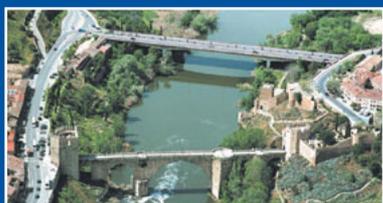


## **Tribuna Abierta**

**Nuevos retos para  
el sector  
de la construcción:  
eficiencia  
y comunicación**

## **Rutas Técnica**

**Puentes  
de Carreteras.  
Comentarios**



**Susceptibilidad de un  
desmante en cuanto  
a su estabilidad.  
Propuesta de un  
índice de calificación**



**La velocidad, base  
del trazado**

**Eficiencia energética  
y ahorro de costes  
en instalaciones  
de túneles**

## **Simposios y Congresos**

**XII Jornadas de  
Conservación  
de Carreteras**



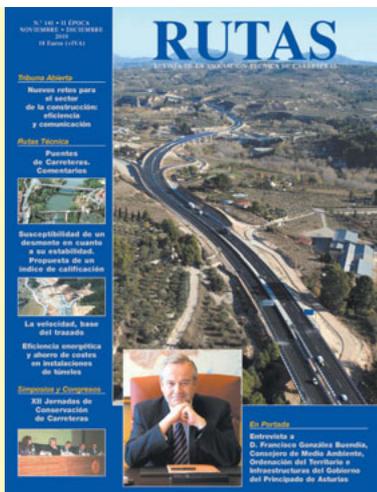
## **En Portada**

**Entrevista a  
D. Francisco González  
Buendía, Consejero de Medio  
Ambiente, Ordenación del  
Territorio e Infraestructuras  
del Gobierno del Principado  
de Asturias**



## BETÚN MEJORADO CON CAUCHO: UNA APUESTA TECNOLÓGICA DE PROAS EN SU COMPROMISO CON LA CALIDAD Y EL RESPETO POR EL MEDIO AMBIENTE.

Cincuenta años de innovación dentro del sector del betún dan para muchos logros. Pero, aunque estamos muy orgullosos de todos ellos, nada nos satisface tanto como ser la primera compañía española en suministrar industrialmente betún mejorado con polvo de caucho, procedente de neumáticos fuera de uso (NFUs). El resultado, un betún estable de la más alta calidad y con un claro beneficio para el medio ambiente. Con ello, no sólo conseguimos estar al servicio del cliente, sino también nos ponemos al servicio de la naturaleza. **Y eso nos hace aún más líderes.**



# RUTAS

Revista de la Asociación Técnica de Carreteras

Nº 141- II Época - Noviembre-Diciembre 2010

## Edita:

ASOCIACIÓN TÉCNICA DE CARRETERAS.  
Monte Esquinza, 24, 4.º Dcha.  
28010 MADRID  
Tfno.: 913 082 318 - Fax: 913 082 319.  
www.atc-piarc.com

## Presidente:

Roberto ALBEROLA

## Comité de Redacción:

**Presidente:**  
Roberto ALBEROLA

## Vocales:

José ALBA GARCÍA  
Francisco CAFFARENA LAPORTA  
Alfredo GARCÍA GARCÍA  
Federico FERNÁNDEZ ALONSO  
José María IZARD  
Carlos JOFRE  
Sandro ROCCI  
Manuel ROMANA  
Antonio RUILOBA  
Margarita TORRES  
Carmen VELILLA

## Directora Técnica:

Belén MONERCILLO DELGADO

## Director Ejecutivo:

Vicente BARBERÁ

## Redacción, Diseño, Impresión, y

## Distribución:

### V. Barberá, S.L.

D. Ramón de la Cruz, 71, Bajo Dcha.  
28001 Madrid. Tel. 913 092 471  
Fax: 913 091 140.

## Jefatura de Redacción:

Juan VAQUERÍN  
redacción@revistarutas.es

## Coordinación y Planificación:

María Luisa BRIZ

## Departamento de Publicidad:

Adela GARCÍA.  
Tel.: 914 024 972  
publi@revistarutas.es

## Fotomecánica:

Magister

Imprime: Grafistaff

Depósito Legal: M-7028 - 1986.

**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.**

## En este número

# S u m a r i o

**Nuestra portada:**  
Vista aérea del tramo  
Cocentaina-Muro de Alcoy  
de la Autovía A-7.



## Tribuna Abierta

- 3** Nuevos retos para el sector de la construcción: eficiencia y comunicación, *por el Comité de Redacción.*

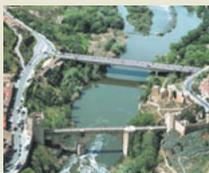
## En Portada

- 4** Entrevista a D. Francisco González Buendía, Consejero de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio e Infraestructuras del Gobierno del Principado de Asturias, *por la Redacción.*



## Rutas Técnica

- 11** Puentes de Carretera. Comentarios, *por Ramón del Cuvillo Jiménez.*
- 16** Susceptibilidad de un desmonte en cuanto a su estabilidad. Propuesta de un índice de calificación, *por el grupo de trabajo "Gestión de Desmontes" del Comité de Geotecnia Vial de la Asociación Técnica de Carreteras, constituido por: Miguel Fé Marqués, José Manuel Martínez Santamaría, Manuel Rodríguez Sánchez y Fernando Román Buj.*
- 29** La velocidad, base del trazado (I), *por Sandro Rocci.*
- 39** Eficiencia energética y ahorro de costes en instalaciones de túneles, *por Manuel Alberto Abella Suárez, Ignacio García-Arango Cienfuegos-Jovellanos y Fernando Hacar Rodríguez.*



## Inauguraciones

- 45** El Ministerio de Fomento pone en servicio la Variante de Ayllón (N-110), *por Rafael Rodríguez.*

## Autovías del Estado

- 49** Finalizado el tramo Cocentaina-Muro de Alcoy de la Autovía A-7, *por Vicente Ferrer Pérez.*



## Simposios y Congresos organizados por la ATC



- 54** XII Jornadas de Conservación de Carreteras, *por la Redacción.*
- 65** Jornada técnica sobre: Experiencias recientes en estructuras de tierra para infraestructuras viarias.

## Nombramientos

- 66** José Blanco preside la toma de posesión de los nuevos Directores Generales de Carreteras y de Transporte Terrestre.



## Premios y Distinciones

- 68** D. Francisco Achútegui y D. Ramón del Cuvillo, Socios de Mérito de la Asociación Técnica de Carreteras, *por la Redacción.*



## Fomento informa/Noticias

**COMENTARIOS:** 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.

*Inventemos el futuro*



# Un camino sólido hacia el bienestar de todos.



Las infraestructuras viales y su constante mejora constituyen el motor del progreso que nos permite a todos aumentar nuestra calidad de vida, aportándonos seguridad, ahorro de tiempo y comodidad. Por eso trabajamos para facilitar la vida de las personas que recorren con nosotros el camino hacia el futuro y el bienestar.

REPSOL YPF Lubricantes y Especialidades, S.A.  
Glorieta Mar Caribe, 1. 28043 Madrid.

Más información en [repsol.com](http://repsol.com)

## Nuevos retos para el sector de la construcción: eficiencia y comunicación

**L**a durísima y ya incontestada crisis que afecta a la economía general de España se está reflejando de forma muy particular y grave en el sector de la construcción, tanto inicialmente en el ámbito de la edificación, como más recientemente en el de las infraestructuras de toda índole.

En crisis anteriores, diferentes también por diversas circunstancias, el sector de la construcción se presentaba como uno de los instrumentos básicos para superar las situaciones que entonces se producían. La corrección de los acusados déficits de viviendas, equipamientos e infraestructuras que afectaban a nuestro país en aquellos momentos ofrecían grandes oportunidades de desarrollo de actividades que crearan empleo y riqueza. La extraordinaria aportación de fondos europeos europeos, por una parte, y el gran esfuerzo inversor que nuestros diversos gobernantes supieron instrumentar en las dos últimas décadas han llevado a España a unas dotaciones estimables en tales campos del patrimonio público, que hoy están contribuyendo a una mejor eficiencia de nuestro sistema productivo general y a paliar los perniciosos efectos de la crisis económica.

Pero en esta crisis nos encontramos en el sector de la construcción de infraestructuras con dos diferencias de importancia: ya tenemos mucho hecho, aunque no todo lo necesario; y por otra parte es está creando una imagen en la Sociedad de que el sector está en el origen de nuestros problemas económicos, y que hay que dar por terminado es esfuerzo inversor en este campo.

Es indudable que, en los escenarios socioeconómicos en que estamos y en los que vamos a continuar con toda probabilidad, cualquier inversión en dotación de carácter público ha de abordarse con el mayor rigor, desarrollando sólo proyectos de rentabilidad directa y contrastable, y aparcando otros objetivos de efectos limitados

cuando no dudosos. A la vez, los proyectos que se justifiquen deben incorporar soluciones eficientes, proporcionadas e innovadoras.

En particular, en el ámbito de los transportes, resulta imprescindible y urgente abordar un nuevo instrumento riguroso de planificación que considere tanto las nuevas circunstancias económicas como la necesidad de completar las infraestructuras actuales en orden a llevarlas a los máximos niveles de eficiencia y rentabilidad. España no tiene, ni mucho menos, resueltas todas sus históricas carencias, y sería una grave irresponsabilidad cerrar de forma abrupta e injustificada un proceso que viene aportando grandes beneficios a los españoles en general, amén de haber contribuido a desarrollar un potente y capaz entramado empresarial y de profesionales, que es un patrimonio que nuestra Sociedad no debería dilapidar. Con dimensiones y características diferentes a lo acontecido en procesos análogos anteriores, de nuevo debe contarse con la contribución del sector de la construcción como colaborador esencial para superar la difícil situación social y económica en que nos encontramos.

En la Sociedad en que nos ha tocado vivir, los medios de comunicación (empresas y comunicadores) son agentes importantísimos tanto en la creación de opinión como en la influencia en las decisiones de los gobernantes. El sector de la construcción (administraciones, consultores, constructores, industria auxiliar, etc.) tiene en este campo de la información y de la comunicación mucho camino que recorrer, empezando por colaborar en acercar a los ciudadanos la información relativa a las actividades que desarrolla y contribuyendo a dar a conocer los efectos de las obras que construye. Información y participación deberían ser nuevas apuestas en las que apoyar la necesaria continuidad de nuestras infraestructuras, evitando así el desarrollo de estados de opinión negativos para el sector y para la Sociedad en su conjunto. ■

Entrevista a

## **D. Francisco González Buendía, Consejero de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio e Infraestructuras del Principado de Asturias**



**L**icenciado en Derecho por la Universidad de Oviedo en 1976, D. Francisco González Buendía es Técnico de Administración General de la Diputación Provincial de Valladolid y del Ayuntamiento de Gijón. El 17 de agosto de 1999 fue nombrado Director General de Ordenación del Territorio y Urbanismo del Principado de Asturias y el 7 de julio de 2003 Consejero de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio e Infraestructuras del Gobierno del Principado de Asturias.

Además, ha sido Profesor de la Escuela Universitaria de Relaciones Laborales de Gijón y de la Escuela de Práctica Jurídica del Ilustre Colegio de Abogados de Gijón. Como Abogado, ha sido asesor y director de diversos equipos de planeamiento urbanístico. Así mismo es miembro de la Asociación Española de Técnicos Urbanistas. Finalmente hay que destacar que ha participado como ponente y conferenciante en diversos másters, reuniones y jornadas científicas.



Para nuestro entrevistado, en Asturias con una gran parte de su espacio protegido, y que se define como un "Paraíso Natural", la protección del territorio a través de obras sostenibles y con calidad medioambiental es fundamental. En la foto se aprecia uno de los voladizos que se hicieron en la remodelación de la carretera entre Arenas y Niserías, y que es un ejemplo de actuación medioambiental.



### **Cómo se estructura su Consejería?**

Nuestra Consejería atua en las áreas de medio ambiente y obra pública, que son dos departamentos que sin bien, en ocasiones, han podido entenderse como incompatibles, para nuestro Gobierno son totalmente complementarios. En un territorio como el del Principado, con gran parte de su espacio protegido, y que se define como un "Paraíso Natural", la protección del territorio a través de obras sostenibles y con calidad medioambiental es fundamental. De hecho, el propio nombre de la Consejería, encabezado por el Medio Ambiente, refleja la importancia de este tema en todo el organigrama.

Recogemos todas las áreas de obra pública, como las carreteras, las obras hidráulicas, los transportes y asuntos marítimos, la ordenación del territorio y urbanismo, y a ello sumamos todas las materias propiamente medioambienta-

les, como la biodiversidad y paisaje, o la calidad ambiental.

### **¿Con qué presupuesto cuenta para este año y cómo se desglosa por sectores?**

La Consejería de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio e Infraestructuras contará para 2011 con un presupuesto de 270 millones de euros, con los que finalizaremos obras por un importe superior a los 350 millones de euros. Por supuesto que, como a todo gestor público, me gustaría contar con un presupuesto superior pero, estoy satisfecho porque estas cuentas nos permitirán mantener la gran cantidad de obra pública que tenemos en marcha, a la vez que, de forma solidaria, permitiremos que el Gobierno asturiano garantice los servicios públicos esenciales de educación, atención sanitaria y social

Por Departamentos, la Dirección General de Aguas y Calidad Ambiental cuenta con un presupuesto de 30 479 806 euros, que

permitirá mantener el esfuerzo inversor para la cualificación ambiental de Asturias y avanzar en la ejecución de grandes obras hidráulicas de saneamiento y depuración. Esta dirección general tiene previsto finalizar en 2011 un total de 19 obras por un importe de 81 635 364 euros. A ellas hay que sumar las 38 que tiene previsto acabar la Junta de Saneamiento por importe de más de 90 millones de euros, lo que hace un total de 57 obras a culminar en 2011 por importe superior a los 172 millones de euros.

En cuanto a la Dirección General de Biodiversidad y Paisaje, el presupuesto es de 17 874 857 euros. La cuantía económica asignada permite consolidar el funcionamiento de la red de Espacios Naturales (con 5 Parques Naturales de gestión autonómica ya declarados, más otros muchos espacios con distintos niveles de protección), de los programas de conservación de la biodiversidad (oso, urogallo,

quebrantahuesos,...) y de las actividades ordinarias de gestión de los recursos naturales (caza y pesca). El proyecto más singular es el invernadero del bioma tropical del Jardín Botánico Atlántico de Gijón de casi 4 millones de euros.

La Oficina para la Sostenibilidad, el Cambio Climático y la Participación tiene un presupuesto de 1 087 870 euros. Como actuaciones más significativas se elaborará el Perfil Ambiental de Asturias (informe anual basado en indicadores

sobre el estado del medio ambiente en Asturias, en la línea de los ya realizados); se pondrá en marcha el registro autonómico de organizaciones adheridas al sistema europeo de auditoría y gestión medioambiental, EMAS; y se reforzará el Observatorio de empleo verde.

La Dirección General de Ordenación del Territorio y Urbanismo cuenta con 8 050 186 euros. Esta Dirección no tiene un marcado sesgo inversor, sino normativo

La Dirección General de Transportes y Asuntos Marítimos tiene 49 359 246 euros (Puertos: 9 566 692 euros más Transportes: 39 792 554 euros). Con el presupuesto de 2011, se podrán terminar obras por importe de casi 7,6 millones de euros en Puertos, como la II Fase de ampliación del Puerto de Luanco o el acondicionamiento del puerto interior de Llanes. En el apartado de transportes, se continuará con las obras de soterramiento de las vías de FEVE en Langreo, se acabará la estación de autobuses de Navia, y se acometerá las obras de mejora del polígono de Silvota, entre otras actuaciones. En transportes se fi-



El Consejero subrayó que Carreteras es el Departamento en el que se hace un mayor esfuerzo inversor que permitirá finalizar 17 obras que suman 167 millones de euros.

nalizarán actuaciones por importe de 9,8 millones de euros.

