscultación para la aplicación de criterios homogéneos". D. Sixto Yanguas explicó como, con

Ensayos de comparación, Metodología de ensayos y Metodología estadística, se ha concluido:

- Se ha conseguido una gran experiencia en la organización de experimentos de comparación.
- Se ha puesto a punto una metodología propia para la realización de ensayos.
- De modo general, la mayoría de equipos han sido clasificados como aptos para la medición de los diferentes parámetros, verificando de esta manera el buen estado de los equipos que operan en España.
- Algunos de los equipos que fueron declarados como "no aptos", presentaban problemas "ocultos", que hubiesen pasado desapercibidos de no realizar los ensayos.
- Algunas de las disconformidades encontradas se producen por errores procedimentales, o de interpretación de las normas.



D. Luis Ayres, Director Técnico de ImesAPI.



D<sup>a</sup>. Mercedes Gómez Álvarez.

## Sesión 2

Después de un descanso, se pasó a una segunda parte donde se habló de la conservación de firmes propiamente dicha.

D. Luis Ayres Janeiro, Director Técnico de ImesAPI, presentó la ponencia "Actuaciones de conservación de firmes en los contratos de Conservación Integral". Dentro del concepto de conservación ordinaria se engloban los servicios que se llevan a cabo de manera rutinaria o con una cierta regularidad, y en consecuencia son programables. Este sería el caso de la reparación de deterioros en el firme de una carretera.

Las actividades de mantenimiento de los firmes en los contratos de conservación integral están destinadas a retrasar, en lo posible, el proceso de degradación de sus características funcionales o estructurales.

**D. ADOLFO GÜELL:**

"Es difícil hacer un diagnóstico pero el gran patrimonio exigirá un esfuerzo claro y preciso para la conservación del mismo".

La Empresa Adjudicataria se encarga de las operaciones de conservación ordinaria y de la parte de la conservación extraordinaria y de la mejora de la seguridad vial que permitan las disponibilidades económicas del contrato. Para finalizar su exposición, D. Luis Ayres proyectó un video sobre Bacheo con aglomerado en frío, donde instructivamente se mostraba las partes, los recursos necesarios y operaciones de este procedimiento.

Seguidamente, D<sup>a</sup>. Mercedes Gómez Álvarez, Jefe del Servicio de Tecnología de Carreteras del Ministerio de Fomento, habló sobre las "Actuaciones sostenibles en la conservación de firmes" donde se comentó que el principio de sostenibilidad se va imponiendo a nivel global y en todos los campos. Contamos ya con varias tecnologías relacionadas con la sosteni-

bilidad en el asfalto (entre otras):

- Microaglomerados en frío
- Mezclas bituminosas semicalientes
- Reciclado de firmes
- Empleo de polvo de NFU

Es necesario promover y generalizar el empleo de las técnicas sobre las que ya se tiene una experiencia suficientemente contrastada y proseguir la investigación de nuevas tecnologías y el desarrollo de las que todavía están en fase menos avanzada, concluyendo que nos hemos puesto en marcha

y vamos por el buen camino, pero todavía queda mucho por recorrer

Para finalizar la Jornada Técnica, se formó una Mesa Redonda bajo el epígrafe "Parámetros técnicos en la conservación de firmes. Aplicaciones prácticas". El moderador D. Adolfo Güell Cancela, estuvo acompañado en la mesa por D. Álvaro Navareño Rojo, D<sup>a</sup>. Mercedes Gómez Álvarez, D. Luis Azcue Rodríguez y D. Luis Ayres Janeiro.



D. Francisco Caffarena durante su intervención en la Mesa Redonda.



Mesa Redonda en la que intervinieron D. Adolfo Güell, D. Álvaro Navareño, D<sup>a</sup>. Mercedes Gómez, D. Luis Azcue y D. Luis Ayres.

Primeramente hubo dos exposiciones para comenzar el coloquio. D. Luis Azcue Rodríguez, Subdirección de Conservación del Ministerio de Fomento, habló como en los contratos de Conservación Integral se destinan importantes recursos a través del Grupo I y del Grupo II en actuaciones destinadas a la conservación de firmes, concretamente en torno al 9% del importe total de los mismos, y que Estas actuaciones tienen el valor añadido de ser llevadas a cabo en un momento que hace que sea posible aumentar la vida útil del firme, poniendo de manifiesto la importancia de los trabajos preventivos de conservación en general y en lo que se refiere a los firmes en particular.



D<sup>a</sup>. María Esther Castillo, D. Sixto Yanguas, D<sup>a</sup>. Mercedes Gómez y D. Adolfo Güell.

### D. LUIS AYRES

“La tarificación por el uso de infraestructuras de transporte que está ya sobre la mesa para su posible implantación sería una solución al hilo de lo que estaba comentando en la Mesa Redonda sobre la escasez de recursos económicos. Ahora, es buen momento para implantar la tarificación”.

A continuación D. Luis Ayres Janeiro comentó como la gestión del mantenimiento de los firmes en los contratos de conservación integral se estructura en cuatro etapas, donde son fundamentales los indicadores:

- Planificación de las actividades.
- Organización y programación operativa.
- Ejecución y supervisión de la ejecución.
- Seguimiento de los trabajos realizados y resultados.

En la Mesa Redonda comenzó un muy interesante debate abierto con los asistentes, donde se trataron y puntualizaron las distintas opiniones de los ponentes, finalizando la Jornada agradeciéndose la presencia y participación de los asistentes. ❖



Momento de distensión durante el descanso.

Los asistentes tuvieron una participación activa en la Jornada:

“Muy interesante. Son temas muy específicos, se trata de actuaciones que están en boga. Ahora cabe hablar de rehabilitación no de construcción. Se va a minimizar mucho la construcción. La ATC siempre hace jornadas sobre temas que son muy actuales.” (D. Eduardo López Fernández)

“En tiempos de Crisis Económica y escasez monetaria, existe lo que hemos llamado siempre la Conservación Preventiva (hacer mucho con poco dinero). Disponemos de Mezclas Capa Delgadas, Lechadas Bituminosas, etc...que no hacen más que alargar la vida del pavimento dos o tres años hasta que vengan tiempos mejores.” (D. José Sánchez Salinero).





# SÚMATE AL PROYECTO ONGAWA

TECNOLOGÍA / AGUA / PARTICIPACIÓN / TIC /  
VOLUNTARIADO / ENERGÍA / AGRO / SOCIOS

Tfno.: (+34) 91 590 01 90  
[info@ongawa.org](mailto:info@ongawa.org)  
[www.ongawa.org](http://www.ongawa.org)

Antes:



# Curso Básico de Cálculo de Estabilidad de Taludes por Métodos de Equilibrio Límite



La Redacción

En las Aulas de Formación, inauguradas recientemente, de la Asociación Técnica de Carreteras tuvo lugar, entre los días 24 y 26 de abril de 2012, el "Curso Básico de Cálculo de Estabilidad de Taludes por Métodos de Equilibrio Límite", impartido por D. Miguel Ángel Toledo Municio y D. Rafael Morán Moya, del Departamento de Ingeniería Civil, Hidráulica y Energética del la ETSI Caminos, Canales y Puertos de la UPM.