**En 2011  
finalizarán 17  
obras, otras 30  
estarán en  
marcha y se  
adjudicarán otras  
importantes  
obras de  
infraestructura  
viaria por un  
importe de 269  
millones de euros**

Por último, la Dirección General de Carreteras tiene un presupuesto de 158 387 037 euros. Es el Departamento en el que hacemos un mayor esfuerzo inversor, lo que

nos permitirá finalizar 17 obras que suman 167 millones de euros, entre las que se encuentran el Enlace del Montico, que da acceso a la trascendental nueva Zona de Actividades Logísticas de Asturias, la ZALIA (13,3 millones de euros); los accesos al Hospital Universitario Central de Asturias, al HUCA (24,3 millones de euros); los accesos a Soto de Ribera (7,3 millones de euros); el tramo Bárcena del Monasterio-Pola de Allande; Martimporra-Nava (7,5 millones de euros); Cecos-Luiña (14 millones de euros) y parte de la denominada "Y" Bimenes, que une la Cuencas con la autovía del cantábrico.

Además, estarán en marcha en distintas fases (licitación, inicio o ejecución), otras 30 actuaciones por un importe de 500 millones de euros. En el ejercicio de 2011, también se prevén importantes adjudicaciones en infraestructuras viarias, que alcanzarán los 269 millones de euros. Son obras como los accesos a la ZALIA (147 millones de euros); Bobes-San Miguel de la Barreda (21 millones de euros); Enlace San Miguel de la Barreda (41 millones de euros); In-



Vista de una de las estructuras construidas para la segunda autovía autonómica (AS-II), que une Oviedo y Gijón.

fiesto-Campo de Caso (3 tramos: 41 millones de euros); los accesos a los polígonos de Caborana y Marianes C<sup>a</sup> de Boo en Aller (11,5 millones de euros); y la carretera entre Cenera-Riosa (7,5 millones de euros).

El presupuesto de carreteras también permitirá continuar con la conservación de la red viaria existente.

**¿De qué manera ha afectado la crisis económica actual a los presupuestos de 2011?**

Estamos hablando de una Consejería muy inversora, donde el peso del gasto corriente es reducido. Aún así, este Departamento está haciendo un esfuerzo importante en el control del gasto para centrarnos en la inversión.

Para situarles, les doy algunas cifras: Las inversiones suponen un 78,36% del presupuesto de la Consejería, es decir, cerca de 8 de cada 10 euros se destinan a inversión; y por otra parte, el gasto corriente se reduce en un 9,65%. Es un presupuesto que, como antes he comentado, responde a las ne-

cesidades económicas del momento y que garantiza la continuidad de la obra pública, de la actividad productiva y del empleo.

**¿Qué balance hace del Plan Autonómico de Carreteras 2000-2010 que finaliza este año? ¿Cuáles han sido sus actuaciones más importantes? ¿Qué ha quedado pendiente?**

El balance no puede ser más positivo ya que se han cumplido sobradamente las previsiones iniciales y el grado de cumplimiento ha sido de un 120%. En estos años hemos invertido más de 1 500 millones de euros en construir más de 1 500 kilómetros de carreteras.

Sin duda lo que yo destacaría del Plan es la modificación sustancial de la accesibilidad de toda Asturias, lo que supone poner fin al aislamiento interior de la región que como ustedes saben está configurada por multitud de valles interiores con fuertes dificultades orográficas intermedias. El Plan ha materializado una malla viaria que resuelve perfectamente la interconectividad de los mismos.

Como actuaciones más importantes cabría destacar: Autovía Minera, Autovía Oviedo-Gijón, corredor del Nalón, corredor del Aller, el eje Gijón-Candás-Luanco, Villaviciosa-Infiesto-Campo de Caso, la "Y" de Fonsagrada, etc. Sería en exceso prolijo proceder a una relación de las actuaciones realizadas.

Como actuaciones pendientes están la AS-III, Avilés-Llanera, Soto del Barco-Pravia, finalizar el corredor del Nalón hasta Puerto de Tarna, finalizar el eje Belmonte-Somiedo...

**¿Cuáles son las obras más importantes de carretera que se están llevando a cabo en este momento, con qué fines y por qué?**

En estos momentos tenemos en licitación una obra fundamental para la Comunidad Autónoma. Se trata de los accesos por carretera a la Zona de Actividades Logísticas e Industriales de Asturias, ZALIA, S.A, que cuentan con un presupuesto estimado de 147 millones de euros para construir tres tramos de autovía de 11,6 kilómetros de

longitud (11 666 m). La nueva infraestructura tiene gran trascendencia para la Comunidad Autónoma, puesto que permitirá conectar la ZALIA con los Puertos de Gijón y Avilés y con las principales zonas industriales del área central asturiana a través de las vías de alta capacidad estatal y autonómica. Por un lado, dos de los tramos darán conexión directa con los Puertos de Gijón y Avilés y con la red estatal a través de la "Y" asturiana: son los denominados Enlace Montico-Zalia y La Peñona-Zalia; y, por otro lado, con el tramo AS-II-Zalia, se habilitará la conexión de la zona logística con la AS-II, (que es la vía de alta capacidad de titularidad autonómica entre Oviedo y Gijón) y, por ella, con los polígonos industriales de Siero y Llanera.

Precisamente, también está en ejecución el enlace del Montico, que es la puerta de entrada para uno de estos accesos a la Zona Logística. Insisto en que apostamos fuertemente por estas conexiones ya que entendemos que el desarrollo de una zona logística en el centro de Asturias, unido al desarrollo de los puertos de Gijón y Avilés y al desarrollo de la autopista del Mar, que ha entrado este año en servicio, es fundamental para colocar a Asturias como un nodo fundamental para el transporte de mercancías en el eje del Arco Atlántico.

Otras obras de gran importancia que estamos ejecutando en estos momentos son la construcción de los accesos al Hospital Universitario Central de Asturias; el desdoblamiento de los túneles de Riaño, que constituye un tramo de la nueva autovía AS-III, Avilés-Langreo, que conecta la comarca del Nalón con el área central asturiana, y los polígonos de Siero y Llanera; o la construcción de la conocida como "Y" de Bimenes, que conectará el corredor del Nalón con la Autovía del Cantábrico,

**¿Cuáles son los objetivos del programa de Actuación Terri-**

### **torial de Carreteras 2009-2020?**

Este Programa está ultimándose en estos momentos, incluidas las correspondientes Evaluaciones Ambientales Estratégicas derivadas de la vigente legislación, por lo que no puedo adelantarles las actuaciones previstas. No obstante, sí le indico que no estará tan centrado en la inversión, sino que estará mucho más volcado en la conservación del gran patrimonio viario que ya tiene el Principado de Asturias. Y esto no se debe sólo a la crisis económica, sino a que la red ya está muy hecha. Por tanto la prioridad será la conservación y la seguridad vial.

El horizonte temporal del Plan será el 2020 para la mejor integración con el PEIT, cuyo periodo de vigencia concluye asimismo en el 2020, y para una mayor coordinación con las Comunidades del entorno, puesto que Galicia y Castilla y León ya presentaron sendos planes de carreteras para esta misma fecha.

**¿Qué importancia da este programa a la conservación, tan importante para las carreteras asturianas?**

En línea con lo que le manifestaba en la respuesta anterior, la conservación va a ser la estrella del PAT 2010-2020. Con el Plan Autonómico de Carreteras 2000-2010, y los anteriores, se ha estructurado el territorio de la comunidad autónoma habiéndose materializado un importantísimo patrimonio viario, por lo que se precisa una intensa actuación en conservación para evitar su descapitalización.

Por otra parte, en momentos de crisis hay que dirigir los esfuerzos a la optimización de los recursos y, en este sentido, la conservación es la actuación más sostenible. Esto que obviamente parece aplicable con generalidad, nosotros lo centraremos en los programas clásicos de conservación y mantenimiento de la red, esto es, en esfuerzos de firme, renovaciones de

pavimento, mejora de la señalización vertical y horizontal, óptima limpieza vial, tan importante en Asturias dada la exuberancia de la vegetación y los frecuentes desprendimientos de laderas de menor importancia, etc. Sin olvidar importantes actuaciones de integración ambiental de la red existente. Por decirlo de una manera gráfica para los técnicos del sector, vamos a tener que pasar de la clásica "partida alzada" para Conservación a un desglose más pormenorizado donde, de verdad, se demuestre que apostamos por una visión de la red más enfocada a estas importantes tareas de mantenimiento.

**Sin duda la financiación de las infraestructuras supone un gran esfuerzo que, en tiempos de crisis, obliga a las Administraciones a buscar otras fórmulas para evitar la ralentización de su construcción. ¿De qué forma actúa esta Consejería para resolver este problema? ¿Nos puede citar algún ejemplo?**

Esta Consejería ya viene siendo consciente de la problemática de la financiación de las infraestructuras desde antes de que surgiera la crisis. Tan es así que en el año 2005 ya apostó por la colabora-



*ción público-privada para la financiación de la construcción y conservación de la nueva autovía Oviedo-Gijón, por nosotros denominada AS-II, en régimen de concesión peaje-sombra. En 20 meses se ejecutó una magnífica obra que vertebra el área central asturiana, soporta un tráfico entre 16 500 y 32 000 vehículos día y ha descargado de tráfico a la "Y" asturiana.*

*En el momento actual también nos hemos planteado este sistema para la financiación de los accesos viarios a la Zona de Actividades Logísticas e Industriales de Asturias (ZALIA), si bien al final hemos optado por la solución de concurso de proyecto y obra con pago aplazado o diferido a 15 años. Esta actuación consiste en los accesos a la ZALIA separada en tres tramos, desde la autopista estatal A-8 en El Montico, desde la AS-19 en la Peñona y desde la AS-II en Veranes, totalizando 11,7 kilómetros de vía de doble calzada con una inversión total de 147 millones de euros.*

**Asturias, por su situación geográfica y orografía, debe afrontar graves problemas de vialidad invernal. Por ello, sabemos que prepara cada año con una especial atención es-**



Obras de construcción de los accesos al HUCA (Hospital Universitario Central de Asturias) cuyos trabajos ya están ejecutados en un 70% y supone una inversión de más de 24 millones de euros.

**te tema. ¿Nos puede informar sobre el Plan Nevadas 2010-2011 y qué destacaría de él?**

*El Plan ante el Riego de Nevadas del Principado de Asturias 2010-2011 es, sobre todo, una competencia de la Consejería de Presidencia, que contempla un dispositivo compuesto por 82 vehículos y 9 puntos de almacenamiento y distribución de sal. Este plan, que fue activado el 1 de noviembre de 2010 y hasta el 30 de abril de 2011, tiene como objetivo*

*garantizar la seguridad de las personas y sus bienes ante la posibilidad de que se presenten condiciones meteorológicas adversas durante la época invernal. Además, pretende también, fomentar y divulgar las medidas de prevención y autoprotección ante situaciones de riesgo ocasionadas por nevadas y olas de frío.*

*Para garantizar la atención de este tipo de emergencias, se contempla un dispositivo integrado por 82 vehículos de viabilidad invernal*



Enlace de Ceares en la AS-1, primera de las autovías autonómicas del Principado de Asturias.

de diferentes características: 38 pertenecientes a la Consejería de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio e Infraestructuras; 39 a distintos ayuntamientos y 5 a mancomunidades de municipios. A estos recursos se suman los medios que aportan la Administración General del Estado y las empresas concesionarias para el mantenimiento de las carreteras bajo su titularidad.

Asimismo, para este ejercicio, la Consejería de Medio Ambiente ya ha adjudicado a la empresa Ibérica de Sales el contrato de suministro de sal con destino a las distintas zonas de conservación, para el tratamiento preventivo contra el hielo en la red de carreteras del Principado dependientes de la Dirección General de Carreteras. El contrato tiene un importe total de 428 906,4 euros.

Pero sobre este asunto, lo que más me gustaría resaltar es la gran labor que desarrollan las brigadas de conservación de la Dirección General de Carreteras y ensalzar el trabajo del equipo humano que, diariamente, durante todo el año y en cualquier situación meteorológica, garantiza la calidad de la circulación en nuestra extensa y dispersa red viaria.

**¿Qué actuaciones por parte de la Administración central destacaría por su importancia para Asturias en materia de carreteras?**

El proyecto de Presupuestos del Estado para 2011 sitúa a Asturias como la segunda comunidad autónoma con mayor inversión real per cápita, un 44% superior a la media de España. Asturias recibe 513 euros por habitante, frente a los 356 de media en el país. Estas cuentas permiten continuar con las grandes obras de infraestructuras en marcha e iniciar también importantes actuaciones ferroviarias y medioambientales. Por ejemplo, más de 448 millones de euros se destinan a las comunicaciones, con cuantías para todos los tra-



Fotomontaje de un viaducto sobre el río Caudal y las vías FEVE, de tipo atirantado, en los nuevos accesos a Soto de Ribera.

mos de la Autovía del Cantábrico y la Alta Velocidad. Es en ese marco en el que debemos hacer el análisis sin olvidarnos de la evolución presupuestaria de estos años, ya que hasta 2009 la inversión total del Estado en Asturias evolucionó al alza.

**El Medio Ambiente es un tema de capital importancia para Asturias y, por lo tanto, para esta Consejería. ¿De qué forma se interrelacionan carretera y medio ambiente en el Principado? ¿De qué forma se condiciona la creación y conservación de infraestructuras?**

Ya les comenté al principio de nuestra charla que el medioambiente preside todas nuestras políticas y tiene gran peso en nuestras actuaciones. Para ejemplificar este tema, me gustaría citarles dos obras de las que me siento especialmente orgulloso: una es la carretera que bordea el Cares desde Arenas hasta Panes, en el oriente asturiano, donde el trazado se proyectó y la ejecución de la obra se realizó con un exquisito cuida-

do hacia el río, aunque tuvo un coste económico adicional; y por otra parte, en el otro extremo geográfico, en el suroccidente, la obra del túnel del Rañadoiro, que llevó parejas medidas compensatorias para no afectar a especies como el oso o el urogallo.

**¿Desea añadir algo más?**

Me gustaría terminar destacando el papel de la conservación viaria, dado que nuestro objetivo es también contribuir en la medida que nos sea posible a incrementar la seguridad vial en nuestras carreteras. Conocidos son los tres factores clásicos que proporcionan la seguridad o inseguridad en las carreteras: el vehículo, el conductor y la propia infraestructura. Nosotros trabajaremos para mejorar esta última, que es la única sobre la que podemos actuar y pondremos todos los esfuerzos para que con mejores carreteras, disminuya progresivamente la siniestralidad en nuestra red.

**Tras estas palabras, agradecemos al Consejero la atención recibida. ■**

# Puentes de Carretera. Comentarios



Puentes sobre el río Tajo. Foto Paisajes Españoles.

Ramón del Cuvillo Jiménez  
Dr. Ingeniero de Caminos,  
Canales y Puertos.

## Resumen

Con la razonable brevedad de espacio y tiempo se recogen en este escrito tres comentarios referidos siempre al pasado, pero con el deseo de recuerdo y utilidad en el futuro. El primero es una reflexión, seguramente obvia, con ejemplo propio. Los comentarios siguientes son resúmenes de escritos inéditos, sin terminar. El primero se refiere al contenido de un artículo de “trenes de carga”, y el segundo, a la conservación y gestión de puentes de carretera, desde la Administración. Siempre, en el pe-

riodo de los siglos diecinueve y veinte, ya que los acontecimientos más recientes necesitan un cierto tiempo neutral y experimental para ser enjuiciados y comentados.