El curso se dividió en cuatro módulos, en los que se compaginó una parte teórica de repaso y otra práctica del uso del paquete GEOSTUDIO™, donde se resolvieron diferentes ejemplos de aplicación. Al inicio del curso se hizo entrega de la documentación correspondiente, formada por las presenta-

ciones de las clases teóricas y una guía rápida de uso del paquete GEOSTUDIO™, junto a una versión educacional del software GEOSTUDIO™.

Para comenzar el curso, D. Miguel Ángel Toledo Municio realizó un repaso teórico sobre "Teoría general sobre filtración y sobre los métodos de equilibrio límite", necesarios para su aplicación en cálculos de estabilidad de taludes, estructurado de la siguiente manera:

- Concepto de filtración y su efecto sobre la estabilidad de taludes.
- Planteamiento de un problema de filtración.
- Repaso de conceptos básicos: línea de saturación, caudal filtrado, presiones intersticiales, gradiente hidráulico,

anisotropía y coeficientes de presión intersticial.

- Concepto de resistencia al corte.
- Tipos de deslizamientos.
- Planteamiento de un problema de Equilibrio Límite.
- Metodologías e hipótesis de cálculo.

Al día siguiente, en el segundo módulo una vez repasados los conceptos teóricos básicos, D. Rafael Morán Moya impartió unas clases introductorias de iniciación al manejo del paquete informático GEOSTUDIO™. En este segundo módulo "Cálculo de redes de filtración con SEEP/w", se planteó la definición de un problema tipo y posteriormente la resolución y revisión de los resultados obtenidos.

El último día de clase presencial se

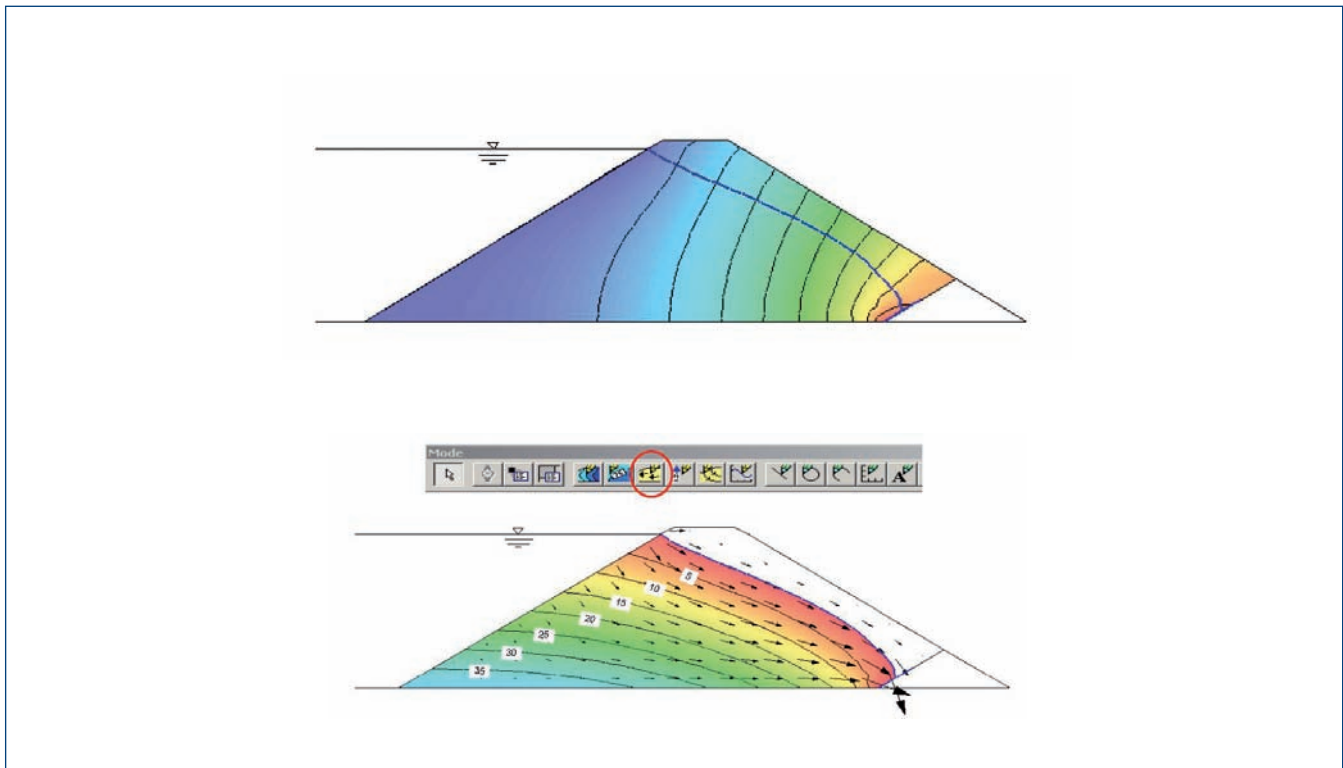


Figura 1

enfocó en dos partes. En una primera " Cálculo de estabilidad de taludes con SLOPE/w" donde se analizó un repaso del funcionamiento del programa, y la interpretación de los resultados, para finalizar con un caso práctico. Este caso fue resuelto por los alumnos con la versión educacional del software GEOSTUDIO™, que fue facilitada a los alumnos en la documentación repartida al principio del curso. El problema fue elaborado y resuelto en común, en la clase, de forma asistida, con el apoyo del profesor D. Rafael Morán Moya.

Para finalizar y completar la formación impartida de los tres días, en las aulas de la Asociación Técnica de Carreteras, se propuso un ejercicio práctico, que los alumnos resolvieron de forma personal, durante las semanas posteriores a las clases presenciales. Este ejercicio resuelto se envió al equipo docente para su evaluación final, que fue realizado de forma completamente personal. ❖