**Palabras clave:** Puentes, MOP, conservación, sobrecargas.

## Unidad del Puente

La acepción “obra de paso” nace definida en el núm. 3, DEFINICIONES, de la “Instrucción relativa a las acciones a considerar en el proyecto de Puentes de Carretera” 1972, grupo de trabajo de la comisión nombrada el 25 de noviembre de 1969, formado, con simple apellido, por Fernández Oliva (Presid.), Cuvillo, Fanlo, Fernández Casado, Morano, del Pozo, Rodríguez Borlado, To-

rraja C. y Blasco Vilatela (Secr.). El significado de la palabra “Puente”, como obra de paso y por su uso, se ha generalizado con la única posible excepción de “Pasarela”.

El puente es alzado y cimiento. El alzado, parte visible, tiende siempre a acaparar ciencia e historia. El cimiento o cimentación, parte oculta, se coloca en segunda fila.

Si en principio se llegaba a un equilibrio entre el alzado que la visión convierte en más importante y el cimiento que busca la roca, un trazado más funcional y necesario rompe este equilibrio. A la vez se hacen posibles mayores vanos, nuevas estructuras y materiales, y cimentaciones más difíciles.

El alzado, aislado o en el paisaje, llena libros y tantas otras cosas, mien-

tras el cimiento, ciencia del terreno y de su oculta estructura, se impone por su dificultad o coste. Vuelve a ser preciso un equilibrio entre ambos y que el cimiento se muestre en el lugar que ocupa en el puente.

Pueden tener interés o curiosidad, como testigo de los hechos, algunos de lo sucedido en los tres primeros puentes atirantados de nuestro país, Rande, Barrios de Luna y Ayamonte, no incluyendo el de la Salve, en Bilbao, primero de carretera y el acueducto estructural de Tempul sobre el río Guadalete.

En el puente de Rande tuvo que cambiarse el procedimiento de cimentación, aprovechando, de forma ingenieril, elementos dispuestos para otro cometido. La importante luz del vano principal del puente de Barrios de Luna se debe a la dificultad técnica y por tanto económica de realizar cimentaciones en pilas intermedias. En el puente de Ayamonte sobre el río Guadiana, frontera con Portugal, surgieron problemas inesperados sobre todo en la cimentación de la pila principal, en la margen española.

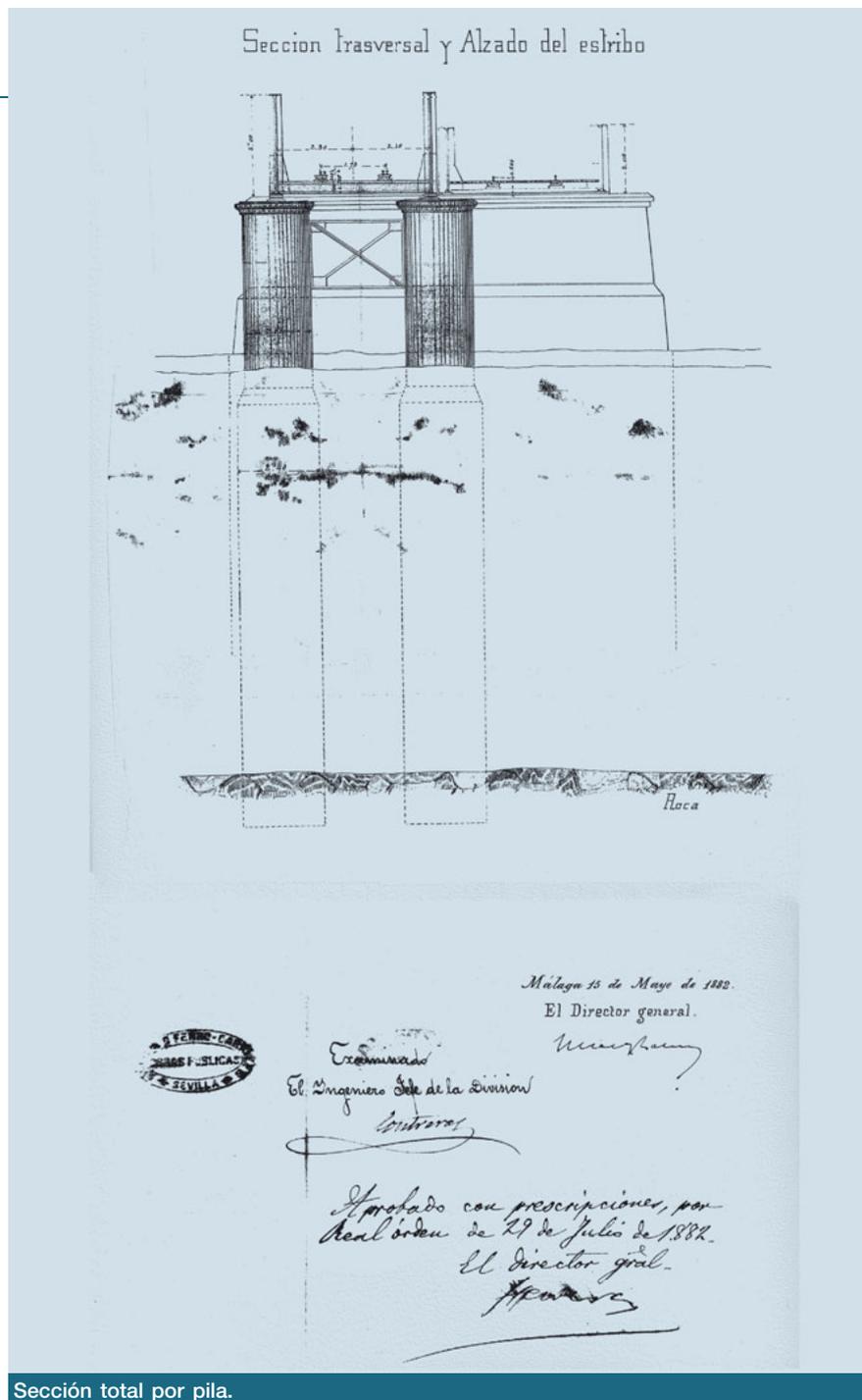
En los tres casos las cimentaciones tuvieron importancia de gran calado, quizá mayor que en lo visible y, sin duda, sin posible fotografía.

Mientras no se muestre el puente como unidad y la mayoría de la sociedad no reconozca la realidad, no se logrará el deseado equilibrio económico, durable e incluso estético, y ello por buscarlo sólo en el alzado.

Son de agradecer y acertados los intentos y actuaciones recientes que tienden a considerar esta unidad del puente; alzado y cimiento.

### Trenes de carga

En la ROP núm. 3 424, de septiembre 2002, págs. 39 a 50, se publicó el artículo "Trenes de carga de puentes de carretera", en el que se hacía referencia a Pliegos de Condiciones e Instrucciones españolas, conocidas en la fecha citada y aprobadas en los siglos diecinueve y veinte. Los comentarios siguientes son el resumen de un escrito inédito y sin ter-



Sección total por pila.

minar, en el que se intenta aclarar el contenido del artículo, evitando deducciones erróneas y aclarando, en lo posible, varias situaciones históricas.

Es muy conocida la influencia de la técnica francesa en el siglo diecinueve precisamente en lo que a continuación se comenta. Sin embargo, el Pliego de condiciones generales y el particular para la construcción del puente de carretera en Menjíbar es de 1843, y con prueba de carga definida, mientras que en Francia hay que esperar al Reglamento para puentes de carretera de 1869 que fije las cargas de prueba.

Parte importante de los Pliegos

españoles de "puentes colgados" deben tener origen francés, donde se desarrolló enormemente esta tipología y elementos de construcción y a la que dedicaron el Reglamento de 1970, debido a la escasa durabilidad y desastres de los mismos, con una "vida media" de quince años y costoso mantenimiento. La carga fijada en el Pliego del puente de Menjíbar no puede extenderse a otro tipo de puentes, incluso a otros colgados, dado el origen del pequeño valor de las citadas cargas, causa añadida también al mal comportamiento estructural de esos puentes.

"El Modelo de Pliego de Condicio-

nes” de 1878, dedicado a PUENTES DE HIERRO, es también de origen francés y corre una suerte análoga a la del Reglamento de ese país (1869). Se trata de un documento “modelo” organizado en su contenido que fue muy discutido y criticado en cuanto al Artículo 41. “Pruebas”, por la complejidad de realización de las mismas y el excesivo peso de las cargas.

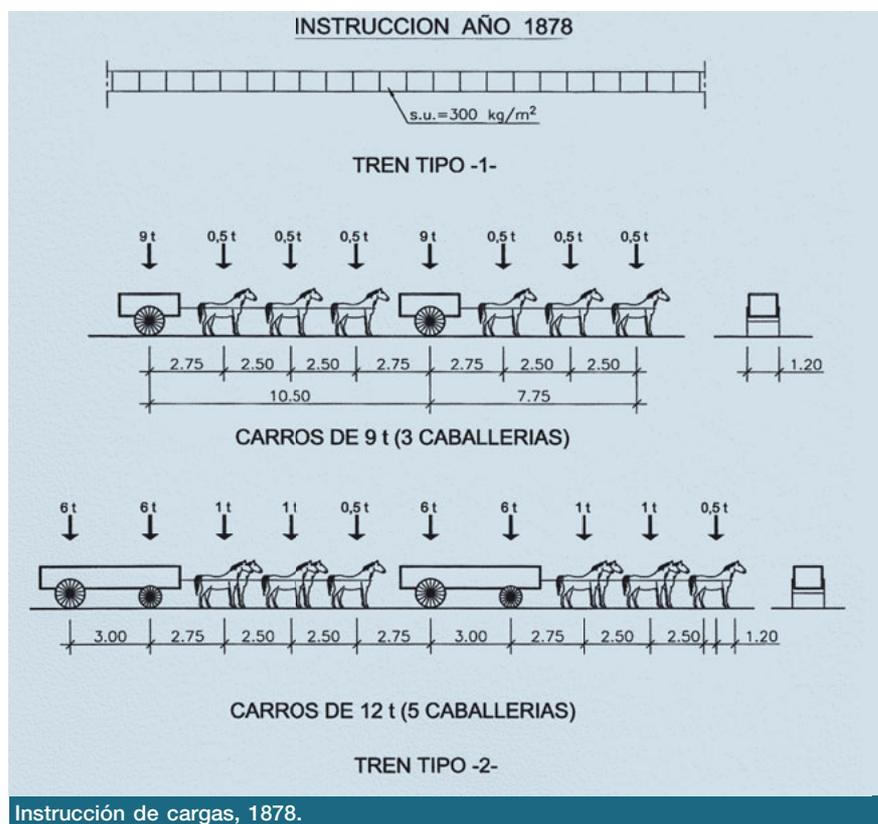
Dada la dificultad de conseguir las exigentes cargas, incluso el tipo de los carros, y todo ello y frecuentemente con muy diferente orografía a las llanuras del vecino país, sería fácil que se supusieran en proyecto menores cargas que no podían ser superadas en servicio.

Ejemplo de duda creada por el Art. 17 del Pliego fue la consulta hecha por el ingeniero Jefe de Barcelona, que dio lugar a un dictamen de la Junta Consultiva de Caminos, Canales y Puertos, y Orden de 1885 del Director General interino, Mariano Catalina, con la interpretación que debía darse al citado artículo.

En 1893, por Real Orden se dictaron algunas adiciones relativas a la calidad de los aceros del Pliego anterior. En 1896 se crea una Comisión formada por Álvarez Núñez (Presidente), Freart, Mancebo, Petit, Mendizábal y Gartelu, encargada de revisar el Pliego de 1878 ante la reconocida “necesidad de introducir modificaciones y suplir las deficiencias que se habían advertido...”.

Aunque no puede olvidarse la influencia, no decisiva, de la circular francesa de 1891, la citada Comisión elaboró una primera importante “Instrucción para redactar los proyectos de puentes metálicos”, precedida por el Dictamen del Consejo de Obras Públicas conteniendo pocas modificaciones, efectuadas antes de la publicación de los citados documentos.

Esta Instrucción, aprobada en 1902, que sigue dedicada a puentes metálicos tanto de ferrocarril como de carreteras, debió ser bien acogida respecto de las sobrecargas, menos “penalizadoras” que las del Pliego de 1878 y más utilizadas, por tanto, hasta que empezaran a circu-



lar los nuevos vehículos y máquinas de construcción de carreteras o agrícolas. Es coincidencia que en 1902 se trataba del Ministerio de Agricultura, Industria, Comercio y Obras Públicas. Nuevos e importantes son la acción del viento, el coeficiente de impacto en ferrocarriles, los casos en que pueden prescindirse de las pruebas y los cuatro documentos que deben comprender los proyectos...

Con el fin de adecuar el Modelo de Pliego de condiciones vigente para la construcción de puentes metálicos a la Instrucción de 1902, la Comisión citada redacta dos nuevos Modelos, el de condiciones generales, aprobado en marzo de 1903 y el de las facultativas particulares, en abril del mismo año, completando con ello y en base al estudio y experiencia de nuestros técnicos, ingenieros de Caminos, la documentación precisa para la redacción de proyectos de puentes metálicos y con numerosas disposiciones de carácter general.

En cumplimiento de la orden en 1919 a los ingenieros de Caminos José Eugenio Ribera, Alfredo Mendizábal y Juan Manuel de Zafra, siguiendo un plan, cuyos detalles se han

escrito en el libro “Colecciones Oficiales de Obras de Paso de Carreteras” (2007), los citados ingenieros acuerdan realizar los cálculos de los modelos con unas nuevas cargas, diferentes de las de la vigente Instrucción de 1902, dando lugar a la publicación y, en su caso, a la aprobación de varias Colecciones en fechas anteriores a la aprobación de la nueva Instrucción para la redacción de Proyectos de Tramos Metálicos de 24 de Septiembre de 1925. El anticipo de los nuevos trenes de carga pueden confundir al calculista de puentes construidos tanto en el caso de tratarse de obras de paso de las Colecciones, como obras de los años veinte o como de obras influenciadas o no por el cálculo de las primeras.

Por Orden ministerial de 1952 se nombra una Comisión con el objeto de modificar, por anticuada, la vigente Instrucción de 1925. Abreviados trámites y hechos, es aceptado y aprobado el proyecto de una nueva Instrucción, ofrecida al Estado por Domingo Mendizábal Fernández, ingeniero de Caminos y Profesor de la Escuela Especial de I.C.C.P. “Instrucción para el cálculo de Tramos

*metálicos y previsión de los efectos dinámicos de las sobrecargas en los de hormigón armado. 1956”.*

La extensa Instrucción se refiere a los tramos metálicos para ferrocarriles de vía normal y métrica y para carreteras. En este último caso se definen dos tipos de sobrecargas. La Memoria que precede a la Instrucción, así como los detalles de la misma no tienen espacio para más comentario en este escrito.

Esta Instrucción, nacida en época difícil, se encuentra, no muy tarde, con la Orden Circular, No 177-64 P, por la que se permite prescindir de los trenes de carga números 3 y 4, de acuerdo con un razonamiento cuya explicación necesita un largo escrito. El resultado es confuso y dudosa la aplicación de los citados trenes en los proyectos de puentes ordinarios, obligando a consultar en cada caso el cálculo original en el período 1964-72, si se desea acertar con el tipo de cargas utilizadas.

Por O.M. de Obras Públicas, 25 de noviembre de 1969, se crea una Comisión para el estudio y redacción de las Instrucciones para la elaboración de proyectos y de los Pliegos de prescripciones técnicas. La citada comisión designó a un Grupo de Trabajo formado por los siguientes miembros: Fernández Oliva (Presid.), Fanlo Nicolás, Fernández Casado, Moreno López, del Pozo Frutos, Rodríguez Borlado, Torroja Cavanillas y el que suscribe este escrito, además del Secretario Blasco Vilatela. Sólo es conveniente añadir a lo expresado en el artículo de la R.O.P., citado al principio, en lo que se refiere al tren de cargas, que se presentaron dos opciones distintas: en primer lugar, según la importancia de la carretera, trenes de camiones de distinto peso con sobrecargas uniformes, y en segundo lugar y por el que suscribe, la simultaneidad de cargas de un vehículo pesado y sobrecarga uniformemente distribuida, elegida y aceptada en la Instrucción de 1972.