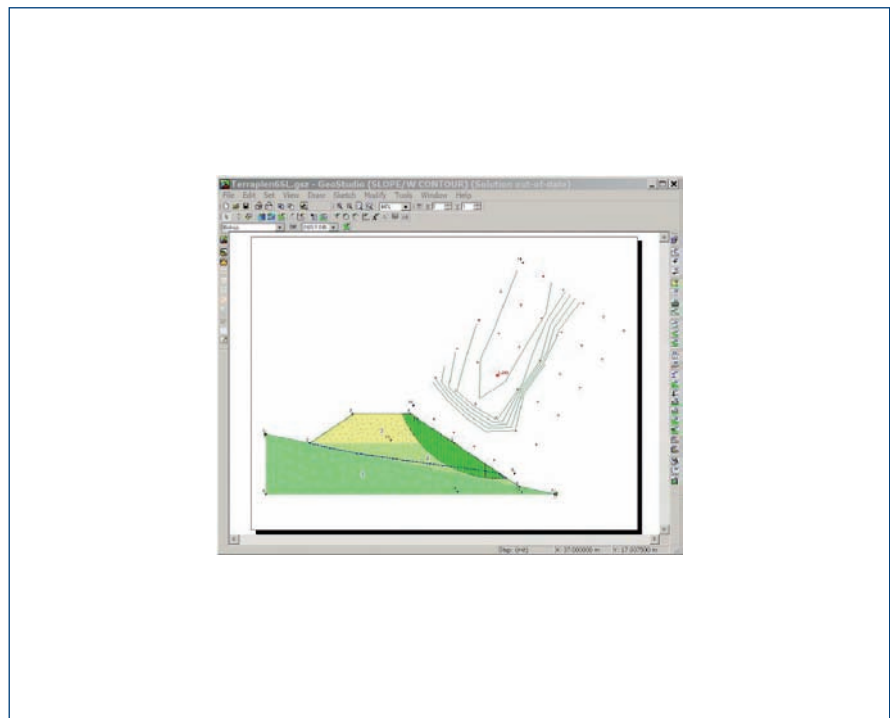


Figura 2

## Ana Pastor asegura que Fomento trabaja por un sistema de transporte eficiente y de calidad

La ministra de Fomento, Dña. Ana Pastor, aseguró el pasado 16 de mayo durante la sesión de control en el Congreso de los Diputados que el departamento que dirige seguirá trabajando por un sistema de transporte eficiente, de calidad y que no esté endeudado.

En respuesta a una pregunta parlamentaria del PSOE en la sesión de con-

trol al Ejecutivo, la titular de Fomento recordó que la deuda de Aena supera los 14.000 millones, la de Adif es de 14.600, la de Renfe de 5.000, Feve 'ingresa 30 millones de euros y gasta 180 millones'; mientras que la deuda del Ministerio de Fomento es de 40.000 millones de euros.

Por ello, indicó la ministra, lo necesario en estos momentos es "hacer frente a la realidad que nos hemos encontrado y hacer eficiente el sistema de transporte". Asimismo, Pastor apostilló que es precisamente por eso por lo que están trabajando y han reducido todas las sociedades mercantiles que han encontrado. En este punto, la titular de Fomento recordó que una de las primeras medidas que adoptó



Fuente: Ministerio de Fomento

tras su llegada al Ministerio fue reducir el sueldo de los directivos de los entes públicos, que, en algunos casos, superaban los 150.000 euros. ❖



La ministra de Fomento , Dña. Ana Pastor. Fuente: Ministerio de Fomento

## Pastor anuncia cerca de 400 kilómetros de nuevas autovías en Aragón y el impulso de la alta velocidad

### Se prevé una inversión en autovías de 2.254 millones de euros

La titular de la cartera de Fomento anunció el pasado marzo de este año, durante su comparecencia en el Senado, que en el horizonte de 2024 su departamento va a realizar actuaciones en la red de gran capacidad de Aragón consistentes en la construcción de 388 kilómetros de nuevas autovías con una inversión de 2.254 millones de euros y 27 km de aumento de carriles en autovías en servicio con una inversión de 25 millones de euros.

#### Nuevas autovías:

- La A-2 entre Alfajarín y Fraga.
- La autovía A-68, entre Figueruelas- Mallén.
- La autovía A-68 desde Zaragoza hasta el corredor Mediterráneo.
- Completar el nuevo eje de comunicaciones que forman las autovías A-21, A-23 y A-22 entre Pamplona, Jaca, Huesca y Lleida.
- Autovía A-40 entre Cuenca y Teruel, con estudio informativo en redacción.
- Autovía A-24 entre Daroca-Calatayud.
- Alcolea del Pinar-Monreal del Campo.
- Prolongación de la autovía A-14 entre Lleida y Soperia.
- Autovía A-15 entre Soria y Tudela.

En cuanto al aumento de capacidad se actuará en la A-2 entre Zaragoza y Alfajarín.

Dentro de las actuaciones previstas en entornos urbanos se contempla la nueva variante sur de Huesca.

El Ministerio de Fomento también se ha comprometido con la mejora del Eje Pirenaico.

Entre estas y otras actuaciones se actuará acondicionando 155 km de carreteras convencionales con una inversión de 386 millones de euros.

Asimismo, se construirán 53 km de variantes de población por 182 millones de euros. Se va a invertir una media anual en materia de conservación y seguridad vial de aproximadamente 59 millones de euros.

#### En Alta Velocidad:

- Zaragoza-Teruel (174 km)
- Teruel-Sagunto (57,5 km)
- Zaragoza y Tudela: se encuentra en proyecto, mientras que entre Tudela y Castejón está en Estudio Informativo.
- Travesía Central de los Pirineos: Se seguirá trabajando dentro de la Agrupación Europea de Interés Económico denominada Travesía de Gran Capacidad de los Pirineos.

La Comisión Europea ha concedido una ayuda de 5 millones de euros que permitirá la realización de los estudios necesarios.

Para poder ejecutar la Alta Velocidad en esta comunidad son necesarios 2.694 millones de euros.

#### Red convencional y Cercanías

Por otro lado, en la Red Convencional se va a trabajar con el objetivo de renovar el trayecto a Canfranc e implantar en 221 km el Asfa digital y además, hay actuaciones en marcha para suprimir 84 pasos a nivel.

También se ha firmado un protocolo entre el Ministerio de Fomento y el Ayuntamiento de Zaragoza para estudiar las necesidades de la ciudad, en el marco del Plan global que se va elaborar. ❖



Fuente: Ministerio de Fomento.

## Encuentro Empresarial: Infraestructuras de transporte

# “Queremos abrir nueva etapa en la misión de colaboración público-privada y estrechamente ligada a las reformas estructurales de cada país”

La ministra de Fomento, Dña. Ana Pastor inauguró el pasado 28 de mayo el Encuentro con empresarios y personalidades de Iberoamérica, en el que defendió la importancia del sector empresarial para salir de la crisis y la colaboración con los países latinoamericanos



28 y 29 de mayo en Madrid de 2012  
La Redacción

Inauguración del Encuentro Empresarial de Infraestructuras, presidido por Su Alteza Real, el Príncipe de Asturias junto con la ministra de Fomento, Dña. Ana Pastor, el Secretario General Iberoamericano (D. Enrique V. Iglesias), el Presidente Ejecutivo de CAF, Banco de Desarrollo América Latina (D. Enrique García) y el secretario de Estado para Iberoamérica en España (D. Jesús Gracia).

El pasado 28 de mayo tuvo lugar la celebración del *Encuentro Empresarial: Infraestructuras de Transporte*, en el que diversas personalidades del sector de la ingeniería civil, tanto de Iberoamérica como de España (desde embajadores a ministros, pasando por representantes de diversas empresas) se dieron cita para profundizar sobre el futuro de las infraestructuras en los países de la comunidad iberoamericana. El acto de inauguración estuvo presidido por Su Alteza Real, el príncipe de Asturias, quien intervino en la Sesión de Apertura y llamó a la gestión de las infraestructuras no sólo entre los sectores privado y público sino entre países iberoamericanos con empresas españolas y portuguesas, en la línea de colaboración entre países a ambos lados del Atlántico, que previamente apuntó la ministra de Fomento Dña. Ana Pastor. En este contexto, el martes 29 el Ministerio de Fomento organizó la reunión *El momento de las infraestructuras: el cambio necesario*, junto a sus homólogos iberoamericanos, para tratar en concreto, la planificación en infraestructuras de transporte y la financiación de las mismas.

La reunión tiene lugar como antesala de la XXII Cumbre Iberoamericana de Jefes de Estado y de Gobierno que se celebrará en Cadiz el próximo mes de noviembre

La ministra Fomento, Dña. Ana Pastor, inició su intervención en el Encuentro Empresarial de Infraestructuras de Transporte, que tuvo lugar el pasado lunes 28 de mayo, agradeciendo la presencia de los asistentes, empresarios y altos cargos relacionados con el sector de las ingenierías que se dieron cita en el hotel Wellington de Madrid. Junto a la

ministra, en la mesa presidencial, se situaban D. Enrique V. Iglesias, Secretario General Iberoamericano; D. Enrique García, Presidente Ejecutivo de CAF (Banco de Desarrollo de América Latina) y Jesús Gracia, Secretario de Estado para Iberoamérica en España. Además de la presencia de Su Alteza Real el Príncipe de Asturias.

La titular de Fomento explicó que

este marco en el que se encontraban es precisamente el mejor reflejo “de esos lazos que unen a nuestra querida hermana América y a España”. Asimismo, afirmó que Las Administraciones Públicas deben trabajar conjuntamente con el sector empresarial, en estos momentos que atravesamos y añadió que esta alianza es la clave para salir de la crisis. Es decir, la ministra de

Fomento expresó su deseo de iniciar un camino en común con los países iberoamericanos: “Queremos abrir nueva etapa en la misión de colaboración público-privada y estrechamente ligada a las reformas estructurales de cada país, y por supuesto en el ámbito internacional, a través de los marcos de colaboración existentes y de los que podamos impulsar a partir de ahora, en el que el sector empresarial se sitúa en primera línea como gran dinamizador de las economías de nuestros países”.

Esta idea fue el hilo conductor del discurso de la ministra de Fomento, seguido posteriormente por Su Alteza Real el Príncipe de Asturias, y en general, por todos los ponentes. Para D. Enrique García Presidente Ejecutivo de CAF, Banco de Desarrollo de América Latina, para abordar los proyectos futuros de infraestructuras, el sector privado no puede actuar sólo, de la misma manera que los Gobiernos solos tampoco pueden.

Para Dña. Ana Pastor la correcta planificación y evaluación de los proyectos de infraestructuras del transporte mediante unos principios comunes de valoración es la garantía de un sistema de transporte eficiente que aporte bienestar a la sociedad y optimice al máximo los recursos. Por ello, y desarrollando el argumento de colaboración mutua explicó: “Nuestras experiencias comunes nos enseñan que es importante acompañar la ejecución de los proyectos a las disponibilidades financieras y presupuestarias”. La titular de Fomento aboga así por encontrar las vías más adecuadas para sacar el máximo partido a las oportunidades que ofrecen las infraestructuras en España y en el resto de la Comunidad Iberoamericana.

### Exportar experiencia

La ministra reconoció la labor que ha hecho España en el sector de infraestructuras, que puede servir de ayuda, en esta alianza con la comunidad iberoamericana, para aquellos países que tengan cierto

déficit en infraestructuras: “España puede aportar la experiencia y la profesionalidad de nuestras empresas, que nos ha permitido, durante las dos últimas décadas desarrollar una completa red de infraestructuras del transporte”. Pero además, la ministra de Fomento expresó su deseo de “conservar, mantener y mejorar” esas infraestructuras a las que hacía referencia,

**"España puede aportar la experiencia y la profesionalidad de nuestras empresas, que nos ha permitido, durante las dos últimas décadas desarrollar una completa red de infraestructuras del transporte"**

eso sí, “con un esfuerzo vertebrador en el marco de austeridad que imponen estos tiempos de crisis”. Por ello, quiso incidir también en el papel que representan ahora más que nunca los empresarios a los que denominó elementos clave que colaboran con los gobiernos para estrechar lazos y

tender puentes entre los dos lados del Atlántico. Porque Iberoamérica es una realidad no sólo política y cultural sino económica y social. De este modo, aprovechando la expansión de esta Iberoamérica nueva llena de talento y dinamismo, como apuntó la ministra, la era de la globalización es un activo de primer orden para fomentar la presencia de nuestros países y nuestras empresas en los escenarios internacionales. Pero volviendo al tema de la financiación, Dña. Ana Pastor hizo referencia también al papel de los fondos de pensiones como fuentes de financiación de infraestructuras a largo plazo y en moneda local.

Por último, también es importante destacar cómo se dirigió a las autoridades presentes para afirmar que “nuestra responsabilidad como gestores públicos es dar confianza suficiente a los inversores para que éstos apuesten por financiar los sistemas de transporte pese a las condiciones cambiantes que pudieran darse en algunos momentos, para lo que es necesario crear un marco legal que permita obtener la solución más óptima para ambas partes, donde se defiendan sus legítimos derechos y se garantice el cumplimiento de los acuerdos alcanzados.



La ministra de Fomento, Dña. Ana Pastor, junto a Su Alteza Real, el Príncipe de Asturias, escuchando una de las ponencias que tuvo lugar durante el Encuentro Empresarial de Infraestructuras de Transporte. Fuente: Ministerio de Fomento.

## “Este encuentro busca identificar formas, mecanismos y alianzas estables entre los dos sectores y maneras de hacer posible la financiación correspondiente”

### Llamada al pragmatismo

Su Alteza Real, el Príncipe de Asturias, participó en este Encuentro Empresarial de Infraestructuras, presidiendo la Sesión de Apertura y dirigiendo en la misma unas palabras al auditorio. Así, al igual que la ministra de Fomento comentó el estado de déficit de infraestructuras de transporte que limita la productividad, a lo que añadió que hay un consenso en cuanto a que las necesidades de inversión en este tipo de infraestructuras alcanzan dimensiones tan grandes que no pueden ser abordadas completamente ni por el sector privado ni por el sector público, por eso es necesario un esfuerzo conjunto de ambos.