A esta *“Instrucción relativa a las acciones a considerar en el proyec-*

*to de puentes de carretera”*, desigualmente recibida en lo que se refiere a sobrecargas y que tuvo posteriormente ciertas confirmaciones por el modo de suponer los esquemas de cargas de tipo puntual y valor variable, simultánea con sobrecarga uniformemente distribuida, variable como la puntual, y dependientes de la longitud considerada. Ejemplo: sobrecargas del estudio de puente en el estrecho de Gibraltar por Leonardo Fernández Troyano.

En cuanto a cargas consideradas en proyecto y año de Instrucción puede quedar la duda en puentes de tablero muy ancho y calzadas distintas, lo que fue resuelto en la *“Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de Carretera”*. 1998. Dirección General de Carreteras. Ministerio de Fomento.

Quedan algunas dudas y comentarios, influyentes, sin duda, en lo que se refiere a sobrecargas verticales y que son parte de un escrito más largo y complejo.

### **Conservación, rehabilitación y gestión de puentes de carretera**

Último resumen de un escrito sobre este tema correspondiente a los siglos XIX y XX.

Nacimiento y desarrollo del tema citado, sucedido de manera *“oculta”* y casi molesta, porque conservar y mantener, acepciones no iguales, fueron tareas secundarias e incluso innecesarias en ciertas épocas con desigual éxito, al compararlo con la importancia de la construcción de las obras.

La gestión del puente se traduce en serie de sucesivas actuaciones, desde la exposición, somero estudio o recuerdo de anterior idea, seguido de mayor dedicación a su necesidad, fuente económica, antecedentes y soluciones semejantes, proyecto, ejecución y contraste con lo previsto y uso, hasta la destrucción total o cambio de uso, actuaciones de conservación, mantenimiento, inventario,

etc., todo ello tratado de forma amplia en nuestros días.

En el siglo diecinueve coinciden institución del Estado e importantes sucesos: la acertada y necesaria fundación y desarrollo del Cuerpo de ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

La Administración, bajo nombres ministrables distintos, comienza muy pronto a legislar sobre la conservación de la obra pública y, en particular, sobre la específica y diferente de los puentes. Ejemplo clásico es lo dispuesto, en 1843, sobre inspección de obra terminada y en 1846, Circular sobre conservación y policía de los puentes colgados, en la que se cita la Circular de la Dirección General de Caminos, de 1844, para la conservación y policía de las carreteras generales. Sorprende que en Francia, país originario de este tipo de puentes, con cientos allí construidos en el período 1830-1850 no se respondiera a los accidentes y daños a que dieron lugar, hasta la aprobación del propio Reglamento de 1870, con carácter de pliego de condiciones, dedicado a los puentes *“suspendidos”*, colgados o colgantes.

Entre otras interesantes especificaciones es notable la que impone llevar a cabo una inspección general del puente cada cinco años, frecuencia tantas veces propuesta en los siguientes estudios y normativas.

En 1860 suceden hechos de gran importancia relacionados con estos temas. La Dirección General de Obras Públicas dejó huella de sus trabajos en varios documentos semejantes a los desarrollados en épocas modernas. Es larga la lista referida a los puentes de hierro, tanto de ferrocarril como de carreteras.

Ejemplo notable es la extensa Circular de fin de año, del Director General José F. de Uría, en la que se detalla un *“modelo”*, hoy diríamos *“ficha”*, de cada uno de los puentes necesitados de reparación. A este grupo se añadían los que estaban, sin problemas, en servicio, así como los necesarios y por construir para con-

tinuidad de los caminos.

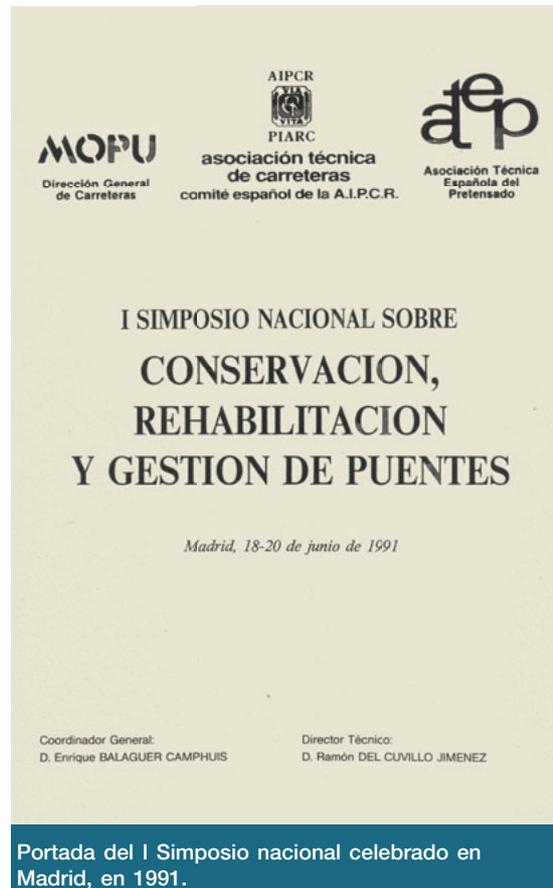
Ejemplo de la dedicación de nuestra Administración en lo que se refiere a los puentes metálicos, dada su antigüedad, el estado de los mismos por el constante aumento del número y peso de los nuevos vehículos y, sin expresarlo claramente, por la escasa o nula conservación, se ordena a las Jefaturas de Obras Públicas que comuniquen a la Superioridad, una vez realizados los correspondientes estudios y trabajos, los resultados de lo que hoy llamaríamos inspección y auscultación de los puentes.

Ante la admisión de la degradación continuada de las obras, por las razones escritas anteriores y por otras varias, los países avanzados adoptan algún sistema o procesos de conservación propios, distintos en forma y cuantía económica.

En nuestro país, las Jefaturas de Obras Públicas fueron siempre las encargadas de la vigilancia y conservación de los puentes de carretera existentes en la provincia, desarrollando un meritorio y acertado trabajo; formaban el personal y archivaban, cada una en su propio estilo, datos, fichas, fotos y demás notas de interés.

La Dirección General de Carreteras y Caminos Vecinales realizó en los años sesenta un gran Inventario de carreteras, incluyendo todas las obras de paso y ampliando los detalles de los puentes de luz igual o mayor a diez metros.

Es tiempo propicio para la formación de una nueva organización, la OCDE. 1960. París, de 24 miembros, tan distintos como Estados Unidos de América y Turquía, para la cooperación entre dichos países en temas de carreteras, con contextos económicos y capaces de mostrar a los gobiernos los resultados de los estudios realizados por los grupos de trabajo. Parece razonable la duda de que el desastre del puente Silver, en 1967, con 40-46 víctimas, fuese el principal motivo para que la



Portada del I Simposio nacional celebrado en Madrid, en 1991.

OCDE se decidiese a poner en común los diferentes temas de los puentes de carretera. No pueden olvidarse los desastres anteriores, ni los cambios de la normativa en diferentes países, suficientes para que otro organismo, anterior a la OCDE, hubiera estudiado y sentado los fundamentos para una cooperación como la realizada en el período 1972-1991 por la citada organización.

Durante este período, la Administración española estuvo siempre presente, haciendo posible que se divulgaran los conocimientos y resoluciones de los ocho grupos de trabajo de la OCDE y se cooperase en la redacción de los correspondientes ocho monografías sobre puentes.

El Director General de Carreteras, Enrique Balaguer Camphuis, ante la solicitud y necesidad de disponer de un nuevo Inventario dedicado sólo a puentes, ordenó la realización del mismo. El que suscribe, con la decidida colaboración de Luis Ortega Basagoiti, ingeniero de caminos y representante español en grupo de trabajo de la OCDE, se propuso un plan

de actuación, que fue desarrollado sin otro problema que la limitación económica y, por lógica, de un contenido relativamente sencillo aunque amplia y de cierta utilidad.

En este mismo período o época, la Administración española, el Laboratorio Central de Estructuras y Materiales del CEDEX y otras asociaciones como la ATC, organizaron jornadas y cursos, con diferentes resultados, imposible de reproducir y comentar en este espacio.

En 1988 se edita de nuevo el documento "Inspecciones principales de puentes de carretera", realizado por el Laboratorio Central (CEDEX), en conexión con el Servicio de Puentes y Estructuras de la Dirección General de Carreteras, MOPU, publicación tipo "índice" siguiendo las resoluciones de la OCDE, su ordenación de tipos de inspección y sin referencia a las "inspecciones rutinarias"

cuyo contenido depende de la organización y objeto de la propia Dirección General en cada época.

En 1991 se organiza el "Primer Simposio Nacional sobre Conservación, Rehabilitación y Gestión de Puentes", cuya portada se reproduce, y cuya publicación incluye los artículos presentados fuera de programa, que, en su totalidad, no tiene tampoco cabida en este resumen y que aún hoy día es un documento bastante estimable.

Antes de acabar el siglo veinte, límite razonable de estos comentarios, es imprescindible citar la colaboración de la empresa Torroja Ingeniería, en la adaptación, desarrollo y realización de un plan de tipo europeo, fundamentado en las resoluciones de países de la OCDE y seguramente viable en el nuestro.

Lo escrito son resúmenes, la memoria es corta. Sólo un futuro menos breve puede explicar el pasado, los hechos y los motivos. Sin pasado, no es posible el presente, ni mejor el futuro. ■

# Susceptibilidad de un desmonte en cuanto a su estabilidad. Propuesta de un índice de calificación



Autovía A-40, tramo Horcajada de la Torre-Abia de la Obispalía. Desmonte en arcillas terciarias.

*El texto que aquí se presenta es el resultado de las reuniones mantenidas por el grupo de trabajo “Gestión de Desmontes” del Comité de Geotecnia Vial de la Asociación Técnica de Carreteras, constituido por:*

*Miguel Fé Marqués, José Manuel Martínez Santamaría, Manuel Rodríguez Sánchez y Fernando Román Buj.*

### Introducción y resumen

En las obras lineales, sobre todo en las autovías y ferrocarriles de alta velocidad, las exigencias geométricas del trazado dan lugar a rellenos y desmontes que en más de una ocasión adquieren dimensiones importantes. También en

más de una ocasión, y no siempre en coincidencia con las máximas alturas, las condiciones geotécnicas y ambientales tras su excavación pueden traducirse en situaciones de inestabilidad.

Fruto de las reuniones del Grupo de Trabajo “Gestión de Desmontes” del Comité Técnico de Geotecnia Vial de la A.T.C. surge este documento, en el que se plasman algunas ideas acerca de la forma en que puede abordarse la recopilación de datos tendientes a caracterizar los desmontes de las obras lineales desde el punto de vista de su estabilidad, con la mirada puesta en que en otra fase y por terceras personas, se analice dicha estabilidad a corto y largo plazo.

Se pretende asimismo que los destinatarios de este documento sean las Administraciones, Concesionarios o Propietarios de la vía, y que pueda ser confeccionado por personas que, aunque tengan alguna formación técnica, no precisen ser expertos en geotecnia.

Es decir, no se va a investigar directamente el grado de estabilidad, los mecanismos posibles de rotura y las disposiciones constructivas que pudieran ser necesarias para aumentar su estabilidad. Este análisis no puede entrar dentro del ámbito de la Asociación Técnica de Carreteras y de su Comité de Geotecnia Vial, pues aunque la Geotecnia esté presente en todas sus actuaciones, un

documento así supondría casi de un tratado de Estabilidad de Taludes, y los datos recopilados acerca de esta estabilidad deberían ser tomados por expertos.

En este documento se abordan en primer lugar las características que influyen en la estabilidad describiéndolas por separado, no con la finalidad de que las considere el técnico que rellene las fichas, sino como explicación del contenido final de las mismas.

Un primer objetivo final es confeccionar unas fichas de cada desmonte para que, una vez cumplimentadas tras un reconocimiento visual, se pueda llegar a una primera calificación del desmonte, en cuanto a las necesidades que pudiera tener de un estudio específico de la estabilidad tras el cual se abordarían las disposiciones constructivas que la mejorarán.

Asimismo, un segundo objetivo es establecer los prolegómenos para la existencia de un documento que se confeccione con los proyectos y se revise durante la construcción, y con el que se permita un mejor seguimiento durante la vida del desmonte. Es decir, permitiría que para la inspección y cumplimentación de las fichas anteriormente mencionadas, éstas se modificaran o ajustaran específicamente al problema que condiciona la estabilidad.

**Palabras clave:** Desmontes, gestión, estabilidad, calificación, índice.

## 2. Bases de partida

Pueden establecerse las dos bases siguientes:

■ Ha existido un proyecto, con su estudio geotécnico correspondiente, que se ha traducido en una geometría del desmonte junto con unos posibles tratamientos o refuerzos para mejorar o conseguir la estabilidad. Es decir, el talud del desmonte se proyectó con la suficiente estabilidad a corto y largo plazo, al menos, manteniendo unas hipótesis de partida. Por lo tanto, a priori, el talud de desmonte es o era estable.

■ Es posible que se trate de un desmonte de cierta antigüedad, más



Autovía A-92. Tramo Huéneja-Las Juntas, km 350. Deslizamiento a mitad de la altura en talud en esquistos meteorizados y replegados.

de 40 años, y que se desconozca si tuvo un estudio geotécnico. En este caso, el talud actual ha podido sufrir a lo largo de su última vida un conjunto de alteraciones o acomodaciones que hacen que en la situación actual pueda considerarse estable.

Estas dos premisas quieren decir que no se trata de hacer en este momento un estudio de su estabilidad, sino de intentar calificarlo para ver si es necesario estudiarla o reestudiarla.

Tampoco se trata de que la persona que cumplimente las fichas tenga que ver previamente los estudios geotécnicos existentes; podrá verlos pero, en principio, no es necesario. Otra cosa es la conveniencia de que en todo proyecto, al igual que se realiza una síntesis del mismo o bien una Liquidación tras su construcción, se confeccione una ficha en la que se expongan las variables que pueden afectar a la estabilidad del talud y a su mecanismo de rotura y que puedan constituir precisamente una base de partida junto con las fichas que aquí se proponen. Esta opción de las fichas será objeto de otra fase de este grupo de trabajo.

## 3. Características geométricas

En las fichas, lo primero que hay que rellenar es la descripción geo-

métrica del desmonte. Entendemos que las magnitudes que definen geoméricamente el desmonte pueden ser las siguientes:

1. Planta:
  - a. Curva
  - b. Recta
2. Pendiente longitudinal del pie.
3. Orientación (espacial). Por ejemplo, N-170 con inclinación hacia el Oeste.
4. Pendiente media del talud (2H: 3V).
5. Bermas:
  - a. Número
  - b. Anchura
  - c. Pendiente longitudinal
  - d. Pendiente transversal
6. Alturas presentes en el desmonte:
  - a. Máxima
  - b. Mínima en más del 50% de su longitud
  - c. De banco entre bermas
7. Inclinación de la ladera por encima de la coronación.
8. Distancia del pie al arcén pavimentado.
9. Cunetón de pie:
  - a. Profundidad
  - b. Anchura
10. Cuneta de guarda en coronación:
  - a. Profundidad
  - b. Anchura
  - c. Revestida o no

## 4. Litología

Es la segunda faceta que hay que definir. No se pretende que la persona que cumplimenta la ficha tenga los conocimientos geológicos suficientes para distinguir entre las diferentes litologías. No serían rechazables, pero entendemos que la división efectuada en este documento es suficientemente sencilla para poder ser identificada en la obra. No obstante se es consciente de que en la mayor parte de los casos el técnico que está realizando el reconocimiento puede perfectamente establecer diferencias de mayor detalle.