Pero el Príncipe de Asturias fue más allá de enunciar esta idea teóricamente y llamó a los asistentes a la práctica: “Este encuentro busca identificar formas, mecanismos y alianzas estables entre los dos sectores y maneras de hacer posible la financiación correspondiente”. Así, D.Felipe de Borbón continuó explicando que es ciertamente pragmático articular una mayor colaboración de ámbito iberoamericano que considere la experiencia y excelencia de empresas punteras, españolas y portuguesas, que ya pasaron por experiencias anteriores de déficit. La colaboración con estas firmas revertiría en el beneficio de todos y en otros sectores de la economía como el turístico. En su opinión, estas alianzas se traducirían en un mayor desarrollo de las sociedades de otros países iberoamericanos y como no, “en la recuperación económica y creación de empleo de España y Portugal”. Es decir, el Príncipe de Asturias expresaba así su deseo de que este foro sirva

para ofrecer resultados concretos. “Para eso están todos ustedes aquí” afirmó.

### Países con déficit de infraestructuras

La jornada continuó con las ponencias de la Ministra de Planeamiento, Presupuesto y Gestión de Brasil, Dña. Miriam Belchior y el Presidente de CAF (Banco de Desarrollo de América Latina), D. Enrique García. Posteriormente, tuvo lugar un breve turno de presentaciones en el que participaron: D. Carlos Bacher, Vice-Presidente Ejecutivo y CEO América Technit de Argentina; D. José Manuel Entrecanales, Presidente de Acciona en España; D. Gastón Alacalá, Vicepresidente de ACS España y D. Rogerio Luis Murat Ibrahim, Director de Inversiones de Brasil.

Como muestra de esta necesidad de infraestructuras en los países iberoamericanos, D. Carlos Bacher explicó el caso de Argentina, donde existe “una brecha enorme entre los transportes y el saneamiento”. Asimismo, explicó que aun contando con una red ferroviaria en este país, el servicio está muy descuidado. Lo mismo sucede con los aeropuertos, pues en estos hay un stock de pistas pero se necesitan reformas. Por otro lado, afirmó que en los últimos años ha habido una recuperación de inversiones en este sector, con la característica de que ha crecido

la inversión pública y ha bajado la privada. En este sentido, D. Carlos Bacher afirmó también que no es sostenible que Argentina vaya a resolver sus problemas de déficit sin el sector privado.

Esta fórmula también es la que defiende el Presidente de la Cámara Chilena de Construcción, D. Gastón Escala, quien estimó en la cantidad de 48.000 millones de dólares, la inversión necesaria para los próximos 4 años, una cifra coherente con una inversión del 5% del PIB. D. Gastón Escala dio una serie de datos sobre la economía chilena y el desarrollo de las infraestructuras desde la década de los 90. Fue entonces cuando comenzó el impulso de las inversiones en infraestructuras en el que se incorporó al sector privado a través de un mecanismo de concesiones de Obras Públicas. Gracias a ello, según afirmaba el Presidente de la Cámara Chilena de Construcción las inversiones en estas infraestructuras públicas pasaron de ser 2600 millones de dólares en la década de los 80 a los 22.000 millones.

## Para D. Carlos Bacher no es sostenible que Argentina vaya a resolver sus problemas de déficit sin el sector privado



El Presidente de la Cámara Chilena de la Construcción, D. Gastón Escala, en un momento de su intervención en el Encuentro Empresarial de Infraestructuras de Transporte. Le acompañan (de izda. a drcha. D. Rogerio Luis Murat Ibrahim, Director de Inversiones de Odebrecht (Brasil); D. Antonio García Ferrer, Vicepresidente de ACS (España), Dña. Miriam Belchior, Ministra de Planeamiento de Brasil y D. Rafael Catalá, Secretario de Estado de Infraestructuras de España.



Por su parte, el vicepresidente de ACS, D. Antonio García Ferrer, explicó las razones que hacen necesaria la inversión en infraestructuras de transporte y, poniendo como ejemplo a España, repasó los logros que este país ha realizado en los últimos años.

Para D. Antonio García Ferrer este tipo de inversión genera riqueza, bienestar y empleo. Eso sí, hay que tener en cuenta que los efectos positivos no se ven antes de 5 años. Asimismo, las inversiones en infraestructuras también fomentan las exportaciones. En cuanto a la trayectoria de España en el desarrollo de infraestructuras destacó, entre otros aspectos, la construcción de la primera línea de tren de Alta Velocidad (AVE) Madrid-Sevilla, en la década de los 80 y de los 90, la remodelación de los principales aeropuertos y el desarrollo de las energías renovables.

En cuanto a la inversión que habría que llevar a cabo en América latina, D. Antonio García Ferrer dejó claro que hay que considerar a cada país por separado porque cada uno de ellos dispone de características físicas dispares, tiene una situación económica heterogénea y una desigual dotación actual de infraestructuras. "Cada país debe prever un plan para un período de 10 años", indicó el vicepresidente de ACS.



La ministra de Fomento, Ana Pastor, con su homóloga brasileña, Miriam Belchior. Fuente: Ministerio de Fomento.

## La Ministra de Fomento se reúne con sus homólogos iberoamericanos



Posado de la Ministra de Fomento, Dña. Ana Pastor, antes de entrar al Palacio de Zurbano, donde tuvo lugar la reunión de ministros de Fomento iberoamericanos, a la que acudieron Dña. Miriam Belchior (Ministra de Planeamiento, Presupuesto y Gestión de Brasil); D. Laurence Golborne Riveros (Ministro de Obras Públicas de Chile); el Secretario Técnico de Planificación del Desarrollo económico y social, D. Hugo Ángel Royg Aranda, el Ministro de Economía y Territorio de Andorra, D. Jordi Alcobé Font; el Secretario de Obras Públicas, Transportes y Comunicaciones portugués, D. Sérgio Silva Monteiro; el Secretario de Comunicaciones y Transporte, D. Dionisio Pérez-Jácome Friscione, Dña. M<sup>a</sup> De los Ángeles Duarte Pesantes, Ministra de OO.PP y Transportes de Ecuador, y sus homólogos D. P. Fernando Martínez Espinoza (Nicaragua) y D. Federico José Suárez (Panamá).

Los Ministros de Fomento de los países iberoamericanos se reunieron el pasado 29 de mayo para tratar la planificación en infraestructuras de transporte y la financiación de las mismas, en el marco de la XXII Cumbre Iberoamericana y bajo el lema: El momento de las infraestructuras el cambio necesario.

La Ministra de Fomento, Dña. Ana Pastor, inició la jornada con un discurso en el que se refirió en su discurso a la situación económica actual: "Nos encontramos en un período de incertidumbre a nivel global. Para muchos países, afectados por la crisis económica, se avecina una nueva etapa que estará estrechamente marcada por las reformas económicas y sociales que implementen y por el éxito que éstas consigan". De esta reunión, los ministros acordaron, entre otros aspectos: Abogar de forma inmediata por más y mejores infraestructuras como factor para conseguir el progreso social, el crecimiento económico y la competitividad e internacionalización de las empresas, priorizando en este pro-

ceso los proyectos con mayor beneficio socioeconómico, promover el incremento de las inversiones públicas sostenibles para afrontar las necesidades de infraestructura y subsanar el déficit actual de infraestructuras en América Latina, incentivando a su vez la utilización de distintas fuentes de financiación.

Asimismo, incidieron en la necesidad de adoptar soluciones de financiación público-privadas, favorecer la dimensión medioambiental, adoptar medidas para llevar a cabo un adecuado mantenimiento de las infraestructuras y promover una correcta gestión de la demanda por parte de las autoridades de transporte, de modo que se incentive el buen uso de las infraestructuras. En esta línea acordaron señalar la inversión en infraestructuras como prioritaria y solicitar a las instituciones multilaterales y bilaterales de crédito que operan en América Latina que garanticen recursos a las economías menores y vulnerables de la región. ❖



# Roberto Alberola, Presidente de la ATC, Premio Especial ITS España 2012



Celebrado en Madrid, del 24 al 26 de abril de 2012, con más de 550 asistentes, representando a 143 empresas y entidades diferentes y una exposición comercial con 20 instituciones y empresas representadas. Son las cifras que por sí mismas hablan del éxito del XII Congreso Español sobre Sistemas Inteligentes de Transporte. El mejor momento y resumen del Congreso lo constituyen las palabras del Presidente de la ATC D. Roberto Alberola en el acto de clausura al recibir el premio Especial ITS España 2012: "Muchas gracias a ITS

España por esta consideración con la ATC, y deciros que en la Asociación estamos muy contentos y satisfechos de que aquel pequeño grupo que hace 10 ó 12 años dejamos en manos de ciertas personas para promover que ITS España fuera una cosa independiente de la ATC y que hiciera su camino, con una pequeña ayuda inicial, pero muy poca, podía llegar a ser lo que es hoy que no nos lo podíamos imaginar. Muchas gracias y estamos muy satisfechos, de verdad." La pequeña ayuda es entre otras cosas la cesión a ITS España del Congreso ITS

que supone más del 50% de la actividad y facturación de ITS España. En la España de hoy no es frecuente encontrar ejemplos de tanta generosidad y responsabilidad al ver que el Transporte iba más allá de la carretera. Desde ITS España como deudores Insolventes con la ATC se ha querido reconocer con este premio su soporte como cuna del primer grupo ITS en España, su participación en la fundación de la nueva Asociación y por el respaldo financiero que hoy supone contar con el Congreso.



## XII Congreso Español sobre Sistemas Inteligentes de Transportes

Madrid, 24 al 26 de abril de 2012

### Apertura del Congreso e Inauguración de la Exposición Comercial.

Especialmente interesantes para conocer el panorama actual del ITS español fueron las palabras en el acto de apertura de todos los que intervinieron. Las mismas quedarán reflejadas en las actas del congreso que se publicarán a su tiempo. De destacar son las palabras iniciales de D. José Ramón Pérez de Lama que abrió el acto en representación de los ITS

Autonómicos como Presidente de ITS Andalucía. Realizó un recorrido por los últimos 20 años de historia de los ITS en España, donde ha sido un espectador de excepción como Presidente del Comité ITS del Colegio de Caminos. Finalmente hizo una serie de reflexiones y reconocimientos que fueron agradecidos y contestados por el resto de intervinientes que le siguieron en el uso de la palabra que por orden inverso de intervención fueron: Dña. María Seguí Gómez. Directora General. Dirección General de Tráfico. Ministerio del

Interior. D. Jorge Urrecho Corrales. Director General. Dirección General de Carreteras. Ministerio de Fomento. D. Antonio de Guindos Jurado. Delegado del Área de Gobierno de Medio Ambiente, Seguridad y Movilidad. Ayuntamiento de Madrid. D. Benito Bermejo Palacios. Subdirector General. Dirección General de Transporte Terrestre. Ministerio de Fomento. D. José Manuel Pradillo Pombo. Director Gerente. Consorcio Regional de Transportes de Madrid. D. José María Morera Bosch. Vicepresidente. ASETA. D. Julio García Ramón. Presidente. ITS España. Aunque no hicieron uso de la palabra, completaron la mesa de apertura: D. Lluís Serrano Sadurní. Presidente. ITS Catalunya. D. Enrique Casquero de la Cruz. Presidente. ITS Comunidad Valenciana. D. José Viteri Larrea. Director General. ITS Euskadi. D. Ramiro Martínez Rodríguez. Presidente. ITS Galicia.

Como se ha comentado, la apertura terminó con la intervención de la Directora General de Tráfico Dña. María Seguí Gómez, que concluyó con las siguientes palabras: "Cuenten desde la Dirección General de Tráfico, no sólo con la máxima de las colaboraciones, si no con todas nuestras capacidades y sobre todo también con la máxima de nuestra oportunidad de publicitar los resultados de este producto que saben ustedes que somos vitrina de



Exposición Comercial. De izquierda a derecha: D. José María Morera, D. Jorge Urrecho, Dña. María Seguí, D. Benito Bermejo y D. Julio García Ramón.

exposición en la que miran otros países y en estos momentos está empezando a bajar esa inmensa epidemia mundial que son las lesiones por accidente de tráfico. Efectivamente ha habido tendencias positivas en los últimos años en nuestro país, todavía mejorables por supuesto y superables, pero lo que tenemos son prácticamente un millón y medio de muertos en el mundo cada año. Y a esto hemos de poner nuestro granito de arena y son ustedes uno de los productos, de los conceptos que más parte pueden tener en gestionar y ordenar el tráfico en las vías públicas de todo el mundo, por supuesto también del nuestro. Y con esto daría por concluida mis palabras, quedando así inaugurado este XII Congreso Español sobre los Sistemas Inteligentes del Transporte. Tengo entendido que ahora corresponde a la Apertura Oficial de la Exposición Técnica. Les deseo los mejores parabienes para estos días de trabajo.

Seguidamente se pasó a la inauguración de la exposición comercial donde las autoridades se detuvieron en cada uno de los stands. De los mismos es de destacar el del Ayuntamiento de Madrid donde se encontraba una central de zona de control semafórico de Madrid, a la que estaban conectados y funcionando reguladores semafóricos de 6 empresas distintas. El fruto del esfuerzo de compatibilidad sembrado por el Ayuntamiento, lo están recogiendo Municipalidades de todo el mundo y las empresas españolas que están siguiendo esta estela.

## Desarrollo del Programa

Es de destacar la presentación del libro verde de los Sistemas Cooperativos desarrollado por ITS España con la participación de los principales expertos del tema con que contamos en España.