### 4.1. Suelos

En suelos la fracción arcillosa o limosa puede condicionar el comportamiento del conjunto, siempre que los finos estén en una proporción mayor del 35%, pues a partir de esa proporción los contactos entre las partículas arenosas se realizan con la interposición de las arcillosas. De esta forma, un desmonte en arenas "arcillosas" debería incluirse en una litología arcillosa, pues entendemos que el sufijo "osa" implica un porcentaje de arcilla entre un 35% y un 50%.

En caso de que el técnico tenga conocimiento suficiente o acceso a la información que lo apoye, podrá diferenciarse en desmontes en:

1. Arcillas (A) o en conjuntos con más del 35% de arcillas.
2. Limos (M) o en conjuntos con más del 35% de limos.
3. Arenas (S) o en conjuntos con más del 65 % de arenas.
4. Gravas (G) o en conjuntos con más del 35% de gravas.

Se entiende que se trata de un desmonte que en su día fue proyectado o excavado con un talud que resultó estable a corto y medio plazo; y que ahora se trata de indicar los posibles mecanismos de rotura que se pueden dar en este desmonte en suelos para ver cuáles son las variables que inciden en estos mecanismos.

En los apartados siguientes se exponen, para cada mecanismo de rotura, los signos que pueden aparecer en el talud.

4.1.1. - *Deslizamiento rotacional (A, M, S, G).*

Se puede producir tanto en arcillas (A), en limos (M), en arenas (S) o en gravas (G), aunque es más frecuente en los primeros.

Signos visibles:

- Escalones y grietas con salto en coronación.
- Panzas en el pie.
- Arbolado volcado hacia el interior.

Fenómeno que causa el deslizamiento:

- Talud excesivo
- Agua o saturación generalizada en una amplia zona.

Aspectos que considerar en la inspección:

- Presencia de panzas en el pie
- Presencia de depresiones hacia la coronación
- Presencia de humedades generalizadas, surgencias
- Aporte de agua en coronación o por niveles permeables intermedios.

4.1.2. - *Reptaciones (A, M)*

Se dan en arcillas (A) y limos (M) fundamentalmente.

Signos:

- Sucesivas panzas y depresiones a lo largo de la pendiente del talud.
- Grietas abundantes subparalelas al pie, sin salto.
- Árboles inclinados hacia el pie y desplazados.
- Fisuración pseudo hexagonal de la superficie, clásica de suelos expansivos.

Fenómenos que pueden causarlas:

- Talud excesivo, pudiendo aparecer con pendientes de sólo 4V/15H.
- Expansividad de la denominada zona activa.
- Alteración por meteorización superficial.
- Humectación de la zona alterada.

Aspectos que considerar en la inspección:

- Presencia de panzas y depresiones a lo largo de la pendiente.
- Presencia de humedades en zonas aisladas o bandeadas.
- Grietas sin salto subparalelas al pie.

- Disposición del arbolado.

4.1.3. - *Deslizamientos planos (S, G)*

Salvo en suelos consolidados con cierto basculamiento hacia el talud o que descansan en superficies de erosión inclinadas, lo más normal es que aparezcan en suelos arenosos y de gravas.

Signos:

- Derrubios en el pie
- Árboles inclinados hacia el pie y desplazados.

Fenómenos que pueden causarlas:

- Talud excesivo
- Lavado de los finos que daban cohesión a las arenas y gravas.
- Saturación general o localizada en la que la presión de poros hace disminuir las fuerzas de fricción.

Aspectos que considerar en la inspección:

- Presencia de derrubios en el pie.
- Árboles volcados hacia el pie y o desplazados.
- Grietas subparalelas a la coronación.

4.1.4. - *Erosiones (A, M, S)*

Propios de suelos arcillosos, limosos o arenosos.

Signos:

- Cárcavas en dirección de la máxima pendiente, más profundas y estrechas cuanto más limoso o limoarenoso sea el suelo. Más anchas y no tan profundas cuanto más arcilloso.
- Erosiones diferenciales asociadas a niveles de diferente susceptibilidad. Problemas de descalces de niveles más resistentes sobre otros más erosionables.

Fenómenos que pueden causarlas:

- Agua
- Viento

Aspectos que considerar en la inspección:

- Presencia de cárcavas.
- Anchura y profundidad de la cárcava
- Punto de inicio de las cárcavas, que puede indicar la causa (por agua de escorrentía, de lluvia, por surgencias de las cárcavas).
- Continuidad
- Erosión diferencial, profundidad del descalce y descripción del nivel

descalzado.

4.1.5. - *Resumen de aspectos en los que hay que fijarse en un desmonte en suelos.*

Dejando aparte las características geométricas se resumen los aspectos a tener en cuenta en una inspección:

- Presencia de panzas o abombamientos:
  - o En el pie
  - o Repetidas a lo largo de la pendiente
- Presencia de depresiones:
  - o En coronación
  - o Repetidas a lo largo de la pendiente
- Presencia de humedades:
  - o Generalizadas
  - o Localizadas, indicar dónde
- Aporte de agua:
  - o Por la coronación
  - o Por niveles permeables intermedios, visible en forma de surgencias
- Grietas:
  - o Forma (circulares, subparalelas al pie...)
  - o Desplazamiento entre bordes
    - Movimiento en el sentido de la pendiente
    - Salto
- Presencia de derrubios en el pie.
- Arbolado movido
  - o Volcado el pie y o desplazado.
  - o Volcado hacia el talud
- Presencia de cárcavas.
  - o Anchura y profundidad de la cárcava
  - o Punto de inicio de las cárcavas.
  - o Continuidad
  - o Erosión diferencial, profundidad del descalce y descripción del nivel descalzado.

## 4.2. Rocas blandas

Estamos hablando de litologías como las siguientes:

- Argilitas
- Limolitas
- Margas
- Margocalizas
- Yesos

en las que son frecuentes las alteraciones de diferentes litologías de



Autovía A-2. Desmonte en Terciario en Arcos de Jalón.

muy distinta resistencia.

Los posibles mecanismos de rotura que se pueden dar en estos desmontes en roca blanda son los siguientes:

4.2.1. *Rotura planar a favor de la estratificación*

- Estructura desfavorable:
  - o Rumbo de la estratificación subparalelo al desmonte
  - o Buzamiento desfavorable superior a 10°
- Presencia de intercalaciones arcillosas de menor resistencia. Hacen de base impermeable que recoge las filtraciones a través de juntas verticales.
- Filtraciones de agua por estratificación que se traduce en una alteración y pérdida de resistencia de los estratos arcillosos + generación de presiones intersticiales.

4.2.2. *Deslizamiento rotacional*

- Capa exterior alterada a suelo de espesor importante
- Roturas de tamaño pequeño a medio, que van progresando hasta conseguir modificar, a medio plazo, el perfil estable del talud.

4.2.3. *Deterioro progresivo*

- Erosión o alteración diferencial con descalce de bloques
- Alteración superficial
  - o Erosión y arrastres en capa alterada
  - o Pequeños deslizamientos
- Filtraciones de agua. Efectos:
  - o Alteración
  - o Arrastre de finos
  - o Procesos de disolución

4.2.4. - *Resumen de aspectos en los que hay que fijarse en un desmonte en rocas blandas*

Dejando aparte las características geométricas resumimos los aspectos en los que hay que fijarse en una inspección:

- Estratificación:
  - o Rumbo
  - o Buzamiento
  - o Continuidad
  - o Intercalaciones arcillosas
  - o Diaclasado
- Alteración de la superficie del talud
- Presencia de deslizamientos superficiales
  - o Bloques de roca desplazados
  - o Deslizamientos rotacionales
  - o Tamaño
  - o Situación
- Procesos de erosión diferencial
- Presencia de filtraciones o humedades:
  - o Localización
    - En zonas localizadas
    - A favor de niveles permeables
    - A favor de estratos arcillosos
  - o Fenómenos de arrastre de finos
  - o Fenómenos de disolución
- Aporte de agua:
  - o Por la coronación
  - o Por niveles permeables intermedios, visible en forma de surgencias cuando aparecen en el talud.
- Grietas:
  - o Forma

- o Situación
- o Apertura
- o Desplazamiento o salto entre bordes

o Evolución

- Material caído en el pie:

o Derrubios

o Bloques.

### **4.3. Formaciones rocosas (resistentes) con juntas**

Se debería identificar mínimamente la roca y su composición mineralógica. Esto puede estar en contradicción con la premisa de que el hecho de cumplimentar las fichas de inspección pueda ser llevado a cabo por una persona no experta en litologías.

No obstante, como justificante de los aspectos en los que hay que fijarse en la mencionada inspección, creemos conveniente recordar algunos que influyen en la estabilidad de un macizo rocoso.

Por una parte está la naturaleza de cada formación. Desde el punto de vista geológico las rocas se pueden agrupar, en función de su origen, en tres grandes grupos:

- Ígneas: Su origen es debido al efecto de la cristalización de masas fundidas que finalmente forman parte de la corteza terrestre (basaltos, granitos, etc.).

- Sedimentarias: Formada a partir de sedimentos transportados y depositados que han experimentado cargas bajo esfuerzos importantes, temperatura o efectos químicos (areniscas, pizarras, conglomerados, etc.).

- Metamórficas: Se originan a partir de otras rocas por la acción de esfuerzos importantes (cuarcitas, esquistos, gneises, etc.).

Partimos de que la roca matriz no es una roca blanda, por lo que el parámetro de resistencia tiene menor relevancia que las características de las juntas del macizo. Estas familias de juntas quedan caracterizadas por las variables:

- o Dirección de buzamiento
- o Ángulo de buzamiento
- o Continuidad
- o Espaciado
- o Frecuencia
- o Rugosidad

o Apertura

o Relleno

o Estado de los bordes

o Presencia de agua

La calidad del macizo rocoso, en cuanto a resistencia de la matriz y las características de sus juntas puede venir recogido en clasificaciones como las de:

- RMR de Bieniawski
- Q de Barton y otros.
- RQD de Deere y otros.

Los posibles mecanismos de rotura que se pueden dar en estos desmontes en rocas resistentes son los siguientes:

#### *4.3.1. Rotura planar a favor de la estratificación*

Se entiende como tal la que se produce por una única superficie plana, en muchos casos coincidente con la estratificación.

Se puede producir cuando existe una fracturación dominante en la roca y convenientemente orientada con relación al talud, de forma que una determinada masa de roca pueda ponerse en movimiento.

#### Signos visibles:

o Presencia de grieta de tracción en superficie

o Familia de discontinuidades, generalmente la estratificación, con dirección de buzamiento similar al talud y menor inclinación que éste (un valor de referencia puede ser menor o igual de 1V:1H, ya que los taludes en roca generalmente tienen una pendiente mayor).

#### Fenómeno que causa el deslizamiento:

o Generación de grieta de tracción

o Aporte de agua en la grieta

o Modificación de la inclinación del talud

#### Aspectos a considerar en la inspección:

o Aparición de grietas de tracción subparalelas a la coronación del talud.

o Inclinación del plano de la estratificación con relación a la inclinación del talud.

#### *4.3.2. Rotura por cuñas*

Se entiende como rotura por cuñas la que se produce a través de

discontinuidades dispuestas oblicuamente a la superficie del talud, con su línea de intersección aflorando en su superficie y buzando hacia la zona de pie del talud.

#### Signos:

o Presencia de discontinuidades cuya intersección tenga menor inclinación que el talud (un valor de referencia puede ser menor o igual de 1V/1H, ya que los taludes en roca de forma general tienen una pendiente mayor).

#### Fenómenos que pueden causarlas:

o Modificación de la inclinación del talud

o Variación de las condiciones del relleno entre juntas

o Presencia de agua en las juntas

#### Aspectos que considerar en la inspección:

o Presencia de familias de discontinuidades

o Inclinación del plano de intersección con relación a la inclinación del talud.

o Presencia de material desprendido (tamaño y forma) en la zona del pie.

#### *4.3.3. Rotura por vuelco*

Se entiende como tal el vuelco o rotación de columnas o bloques de roca.

#### Signos:

o Presencia de familias de discontinuidades ortogonales que, convenientemente orientadas, generen un sistema de bloques.

o Apertura de juntas enclavadas, en coronación.

o Bloques numerosos caídos en el pie.

#### Fenómenos que pueden causarlas:

o Modificación del talud

o Apertura de juntas enclavadas, por decompresión.

o Aporte de agua en estas juntas. Heladas.

#### Aspectos que considerar en la inspección:

o Presencia de bloques visibles en el talud.

o Presencia de bloques caídos en la zona de pie.

#### *4.3.4. Resumen de aspectos en los que hay que fijarse en un desmonte*

en roca resistente con juntas

Dejando aparte las características geométricas resumimos los aspectos a fijarse en una inspección:

- Presencia de bloques en el talud con riesgo de caída. Bastaría con apreciar si pueden geométricamente moverse.
- Presencia de cuñas en el talud con riesgo de caída. Idem con cuñas.
- Grietas:
  - o Presencia de grietas de tracción subparalelas al pie
  - o Desplazamiento entre bordes
  - o Movimiento subparalelo al talud
  - o Salto entre bordes de grietas
- Estado de los sistemas de refuerzo (bulones, mallazos, etc.).
- Presencia de material caído en el pie:
  - o Piedras,
  - o Cuñas
  - o Bloques
- Presencia de humedades:
  - o Generalizadas
  - o Localizadas, indicar dónde
- Aporte de agua:
  - o Por la coronación
  - o Por niveles permeables intermedios, visible en forma de surgencias cuando llegan al talud.
  - o Por discontinuidades

## 5. Tratamientos y refuerzos existentes

Otro aspecto que debe anotarse es la existencia de disposiciones constructivas (y el estado de las mismas) que han sido proyectadas y construidas para garantizar la estabilidad, bien porque así lo exigía el pro-

yecto, bien porque se ejecutaron durante la obra para conseguir la estabilidad de zonas discrepantes del comportamiento general del desmonte.

Entendemos por estos tratamientos y refuerzos los siguientes:

- Anclajes
- Bulones
- Mallas guías y redes de fijación.
- Mantos de escollera
- Muros de escollera
- Drenes perforados
- Drenaje superficial

## 6. Fichas propuestas

Cada ficha llevaría, por una parte, la identificación del desmonte y los datos de su geometría; y, por otra parte, los datos necesarios para la obtención de un índice de susceptibilidad a la inestabilidad. Puede llevar una o más fotografías del desmonte.

### 6.1. Datos de geometría

Se repiten a continuación los datos anteriormente mencionados que permiten caracterizar la geometría del desmonte:

1. Planta:
  - o Curva
  - o Recta
2. Pendiente longitudinal del pie
3. Orientación (espacial). Por ejemplo, N-170-E con inclinación hacia el Oeste.
4. Pendiente media del talud (3V:2H)
5. Bermas:
  - o Número
  - o Anchura
  - o Pendiente longitudinal
  - o Pendiente transversal

6. Alturas presentes en el desmonte:

- o Máxima
  - o Mínima en más del 50% de su longitud
  - o De banco entre bermas
7. Inclinación de la ladera por encima de la coronación
  8. Distancia del pie al arcén (pavimentado)
  9. Cunetón de pie:
    - o Profundidad
    - o Anchura
  10. Cuneta de guarda en coronación:
    - o Profundidad
    - o Anchura
    - o Revestida o no

### 6.2. Fichas de susceptibilidad frente a la inestabilidad

Esta propuesta pretende llegar a un índice de susceptibilidad frente a la estabilidad del talud de desmonte inspeccionado, mediante el cómputo de los valores asignados a cada una de las variables, las cuales pueden ser fácilmente tomadas y que se describen a continuación.

Las distintas variables que se han seleccionado están agrupadas en un conjunto de bloques de celdas en las que, a cada descripción de cada variable, se le asigna un valor. Al final de cada línea de cada bloque se ha indicado el "peso" asignado a cada valor para poder sumarlo con los de otras variables de manera representativa.

Debe aclararse que es solamente el borrador de una propuesta que habrá que "rodar" convenientemente para llegar a alguna conclusión sobre su aplicabilidad.

En principio, la *tabla 1*, que aquí se

Tabla 1

DATOS DE LA GEOMETRÍA					PESO		
	0 a 10 m	10 a 20 m	20 a 30 m	más de 30 m			
Altura	5	10	20	40	1		
Inclinación media del talud	1V/2H	De 1V/2H a 1V/1H	De 1V/1H a 15V/8H	más de 15V/8H	1		
	5	10	20	40			
Inclinación ladera por encima del talud	menos de 3V/17H	menos de 3V/17H a 5V/17H	De 5V/14H a 4V/7H	más de 4V/7H	1		
	5	10	20	40			
Área de seguridad en el pie desde el firme al pie de talud	Ancho < 3 m y prof. < 1 m	Ancho < 3 m y prof. ≥ 1 m	Ancho de 3 a 5 m y prof. < 1 m	Ancho de 3 a 5 m y prof. ≥ 1 m	Ancho ≥ 5 m y prof. < 1 m	Ancho ≥ 5 m y prof. ≥ 1 m	0
	60	50	40	30	20	10	

Tabla 1 (continuación)

ESTADO GEOMÉTRICO					PESO	
Regularidad de la superficie	Continua sin irregularidades	Existen panzas y depresiones en algún punto aislado	Existen panzas y depresiones en la mayor parte de la altura		1,5	
	5	10	20			
Grietas en talud	Ausencia de grietas	Aparecen grietas subparalelas al pie de algún punto aislado	Aparecen grietas subparalelas al pie en varios puntos de la altura del talud	Aparecen grietas subver- ticales o inclinadas en algún punto aislado	Aparecen grietas subver. o inclinadas en varios puntos de la altura del talud	1,5
	0	10	20	5	10	
Grietas en el talud con desplazamiento entre bordes	Cerradas o sin desplazamiento	Con desplazamiento inferior a 5 cm	Con desplazamiento de 5 a 20 cm	Con desplazamiento mayor de 20 cm		2
	0	10	20	40		
Grietas en coronación	Cerradas o sin desplazamiento	Con desplazamiento inferior a 5 cm	Con desplazamiento de 5 a 20 cm	Con desplazamiento mayor de 20 cm		2
	0	10	20	40		
AGUA					PESO	
Surgencias de agua	Sin surgencias	Humedades localizadas en 1 ó 2 puntos	Surgencias en bastantes puntos del talud	Surgencias generaliz. en toda la pendiente		2
	0	10	20	40		
Aportes externos	Ninguno	En coronación en algún punto aislado	Escorrentía generalizada por la coronación		1	
	0	10	20			
ARBOLADO EXISTENTE					PESO	
Inclinación del arbolado	Vertical desde su raíz	Vertical a partir del tercio inf. volcada hacia el pie	Vertical a partir de la parte sup. volcada hacia el pie	Todo él volcado hacia el pie del talud	Todo él volcado hacia la coronación del talud	1
	0	5	10	20	20	
ZONAS DESPRENDIDAS					PESO	
Caídas	Sin caídas en el pie	Con algún bloque aislado caído o derrubios localizados	Bastantes bloq. o derrumbios en más del 50% de la long. del pie		1	
	0	10	20			
Zonas previsiblemente movidas en talud	Sin zonas movidas	Algunos bloq. aislados con juntas que los separan del talud y junta en su base inclinada -25° hacia el pie	Algunos bloq. aislados con juntas que los separan del talud y junta en su base inclinada +25° hacia el pie	Frecuentes bloq. con juntas que los separan del talud y junta en su base inclinada -25° hacia el pie	Frecuentes bloq. con juntas que los separan del talud y junta en su base inclinada +25° hacia el pie	2
	0	5	10	5	20	

Tabla 2

Desmante	Índice de de Susceptibilidad	Factor Área de seguridad	Factor inclinación media	Estado del desmante
A-40 01	240	30	10	Gran deslizamiento fósil activado
UTE Sella 01	177,5	30	40	Gran cuña caída
HUENEJA 01	197,5	40	5	Gran deslizamiento planar
A-2 97	105	50	10	Estable con caídas o derrubios
A-2 95	62,5	50	40	Estable con caídas o derrubios
A-2 92	42,5	60	10	Cuñas caídas
A-2 87	152,5	40	40	Cuñas caídas
A-2 51	105	50	20	Estable con pocas caídas o derrubios
A-2 45	105	50	20	Estable con pocas caídas o derrubios
A-2 44	155	60	40	Estable con pocas caídas o derrubios
A-2 42	135	40	40	Estable con pocas caídas o derrubios
A-2 34	130	60	20	Estable con pocas caídas o derrubios
A-2 32	130	40	20	Estable con pocas caídas o derrubios
A-2 11	47,5	20	20	Estable con pocas caídas o derrubios
A-2 07	120	40	10	Estable con pocas caídas o derrubios
A-2 5B	145	60	20	Estable con pocas caídas o derrubios

incluye (se insiste que es una declaración de intenciones), se refiere prácticamente a cualquier desmante de cualquier litología. En este primer borrador sólo se han tratado desmontes sin refuerzos.

Quiere destacarse que en los datos de la geometría, el factor correspondiente al área de recogida de derrubios o caídas en el pie del talud, es decir el área de seguridad, no entra en el cómputo (peso 0), pues no implica mayor o menor susceptibilidad aunque sí es importante para la toma de decisiones.

El peso que se les ha dado ha surgido como consecuencia de una primera aplicación de esta tabla a unos pocos desmontes en la autovía A-2, fundamentalmente, y en otras dos autovías. En los desmontes de la A-2 la mayor parte de las inestabilidades son debidas a erosiones de niveles arcillosos y descalces de niveles cementados suprayacentes en un terreno terciario continental.

El resultado se resume en la tabla 2.

Y si se asigna un grado de inestabilidad a cada desmante, resulta el gráfico 1.

Sin ánimo de ser concluyente, con esta ponderación de los factores resultaría que para índices mayores de 150-170, el desmante presenta una

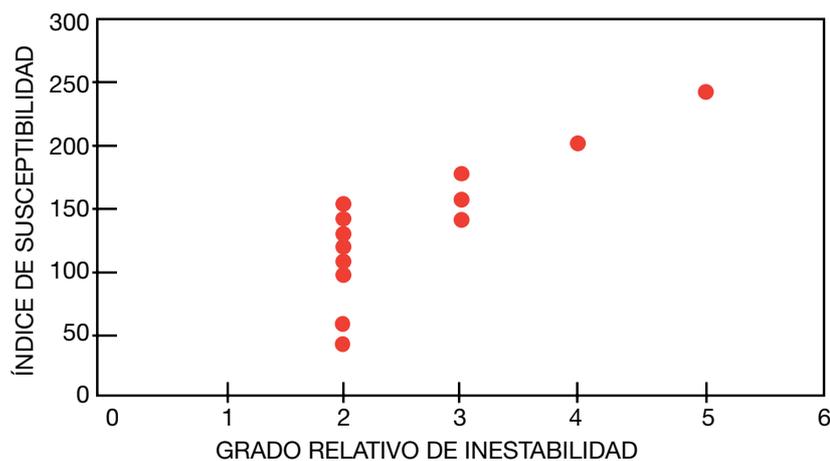


Gráfico 1

cierta susceptibilidad a ser inestable y debería ser estudiado con el detalle pertinente.

Es evidente que esta aplicación no es más que un esbozo de una más amplia que permitiría juzgar sobre la bondad de las variables manejadas y de la ponderación efectuada.

## 7. Fichas síntesis de proyecto o construcción

### 7.1. Objetivo

El objetivo de las fichas anteriores es la recopilación de los datos de un talud de forma que en una segunda fase, puedan seleccionarse los que necesiten un estudio geotécnico o seguimiento especial tal como se ha in-

dicado en el ejemplo real de aplicación.

Sin embargo, también se quiere enunciar una faceta que puede ser interesante. Y es que en los proyectos de construcción o en un documento posterior de síntesis tras la obra, se indiquen los factores que, a medio y largo plazo, el titular o gestor de la obra debería controlar para verificar que las condiciones que han determinado la estabilidad de cada talud se mantienen en un futuro.

Baste citar como ejemplo las caídas importantes hace algunos años en autopistas del Norte (A-8 y A-66) de taludes de desmante que se mantuvieron estables durante más de 30 años. En ellos las condiciones am-

bientales o las intrínsecas del propio macizo han evolucionado hasta llegar a presentar situaciones de inestabilidad. Habría sido bueno que se hubiera escrito sobre la conveniencia o necesidad de verificar determinadas hipótesis manejadas en los cálculos del proyecto.

Por ejemplo, un talud proyectado como estable frente al vuelco para un ángulo de rozamiento entre juntas de valor estimado “razonablemente alto” pensando en que las juntas críticas parecían cerradas y debieran presentar cierta cohesión, puede sufrir a largo plazo la apertura de dichas juntas en la coronación por decompresión y efecto de las heladas, con lo que la condición de vuelco se vuelve inestable. Este documento que aquí se propone indicaría que habría que observar periódicamente el estado de unas determinadas juntas junto a la coronación (las que condicionan el vuelco) e indicar si las condiciones en un momento dado varían.

## 7.2. Fichas síntesis del proyecto

Para cada uno de los desmontes importantes, el proyectista incluiría en el proyecto un apartado en el que se resumiesen las propiedades y los mecanismos de rotura tenidos en cuenta en el estudio de la estabilidad, con el fin de que durante la obra se verificase su representatividad.

Se parte de la base de que el pro-

yecto ha sido realizado correctamente y se trata de confirmarlo, pues es evidente que hay litologías, grado de importancia de las obras, plazos y presupuestos que no siempre permiten que el proyecto refleje toda esta variación con unas disposiciones constructivas válidas para cualquier contingencia.

Para un desmonte en suelos o rocas blandas, el proyectista establecería que en el estudio de la estabilidad ha tenido en cuenta las cosas siguientes:

- o Altura e inclinación.
- o Determinadas litologías y su disposición.
- o Espesor de los suelos, especialmente de los de menor resistencia.
- o Resistencia al corte considerada.
- o Presencia de agua, interna o aportada.
- o Mecanismo de rotura considerado.
- o Tratamientos de estabilización y refuerzo adoptados.
- o Secuencia de construcción (excavación y tratamientos).

Y confeccionaría una *ficha*-resumen como la que aparece en la parte inferior, en la que aparecen resaltadas en azul las propiedades o actividades que de no verificar que se cumplen en obra la estabilidad puede estar comprometida.

En desmontes en roca diaclasada la *ficha* podría ser como la que se inserta en la parte superior de la página siguiente (*tabla 4*).

Este desmonte resultaría inestable en un esquisto meteorizado, en gran parte porque se puede comportar como un suelo; en los esquistos sanos, porque se forma una cuña de clara inestabilidad que se combate con un cosido de bulones. Estos bulones se proyectan para contener los bloques que geoméricamente se pueden formar. En obra el contratista debería verificar que las familias de diaclasas son las previstas para, en caso contrario, modificar el cosido con bulones.

Otro caso en una formación parecida esquistosa, pero con una disposición de juntas que hace posible un vuelco es la *tabla 5*.

Este desmonte, de menor inclinación que el anterior, ha sido proyectado como estable frente a cualquier tipo de rotura. En el caso de la rotura frente al vuelco de la junta J1 la estabilidad está asociada a un ángulo de rozamiento que ha sido contrastado con ensayos de corte en laboratorio de 40°. Sin embargo, si el ángulo fuera de 30°, el vuelco sería posible. Por esta razón, se ha recalado en estas fichas del proyecto que las voladuras en el contorno y en sus proximidades sean suaves o con cargas bajas, con el fin de no abrir las

Tabla 3

Identificación del desmonte	D-1	P.k. 310+500 a 310+800							
Altura e inclinación	H (m)	α (°)		A corto plazo			A largo plazo		
	20	45							
Litologías y disposición Potencia de suelos Resistencia al corte considerada	Capa	Profundidad desde coronación			Potencia (m)	Cohesión c (kPa)	Ángulo rozamiento Ø (°)	Angulo Cohesión rozamiento c' (kPa)	Angulo rozamiento Ø (°)
		(m)	Descripción						
	1	0	Arcillas nodulosas		4	50	0	10	25
	2	4	Arcillas		8	30	0	0	25
	3	12	Gravas		6	0	38	0	38
4	18	Arcillas		10	30	0	0	26	
Presencia de agua. Interna o aportada	Si	12	Suponiendo hidrostático hacia abajo.						
Estabilidad y mecanismo de rotura considerado	Inestable frente a deslizamiento circular que exige el drenaje del agua de las gravas y la menor presión en las arcillas inferiores.								
Tratamientos	Drenes californianos en la base de las gravas que permiten calcular prácticamente en seco.								
Secuencia de construcción prevista	Excavación hasta 1 metro en gravas.								
	Perforación drenes y espera de 2 semanas.								
	Excavación resto de la altura.								

En azul: Actividades o valores que influyen de manera importante en la estabilidad.

Tabla 4

Identificación del desmonte	D-12 a	P.k. 318+000 a 318+150								
Altura, inclinación, dirección de la pendiente	H (m)	$\alpha$ (°)	Dir. Pend. (°)	Junta 1		Junta 2		Junta 3		
	25	62 Sur	140							
	Capa	Profundidad desde coronación (m)	Descripción	Potencia (m)	Dir. Buz (°)	Buz (°)	Dir. Buz (°)	Buz (°)	Dir. Buz (°)	Buz (°)
Litologías mazico rocoso y juntas	1	0	Esquisto meteorizado	12	180	62	45	60	10	15
	2	12	Esquisto sano	100	180	62	45	60	10	15
Presencia de agua. Interna o aportada	Sí	3	<b>Solamente afecta al esquisto meteorizado.</b>							
Propiedades resistentes de las juntas					Junta 1		Junta 2		Junta 3	
					c'(kPa)	Ø(°)	c'(kPa)	Ø(°)	c'(kPa)	Ø(°)
			Esquisto meteorizado		0	30	0	30	0	28
		Esquisto		0	35	50	35	0	30	
Estabilidad y Mecanismo de rotura considerado	Inestable frente a rotura por cuñas J1 y J2.									
Tratamientos	Gunita armada con malla y bulones en el esquisto meteorizado tanto por roca matriz como por macizo. Drenes a 5, 8 y 11 m de profundidad.									
	Bulones y malla en esquisto sano para contener cuñas.									
Secuencia de construcción prevista	Excavación por bancos para ejecución tratamientos.									
	<b>Perforación drenes y espera de 1 semana en cada fila de drenes.</b>									
	Excavación resto de la altura.									

En azul: Actividades o valores que influyen de manera importante en la estabilidad.

Tabla 5

Identificación del desmonte	D-18 b	P.k. 320+650 a 320+850								
Altura, inclinación, dirección de la pendiente	H (m)	$\alpha$ (°)	Dir. Pend. (°)	Junta 1		Junta 2		Junta 3		
	20	70 Este	90							
	Capa	Profundidad desde coronación (m)	Descripción	Potencia (m)	Dir. Buz (°)	Buz (°)	Dir. Buz (°)	Buz (°)	Dir. Buz (°)	Buz (°)
Litologías mazico rocoso y juntas	1	0	Esquisto meteorizado, suelo	1	260	56	45	60	10	15
	2	12	Esquisto cuarcítico sano	100	260	56	45	60	10	15
Presencia de agua. Interna o aportada	No									
Propiedades resistentes de las juntas					Junta 1		Junta 2		Junta 3	
					C'(kpa)	Ø(°)	C'(kpa)	Ø(°)	C'(kpa)	Ø(°)
			Esquisto meteorizado, suelo		0	30	0	30	0	28
		Esquisto cuarcítico sano		0	40	50	35	0	30	
Estabilidad y Mecanismo de rotura considerado	<b>Estable frente a rotura por vuelco de cuña J1 por ángulo de rozamiento (40°)</b>									
	Estable frente a cuñas y deslizamientos planares.									
	Estable frente a rotura por vuelco de cuña J1.									
Tratamientos	Bulones y malla guía en zonas aisladas.									
Secuencia de construcción prevista	Excavación por explosivos.									
	<b>Voladuras suaves en contorno. Carga controlada y pegas no excesivamente grandes en las proximidades del contorno.</b>									

En azul: Actividades o valores que influyen de manera importante en la estabilidad.