## Entrega de los Premios ITS España 2012.

Con ocasión del Congreso ITS, se entregan los premios anuales ITS España. Son unos premios que pretenden



D. Carlos Casas Nagore, agradeciendo la concesión del premio.

reconocer el trabajo desarrollado por personas y entidades en pro del Sector ITS y de la Asociación en particular. Lo previsto es entregar un premio a una persona y uno a un proyecto o entidad por cada uno de los 9 ámbitos que componen el sector ITS. Los premios se entregaron a lo largo del congreso aunque la mayor parte de los premios personales se entregaron durante la impresionante cena celebrada en el Casino de Madrid y los de las entidades durante la clausura. Durante la clausura el Maestro de Ceremonia fue D. Joaquín Cosmen Schortmann y durante la cena D. Jaime Huerta Gómez de Merodio. Además del recibido por la ATC, de los premios son de destacar por su especial relación con la carretera los siguientes premios personales: D. Carlos Casas Nagore, jefe de la demarcación de Carreteras del Estado en Teruel, por su importante implicación en la aplicación de los ITS en la Infraestructura. D. Rafael Fando Mestre, de Ferrovial, en representación del sector de las Autopistas por su importante labor en la implantación del Telepeaje en España como director del Proyecto PISTA. D. Manuel Luna Fernández, de FORD, que además es Presidente de la Asociación Española de Ingenieros de Automoción y preside el Comité de ITS en el Vehículo de ITS España. D. Walter Herrmann de Continental

Automotive por su importante papel en la introducción en España del Táctógrafo Digital. D. Víctor Díez Estébanez, que ha trabajado controlando los semáforos de Madrid más de 40 años desde el Ayuntamiento de la Capital. D. Vicente Gallego Muñoz y D. Lluís Serrano Sadurní Ingenieros que han dedicado la mayor parte de su carrera profesional a aplicar los ITS para la mejora de la Gestión del Tráfico, primero desde la DGT y luego desde el Servei



Dña. Sara Mayo agradeciendo el premio recibido por Sensefields durante la clausura.



Simulador de vehículos industriales del CEIT.

Català de Trànsit. El premio ITS en el Aparcamiento fue para D. Alfredo Morales, que ha desarrollado toda su carrera profesional en el Ayuntamiento de Barcelona, primero como responsable del departamento de Tráfico y la mayor parte como Director General de BSM lo que le llevó a fundar y desarrollar ASESGA, la asociación Española de Aparcamientos. El de Transporte Público fue para D. José Ignacio Iturbe López que desde sus tres últimas responsabilidades profesionales ha impulsado de forma importante los ITS: Como Gerente del CRTM, Gerente de la EMT de Madrid y Vicepresidente ejecutivo de Madrid Calle 30.

Entre los premios otorgados a entidades y proyectos, destacan los siguientes: El Proyecto Truck Park de Abertis Autopistas, que supone un adelantarse al cumplimiento de las exigencias para España de la Directiva ITS en materia de Aparcamientos Seguros para vehículos industriales. Recogió el premio D. Josep Jové de Miquel-Blondel, Gerente de Desarrollo

y Gestión de Negocios. Abertis Autopistas. El Sistema de Detección del Tráfico con Magnetómetros de Sensefields (CEDINSA), que supone un antes y un después en los sistemas de peaje en sombra en España. Recogió el premio la Directora General, Dña. Sandra Mayo. El Proyecto de renovación del Sistema de Detección del Tráfico Urbano implantado por el Ayuntamiento de Zaragoza con la implantación de 1.200 magnetómetros y 160 detectores de Bluetooth. El premio de Aparcamientos fue para la Empresa Pública de Aparcamiento del Ayuntamiento de Reus, Amersam, por el Sistema de Control Centralizado de Parkings que ha sido reproducido por otros en toda España. El premio de ITS en el Automóvil fue para el CEIT de la Universidad de Navarra. Por su impresionante simulador de conducción de Vehículos Industriales, el Sistema eCall para motos, y el Think Tank desarrollado en colaboración con el INTA del Ministerio de Defensa. Por último, el premio de ITS en el Transporte Público fue un

año más para el primer operador español de transporte por carretera, la EMT de Madrid, por su revolucionario sistema de WIFI gratuito en el autobús, al menos para los usuarios de entre 15 y 30 años. Sin duda, la EMT de Madrid, una vez más es la referencia para el resto de operadores del transporte por carretera y ferroviarios de España. Recogió el premio su Director Gerente D. Rafael Orihuela Navarro.

### Presentación del XIII Congreso Español sobre Sistemas Inteligentes de Transporte

La presentación del próximo Congreso ITS a celebrar en San Sebastián del 4 al 6 de junio de 2013, corrió a cargo de D. Mikel Díez, Director de Transportes del Gobierno Vasco.

### Clausura

El acto de clausura resultó especialmente entrañable gracias a los premios entregados durante el mismo. El acto fue presidido D. Victoriano Sánchez-Barcaiztegui Moltó. Secretario Autonómico de Infraestructuras y Transporte de la Generalitat Valenciana. Le acompañaron en la mesa de clausura: Dña. M<sup>a</sup> Amparo López Antelo. Directora de Tráfico del Gobierno Vasco. D. Federico Fernández Alonso. Subdirector General de la Dirección General de Tráfico del Ministerio del Interior. D. Jesús Miranda Cerezo. Subdirector General Adjunto de la Dirección General de Transporte Terrestre del Ministerio de Fomento. D. José Manuel Pradillo Pombo. Director Gerente del Consorcio Regional de Transportes de Madrid. D. Miguel Ángel Rodríguez Herrero Director General de Gestión y Vigilancia de la Circulación del Ayuntamiento de Madrid. D. Rafael Orihuela Navarro. Director Gerente de la EMT de Madrid. D. Roberto Alberola García. Presidente de Asociación Técnica de Carreteras. ATC-PIARC. D. Bruno de la Fuente Bitaine. Director General de ASETA y D. Julio García Ramón. Presidente de ITS España.



Clausura presidida por D. Victoriano Sánchez Barcaiztegui.



# RUTAS

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN TÉCNICA DE CARRETERAS

Comité Nacional de la Asociación Mundial de Carreteras



asociación técnica  
de carreteras

comité español de la  
asociación mundial de carreteras



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 (+ 4% 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: Monte Esquinza, 24, 4.º Dcha. 28010 Madrid.

[http://www.atc-piarc.com/rutas\\_digital.php](http://www.atc-piarc.com/rutas_digital.php)



Desde este link [http://www.atc-piarc.com/rutas\\_digital.php](http://www.atc-piarc.com/rutas_digital.php), podrá consultar los artículos de la Revista Rutas, así como los de otras publicaciones como Congresos y Jornadas que organiza la ATC.

Si quiere anunciarse en **RUTAS** póngase en contacto con nosotros:  
Tel.: 913082318 Fax: 913082319  
[info@atc-piarc.com](mailto:info@atc-piarc.com) [www.atc-piarc.com](http://www.atc-piarc.com)

Para más información:  
puede dirigirse a:  
Asociación Técnica de Carreteras  
Tel.: 913082318 Fax: 913082319  
[info@atc-piarc.com](mailto:info@atc-piarc.com) [www.atc-piarc.com](http://www.atc-piarc.com)

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

# COMITÉ NACIONAL ESPAÑOL ASOCIACIÓN TÉCNICA DE CARRETERAS REVISTA RUTAS DIGITAL

www.atc-piarc.com

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

**Revista Rutas ONLINE:** Descarga de los tres últimos números de la revista, disponibles para suscriptores nacionales e internacionales

**Revista Rutas DIGITAL:** Todos los artículos de la revista, desde su primera edición en 1986, están disponibles de **FORMA GRATUITA, (LOS DOS ÚLTIMOS AÑOS SOLO PARA SOCIOS Y SUSCRIPTORES)** en una BASE DE DATOS, con un buscador de texto avanzado que permite encontrar toda información publicada en la revista de forma rápida y ordenada.

## Revistas publicadas

Última publicación de Rutas



Nº 149 - Año 2012

Buscar números anteriores Año:  N°

Buscar

Revista bimestral técnica e informativa de la AIPCR, Española, con artículos y noticias sobre las carreteras y vías de circulación, abierta a la colaboración de los técnicos y autoridades relacionadas con el sector.

Puede consultar en nuestro histórico los números editados desde el año 2002, además de reseñas y extractos de artículos incluidos en la Revista Rutas.

Si desea Suscribirse a la Revista Rutas, pulse aquí. Si desea enviar un Artículo Técnico para su publicación, pulse aquí.

Publicaciones anteriores más recientes



Nº 148 - Año 2012



Nº 147 - Año 2011



Nº 146 - Año 2011



Nº 145 - Año 2011

## Buscador de artículos

Buscador Avanzado

Introduzca el término que desee buscar:

Filtrar en: Todos los campos

(\* Mínimo 3 caracteres. Para buscar en palabras claves, sepárelas con "comas" (,))

Sección:

--- Seleccione ---

Colección:

--- Seleccione ---

Entre los años: (\*)

--- Seleccione --- y --- Seleccione ---

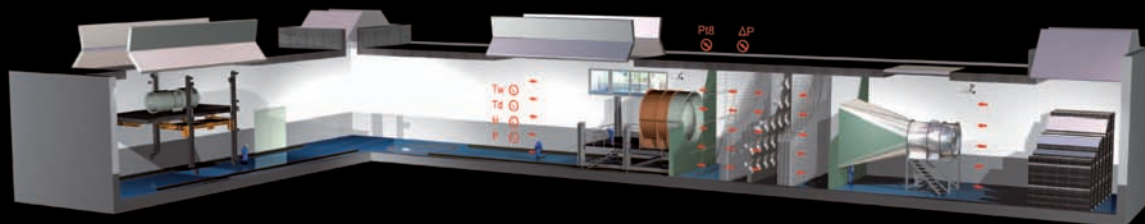
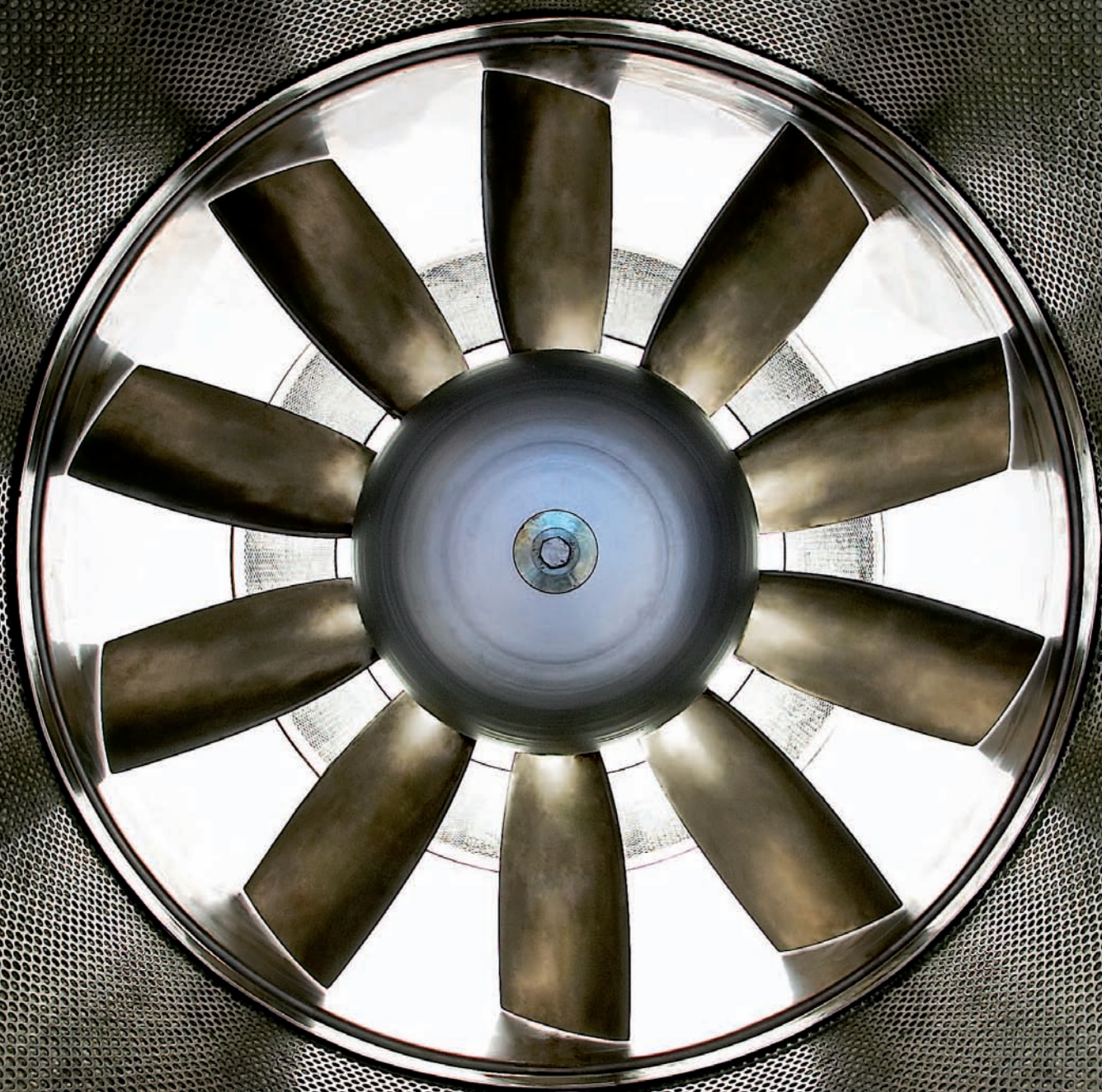
Buscar

\* Introduzca los años cronológicamente. (Ejemplo: 1990, 1991...)

Buscador Avanzado



All you need is  **zitrón**



"The biggest certified test tunnel in the world"

## The result of our experience

Over 45 years of experience, a high degree of technological competence and highly qualified staff endorse our work which is among the most valued and acknowledged in our sector.

[zitrón@zitrón.com](mailto:zitrón@zitrón.com)  
[www.zitrón.com](http://www.zitrón.com)