Tabla 6

Identificación del desmorte	D-1	PK 310+500 a 310+800	PROYECTO				CONSTRUCCIÓN	
Altura e inclinación	H (m)	$\alpha(^{\circ})$			A corto plazo	A largo plazo		
	20	45						
	Profundidad desde coronación				Cohesión	Ángulo	Cohesión	Ángulo
	Capa	(m)	Descripción	Potencia (m)	C'(kpa)	$\phi(^{\circ})$	C'(kpa)	$\phi(^{\circ})$
Litologías y su disposición	1	0	Arcillas nodulosas	4	50	0	10	25
Potencia de suelos	2	4	Arcillas	8	30	0	0	25
Resistencia al corte considerada	3	12	Gravas	6	0	38	0	38
	4	18	Arcillas	10	30	0	0	26
								La cohesión a corto plazo parece ser menor
Presencia de agua. Interna o aportada	Sí	12	Suponiendo hidrostático hacia abajo.					
Estabilidad y mecanismo de rotura considerado	Inestable frente a deslizamiento circular que exige el drenaje del agua de las gravas y la menor presión en las arcillas inferiores.							
Tratamientos	<b>Drenes californianos en la base de las gravas que permiten calcular prácticamente en seco</b>							Los drenes no parecen funcionar y se observan humedades por encima de ellos
Secuencia de construcción prevista	Excavación hasta 1 m en gravas.							
	<b>Perforación drenes y espera de 2 semanas.</b>							
	Excavación resto de la altura.							

**En azul:** Actividades o valores que influyen de manera importante en la estabilidad.

CONCLUSIONES	
	1 Necesidad de tomar muestras de las arcillas y ejecutar ensayos de resistencia a corte y largo plazo.
	2 Recalcular la estabilidad del talud construido en condiciones secas y con agua.
	3 En su caso establecer una inspección del estado del drenaje periódicamente.
	4 Plantearse la ejecución de nuevos drenes.
	5 En caso de no mejorar del drenaje inspeccionar la aparición de grietas en coronación o en talud.
	6 Otros.

juntas J1 que teóricamente serían culpables del vuelco. Si se abren con motivo de las voladuras, son más susceptibles a la meteorización, a la helada, en suma a una merma del ángulo de rozamiento; a largo plazo podrían producirse vuelcos.

Estas fichas son un ejemplo que conducen a dejar un desmorte, tras su ejecución, en condiciones de estabilidad.

Pero se sabe que esto no es siempre posible, bien por no ser desarrollado adecuadamente en el proyecto, bien porque durante la obra hay otros muchos condicionantes que dificultan la verificación de que los condicionantes de la estabilidad no han variado.

No debería ser así pero siendo realistas, debe plantearse la posibilidad de que el desmorte tras la excavación pudiera no quedar en las mejores condiciones para garantizar

a medio y largo plazo su estabilidad.

Por esta razón se han planteado en este documento unas fichas complementarias que analicen las condiciones de las fichas de proyecto y que establezcan las bases de partida para una adecuada "gestión" del desmorte.

### 7.3. - Fichas-síntesis de la construcción

#### 7.3.1. Caso de que las fichas de proyecto existan

En este caso no habría más que revisarlas.

Un ejemplo podría ser la que aparece más arriba en la tabla 6.

En las conclusiones se establecerían las pautas a seguir durante la explotación de la obra.

#### 7.3.2. Caso de no existir las fichas de proyecto

Se trataría de crear unas fichas como las anteriores y establecer las pautas a seguir.

Sean las anteriores u otras, estas nuevas fichas-síntesis abordarían los aspectos siguientes expuestos sin un orden determinado:

- Litologías y disposición estructural existente.
- Establecimiento de las condiciones que rigen el problema de la estabilidad y mecanismo de rotura o degradación posible.
- Influencia del nivel freático y del agua de escorrentía.
- Factor de seguridad en roturas globales en caso de suelos o rocas muy tectonizadas.
- Factor de seguridad, en tanto por ciento, de combinaciones desfavorables de juntas, en rocas diaclasadas.
- Verificación mediante investigación actualizada del estado de las condiciones anteriores. Ha podido haber variaciones respecto de las contempladas en el proyecto o al ini-



Autovía de la Meseta, tramo Torrelavega-Los Corrales. Desmorte en alternancia de rocas blandas.



Autovía A-2, km 154. Caídas guiadas por malla y recogidas en cuneta.

cio de las obras tales como:

- Juntas abierta por decompresión hielo etc., disminuyendo la resistencia al corte.

- Variación de propiedades del relleno entre juntas.

- Formación de grietas de tracción.

- Juntas abiertas por técnica de excavación.

- Ciclos de humedad secado.

- Expansividad.

- Variación de geometría, descargas, erosiones...

- Análisis de la evolución posible en el tiempo de las variaciones de estas condiciones.

- Determinación del umbral a partir del cual el desmorte tiene un grado de inestabilidad inaceptable.

- Medidas adecuadas para evitar la variación desfavorable de estas condiciones.

- Establecimiento de protocolo de auscultación del desmorte y de hitos críticos.

Tanto estas fichas de síntesis como las expuestas en el apartado 6 de este artículo (las del índice de susceptibilidad) no tienen por qué ser excluyentes, sino que su confección puede llevarse a cabo en paralelo, o bien, con las fichas de síntesis se pueden ajustar las variables y ponderar las de susceptibilidad. ■

# Casi siempre creemos que la ingeniería es...



# pero la ingeniería también es...



Conducción de agua para abastecimiento de población rural (Tanzania). Foto: Elena Padial / ISF.

Instalación de una placa solar en un centro de salud (Alto Amazonas, Perú). Foto: EHAS / ISF.

Formación en Informática a agentes de desarrollo (Benín). Foto: Javier Simó / ISF.

## cuando la tecnología se pone al servicio del desarrollo humano

**Hazte socio**



**Ingeniería Sin Fronteras**

C/ Cristóbal Bordiú, 19-21, 4º D • 28003 Madrid  
Tfno.: 91 590 01 90 • Fax: 91 561 92 19  
info@isf.es • www.isf.es



# La velocidad, base del trazado (1ª Parte)

Sandro Rocci, Profesor Emérito  
Universidad Politécnica de Madrid.

## 1. Enfoque 1.1. Velocidad operativa

**E**l trazado de una carretera consta de una serie de elementos, en su mayoría fijos; sin embargo debe acomodar a un tráfico de intensidad y velocidad variables tanto en el espacio como en el tiempo; y en general los vehículos no son conducidos por profesionales, como sucede en el transporte ferroviario, aéreo o marítimo.

El componente más evidente sobre el que se refleja el comportamiento de los conductores es la **velocidad operativa**: la velocidad a la que operan o circulan los conductores que recorren los distintos elementos que constituyen la vía. Esta velocidad representa la **demanda** sobre el trazado. Es el parámetro más importante para categorizar la movilidad de una vía, pues influye en el tiempo de viaje. Se con-

sigue logrando un buen *nivel de servicio* a una velocidad lo más elevada posible.

La **AASHTO** ha definido la velocidad operativa como “*la máxima velocidad media a la que un conductor puede circular por un tramo de vía bajo unas condiciones favorables de meteorología y las circunstancias predominante del tráfico, sin rebasar en ningún momento una velocidad segura, determinada mediante la velocidad de diseño basada en un análisis de la vía por tramos*”. Esta definición no tiene una buena traducción práctica para el ingeniero, especialmente si la velocidad es reducida. Por ello algunos estudios, como los desarrollados por Krammes y otros (1), definieron la velocidad operativa... como la velocidad a la cual se observaba que operaban los vehículos!

Siempre que la intensidad de la circulación no lo dificulte, la velocidad operativa no es constante a lo largo de un tramo de carretera, ni siquiera si éste es homogéneo en cuanto a su

diseño y circunstancias. La mayoría de los conductores está dispuesta a aceptar una menor velocidad operativa donde perciban unas circunstancias evidentemente adversas, más que si no hay una razón aparente para ello. La vigilancia y sanción también pueden tener influencia en su comportamiento.

Sólo quien conduce el vehículo decide cuál debe ser su velocidad operativa, en cada momento y lugar. Esta decisión es compleja, y en ella influyen numerosos factores, variables y diversos, tanto por su distribución temporal, sino también por cómo se hallan repartidos a lo largo de la vía. Entre ellos básicamente se pueden distinguir:

**a) El tipo de carretera.** Es de esperar (y de hecho así se contrasta con los datos empíricos) que las vías de mayor rango presenten mayores velocidades operativas.

**b) Las características de la vía y de su entorno,** que no sólo determinan lo que es físicamente posible pa-

ra un vehículo, sino también lo que le parece adecuado a su conductor. Los factores relacionados con ellas son muy numerosos y, en la mayor parte de los casos, son objetivos, medibles y cuantificables; y se pueden tener en cuenta con más o menos aproximación, explicando una gran parte de la variabilidad. Influyen de manera decisiva los elementos del trazado con características estrictas, representados principalmente por:

- Las curvas en planta (sinuosidad).
- La presencia de rampas y pendientes.
  - La anchura de la plataforma.
  - La visibilidad disponible.
  - La frecuencia de nudos y accesos, etc.

c) También intervienen, aunque en mucho menor grado que las características de la vía, las del **vehículo**. Además de su tipo y su antigüedad, los principales factores que influyen en la velocidad operativa de un vehículo están relacionados con:

- Sus prestaciones, que influyen en su capacidad de aceleración, sobre todo en una rampa. Dependen de la relación entre la masa del vehículo y de la potencia de su motor: lo cual hace que sean distintas las prestaciones de los vehículos pesados de las de los ligeros.

- La interacción entre los neumáticos y el pavimento que, al movilizar un rozamiento entre ambos, permite cambiar de trayectoria o de velocidad. El rozamiento que se puede movilizar tiene, empero, un límite.

- En algunos casos, la razón entre la anchura de apoyo del vehículo y la altura de su centro de gravedad sobre el pavimento, que influyen en la posibilidad de un vuelco.

d) Constituyen un grupo bastante abstracto los factores que hacen referencia a las **características de los conductores** (personalidad, actitud, motivos, etc.) y a sus circunstancias (edad; sexo; presencia de acompañantes; historial previo de accidentes e infracciones, actitud hacia las normas de tráfico y, en particular, hacia el límite de velocidad; finalidad del desplazamiento; placer derivado de la

conducción; valoración del riesgo; valor asignado al tiempo ahorrado; costes asociados al desplazamiento; etc.). Aunque han sido muy estudiados, los resultados han sido poco claros: son subjetivos o no son cuantificables. Unos factores se han mostrado significativos en algunos estudios, pero no en otros. Por ello no resulta en general fácil tenerlos en cuenta, debido a la gran variabilidad de las circunstancias; y menos aún formular teorías generales sobre el comportamiento al volante. Esto subraya la complejidad de las decisiones de los conductores; sin embargo, éstos se mantienen dentro de unos márgenes de comportamiento que hacen que una estimación basada en factores medibles resulte suficientemente aproximada tanto para diseñar la vía, como para estimar perfiles de velocidad operativa.

También influyen las características (relacionadas con la velocidad) del tramo de carretera por el que se acaba de pasar, y la percepción de las correspondientes al tramo inmediatamente siguiente. En condiciones favorables de circulación y de entorno, los conductores pueden mantener la velocidad que juzgan más adecuada: generalmente mayor en las rectas y menor en las curvas. Contrariamente a una opinión bastante extendida, las velocidades en las curvas, por sí solas, no son un buen indicador de la distribución de velocidades en el tramo: tiene mucha influencia la proporción de alineaciones rectas o de poca curvatura.

e) La **densidad** y la composición del tráfico y, especialmente, la proporción de vehículos pesados. Según Polus y otros (II), hay una correlación negativa entre la velocidad operativa y el volumen del tráfico. En condiciones de tráfico poco intenso (por debajo de 200 veh./h), no hay relación entre el volumen del tráfico y la operación de los vehículos. En el momento en que el flujo de tráfico supera ese umbral, comienza a haber una interacción de signo negativo.

f) Las circunstancias del **entorno**: día, noche, lluvia, niebla, nieve, hielo.

g) Las **ayudas** exteriores a la con-

ducción: señalización, balizamiento, alumbrado, etc. Para concretar la velocidad operativa hay que matizar claramente las condiciones de su determinación:

- Dado que una misma vía presta servicio bajo muy diversos regímenes, se suele referir la velocidad operativa a las condiciones más óptimas y claras, que corresponden a unas circunstancias meteorológicas **favorables**<sup>1</sup> y a un **flujo libre** de los vehículos<sup>2</sup>.

- Por otro lado, hay que especificar qué usuario se considera **representativo** del grupo. En este sentido, se suele considerar como patrón el que mantiene una velocidad sólo superada por el 15% de los vehículos, la cual se asocia a la comodidad de la conducción (y *a fortiori* a su seguridad)<sup>3</sup>.

- También es necesario especificar cómo se observa y mide la velocidad. Al pasar por una sección, los vehículos lo hacen a distintas velocidades: hay una distribución **temporal** de las velocidades operativas. A lo largo de un tramo de carretera, un mismo vehículo mantiene un perfil variable de velocidad (más deprisa en los tramos fáciles, y menos en los complicados): hay una distribución **espacial** de las velocidades operativas.

Básicamente se dispone de tres opciones elementales:

1. Velocidades instantáneas en un tramo concreto de la vía. En los estudios sobre la capacidad y las condiciones generales de la corriente circulatoria<sup>4</sup> se emplean generalmente estos valores **espaciales**.

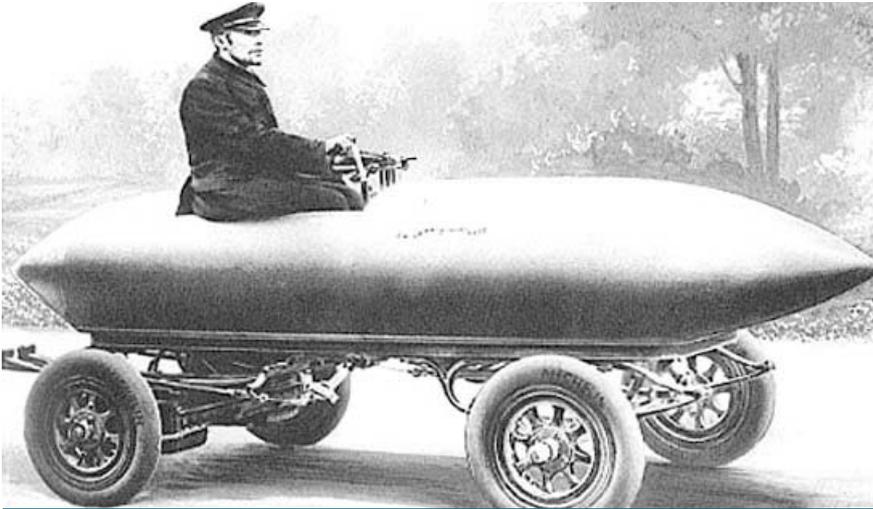
2. Velocidades de paso por una sección durante el periodo de observación. Para el diseño de la vía y en los estudios sobre las características

(1) De día y con el pavimento seco.

(2) En ese caso, se corresponde con lo que en Ingeniería de Tráfico se llama **velocidad libre**, con un intervalo mínimo de unos 5 s entre vehículos sucesivos por un mismo carril.

(3) Este planteamiento presupone la existencia de una distribución estadística de la población de velocidades, de la que se extraen muestras.

(4) Nivel de servicio y demás análisis contenidos en el Manual de Capacidad.



El primer vehículo que rebasó los 100 km/h. Era de vapor, y se le llamó “La Jamais Contente”, o sea, “la nunca satisfecha”.

de la circulación en puntos concretos (rectas, curvas, acuerdos verticales, nudos viarios, etc.), relacionados con las características del diseño, se emplean generalmente valores **temporales** que se concretan, salvo casos especiales, en las velocidades de los vehículos ligeros en situaciones próximas a las condiciones de flujo libre<sup>5</sup>.

3. Tiempos de recorrido de un tramo concreto en el periodo de observación<sup>6</sup>.

## 1.2. Velocidad de diseño

### 1.2.1. Introducción

A pesar de su aparente sencillez, el concepto de **velocidad de diseño** es bastante complejo y, por lo tanto, es importante aclarar su alcance.

Se trata de un concepto *a priori*, puesto que en muchos casos la vía ni siquiera se encuentra todavía materializada. Para su elección se atiende a un proceso de toma de decisiones, ligado a criterios y normas establecidos por el responsable de la infraestructura, donde resultan primordiales valoraciones de carácter social como la seguridad y la sostenibilidad del propio sistema de transporte viario<sup>7</sup>. La velocidad de diseño suele terminar siendo tan sólo un criterio para establecer un trazado consistente y coordinado.

Las hipótesis que se manejan para diseñar y señalar las carreteras no pueden tener en cuenta simultáneamente las características de todos los vehículos (cuyas prestacio-

nes y dispositivos de seguridad pasiva son diferentes, y cuyo estado puede ser deficiente), ni los comportamientos de todos los conductores: cualquier criterio tendrá un campo de validez limitado. Por ello, es inevitable establecer un compromiso entre las posibilidades de que los casos más frecuentes los cubra el propio diseño de la vía, y el riesgo correspondiente a los casos no cubiertos más que por el control por parte del conductor.

En la práctica, se consideran dos etapas para manejar el concepto de velocidad de diseño:

- En primer lugar, se elige una velocidad de diseño para todo un itinerario, en función principalmente de la clasificación funcional de la carretera. Esa velocidad suele ser la mínima que la política de la Administración considera aceptable.

- Posteriormente, se divide la carretera en tramos<sup>8</sup> de características homogéneas, y a cada uno de ellos se le asigna una velocidad de diseño no inferior a la mínima definida para todo el itinerario, en función de factores como el relieve del terreno, los usos del suelo, la percepción del usuario, etc.

De la velocidad de diseño dependen muchas decisiones, como las relativas a los radios de las curvas, a la longitud de los acuerdos verticales, a la visibilidad necesaria, a la anchura de la sección transversal, al tipo de

dispositivos de desagüe superficial, etc. Esas decisiones se basan en leyes físicas y en ciertas hipótesis acerca de las características de los conductores, de los vehículos y de la propia carretera: esas hipótesis suelen ser muy conservadoras, y proporcionan unos considerables márgenes de seguridad al diseño.

Debido a los problemas que se plantean si se diseñan las vías basándose exclusivamente en la velocidad de diseño, cada vez se tiende más a diseñarlas mediante criterios relacionados con las velocidades operativas, es decir: actuando directamente sobre el comportamiento del conductor a lo largo de la vía.

### 1.2.2. Historia

La velocidad de diseño tiene definiciones diferentes incluso dentro de un mismo país. Este concepto fue inicialmente desarrollado en EE.UU. en los años 30 del siglo XX, como una herramienta para diseñar en planta carreteras convencionales, de forma que la mayoría de usuarios desarrollara una velocidad uniforme a lo largo de ellas. La paulatina motorización de los vehículos a partir del comienzo de dicho siglo hizo que durante mucho tiempo tuvieran que convivir en la misma vía dos tipos de tráfico, uno motorizado y el otro no, con unas velocidades muy diferentes. Puesto que las vías existentes en esa época estaban diseñadas para vehículos no motorizados<sup>9</sup>, pronto aumentó el número de accidentes debido a su ina-

(5) Baja intensidad de la circulación, buen tiempo, luz diurna, etc.

(6) Coincide con la **velocidad de planeamiento**.

(7) La Administración dispone de dos estrategias generales: una referida a la hipótesis de una conducción responsable por parte de los usuarios (materializada en recomendaciones); y otra más paternalista, la cual puede adoptar una actitud más coercitiva o más indulgente frente a los errores de aquéllos.

(8) El concepto de tramo abarca una longitud limitada: lo que permite variar la velocidad de diseño a lo largo del itinerario, en función del entorno de la carretera perceptible por el usuario.

(9) El diseño de las vías en esa época estaba basado únicamente en la creación de rectas y curvas de radio constante, buscando la máxima adaptación posible al terreno. El diseño obtenido solía tener una muy baja consistencia, como se entiende hoy este concepto.

decuación para las velocidades de los motorizados.

En torno a 1930, Young expuso que *“las carreteras deben ser proyectadas en base a la velocidad, es decir: los tramos de las carreteras, preferiblemente los interurbanos, deberían tener curvas mayores para una misma velocidad teórica”*. Los bajos radios de las curvas se intentaban contrarrestar aumentando el peralte (sin superar un máximo).

La base para seleccionar la velocidad de diseño apareció en 1936 en los trabajos de Joseph Barnett, quien recomendó *“la velocidad de diseño de una vía convencional debería ser la máxima velocidad razonable que adoptaría el conductor más rápido de un grupo de vehículos, una vez fuera de las zonas urbanas”*. El objetivo de este razonamiento era dotar de un equilibrio al diseño de las vías: todo lo inesperado es siempre peligroso. Barnett expuso un método de diseño basado en dar un peralte derivado de las 3/4 partes del radio y cambiar el rozamiento transversal admisible. En resumen, Barnett seleccionó una velocidad de diseño adecuada basándose en un alto percentil de la distribución de velocidades operativas, mientras que Young la definió como una velocidad uniforme conforme a la mayoración de todas las curvas de la vía.

En 1938, la **AASHO** aceptó el concepto propuesto por Barnett con una modificación de la definición de velocidad de diseño: *“la máxima velocidad aproximadamente uniforme que será probablemente adoptada por el grupo más rápido de conductores, aunque no necesariamente por el pequeño porcentaje de temerarios”*. Esta modificación subrayaba la uniformidad de la velocidad a lo largo de un tramo de vía. Se pretendía seleccionar una velocidad de diseño adecuada, basada en los deseos razonables de la mayoría de los conductores, y diseñar los elementos del trazado de la carretera para acomodarse a ella. En los años cuarenta, el nuevo concepto se desarrolló en varios documentos de **AASHO**:

- *A Policy on Highway Types (Geometric)* (1940). Se determinaría la velocidad de diseño en base al relieve de la zona atravesada, a justificaciones económicas basadas en el volumen y características del tráfico, el coste de la vía, y a otros factores pertinentes como los de tipo estético.

- *A Policy on Criteria for Marking and Signing No-Passing Zones on Two and Three Lane Roads* (1940). La velocidad de diseño debería indicar la velocidad a la que los conductores deben circular en condiciones normales con suficiente margen de seguridad. Debería ser estimada midiendo la velocidad cuando la vía no está congestionada, relacionando las velocidades con el número o los porcentajes de vehículos, y escogiendo una que no sea inferior a la velocidad empleada por casi todos los conductores.

- *A Policy on Design Standards* (1941). Las velocidades de diseño serían 48, 64, 80, 96 y 113 km/h; y en cada tramo deberían estar basadas principalmente en las características de la zona, aunque el tráfico condicionara esta decisión: una vía con más tráfico presentaría una velocidad de diseño mayor que una con menos tráfico en un terreno de relieve similar.

- *A Policy on Design Standards* (1945). Se establecieron los siguientes valores estándar (km/h) para la velocidad de diseño:

Terreno	Mínima	Deseable
Llano	96	113
Ondulado	80	96
Montañoso	64	80
Urbano	64	80

**Tabla 1.2-A**

La definición de la velocidad de diseño evolucionó a lo largo del tiempo, volviéndose más abstracta. En 1954 la **AASHO**<sup>10</sup> la cambió a la siguiente: *“máxima velocidad segura que puede ser mantenida en un tramo concreto de carretera, cuando las condiciones de la circulación y del entorno son tan favorables que lo que condiciona la conducción es el propio diseño de la carretera”*. Además, añadió más información sobre la velocidad de diseño:

- La velocidad de diseño estaría relacionada con las características físicas de la vía que tienen influencia sobre la circulación de los vehículos.

- La velocidad de diseño debería ser congruente con el relieve y los usos del suelo adyacente, y con la clasificación funcional de la vía.

- Todos los aspectos de la vía deberían ser diseñados teniendo en cuenta la velocidad de diseño, con el objetivo de obtener un diseño equilibrado.

- Siempre que fuera factible, se deberían usar valores superiores a los mínimos.

- La velocidad de diseño escogida debería ser consistente con las expectativas de los conductores.

- La velocidad de diseño escogida debería ajustarse a los objetivos y hábitos de prácticamente la totalidad de los conductores.

En esta nueva definición se introdujo el término *máxima velocidad segura*; se reconoció que la velocidad de circulación (e incluso el límite específico de velocidad) podían ser superiores a la de diseño sin necesariamente comprometer la seguridad; y se dio por sentado que un conductor elige su velocidad apreciando correctamente las características del diseño. Pero como no todos los conductores están familiarizados con las repercusiones de la velocidad de diseño sobre características como la curvatura (en planta o en alzado), la distancia de detención, etc., la velocidad que elijan puede no resultar siempre la más adecuada. Bajo este punto de vista, y para disponer de un cierto coeficiente de seguridad, los límites de velocidad deberían ser algo inferiores<sup>11</sup> a la velocidad de diseño.

En 1965 la **AASHO** repitió<sup>12</sup> la definición de 1954; y en 1973 la extendió a las vías urbanas. La velocidad media de diseño era la media ponderada de las velocidades de diseño en un tramo, considerando que cada

(10) En el documento *A Policy on the Geometric Design of Rural Highways*.

(11) 10-20 km/h.

(12) En el documento *A Policy on the Geometric Design of Rural Highways*.

subtramo tenía su propia velocidad de diseño, incluso 113 km/h en rectas largas.

En 1977, Leisch y Leisch (III) consideraron a la velocidad de diseño como una representación potencial de la velocidad operativa, determinada basándose en el diseño y en la correlación de las características físicas de la vía. Era un indicador de la máxima velocidad consistente con el trazado, cercana a la máxima velocidad que un conductor podía mantener en condiciones de seguridad en situaciones de meteorología ideales y en una situación de flujo libre. Serviría como un indicador de la calidad geométrica de la vía.

En 1984, 1990 y 1994 la **AASHTO** repitió<sup>14</sup> la definición de 1954 y 1965.

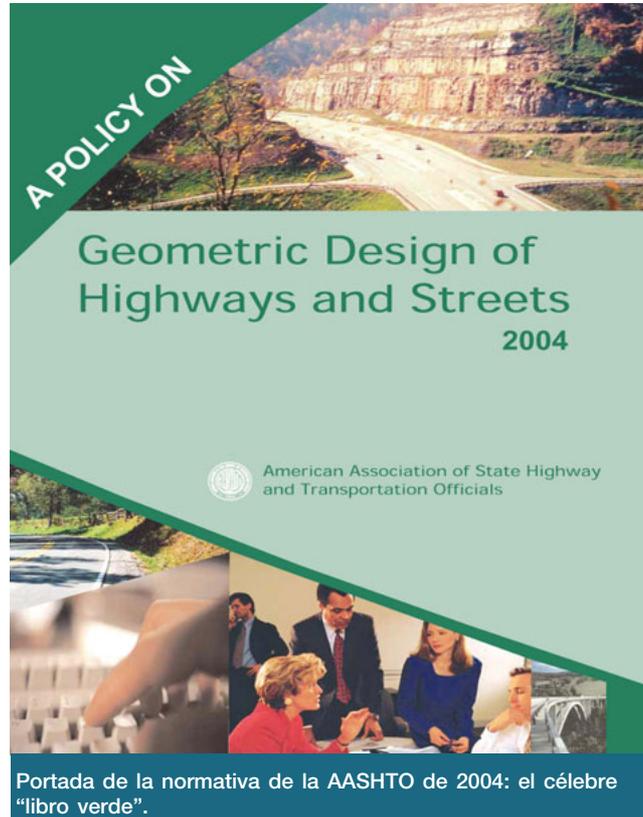
En 1988, el manual norteamericano que reglamenta los dispositivos de control del tráfico<sup>15</sup> recalca que la velocidad de diseño estaba determinada por el trazado y por la relación de las características físicas de la vía que influyen sobre la circulación de los vehículos.

La *Norma española 3.1-IC de 1999* indica que:

*“El trazado de una carretera se definirá en relación directa con la velocidad a la que se desea que circulen los vehículos en condiciones de comodidad y seguridad aceptables.*

*Para evaluar cómo se distribuyen las velocidades en cada sección, se considerarán fijos los factores que incidan en ella relacionados con la clase de carretera y la limitación genérica de velocidad asociada a ella, así como las características propias de las secciones próximas. Se considerarán esencialmente variables la composición del tráfico (en particular el porcentaje de vehículos pesados) y la relación entre la intensidad de la circulación y la capacidad de la carretera.”*

Lo anterior presupone que serán



Portada de la normativa de la AASHTO de 2004: el célebre “libro verde”.

respetados los límites genéricos de velocidad, lo cual dista de ser cierto; y define el trazado sin considerar velocidades superiores: lo cual puede dejar desprotegido, en materia de seguridad estricta, a una fracción apreciable de los conductores.

En 1997, 2000 y 2001 Fambro y otros recomendaron revisar la definición de velocidad de diseño para el Manual de trazado de la **AASHTO**, manteniendo las premisas descritas en 1954. La nueva definición recomendada era “la velocidad de diseño es una velocidad seleccionada para diseñar determinados aspectos de la vía”: una definición que resulta algo circular. El término “seguridad” se eliminó de la definición, con el objetivo de evitar la percepción de que velocidades superiores a la velocidad de diseño no fueran seguras. Esta definición se adoptó por la **AASHTO** en el *Green Book* del año 2001; y sobre su selección se dijo lo siguiente:

- La velocidad de diseño debería ser congruente con el relieve y los usos del suelo adyacente, y con la clasificación funcional de la vía.

- Excepto para las carreteras locales, habría que tratar de conseguir el

máximo grado de seguridad, movilidad y eficacia compatible con los condicionantes externos.

- La velocidad de diseño elegida debería ser consistente con la velocidad que un conductor espera del entorno, ya que aceptará de mejor grado un descenso de la velocidad si los condicionantes externos sugieren la necesidad de dicha disminución, mejor que si se lo imponen sin justificar.

- En terrenos de relieve similar, una vía de mejor rango funcional podría justificar una velocidad de diseño mayor que otra de menor importancia. En cambio, no se debería emplear una baja velocidad de diseño en una carretera secundaria, en un terreno cuyo relieve permitiría a los conductores circular a altas velocidades. Esto era debido a que los conductores ajustan su velocidad a las condiciones del entorno, mejor que a la clasificación funcional de la carretera.

mitiera a los conductores circular a altas velocidades. Esto era debido a que los conductores ajustan su velocidad a las condiciones del entorno, mejor que a la clasificación funcional de la carretera.

- La velocidad seleccionada para el diseño debería ajustarse a los hábitos y expectativas de la mayoría de los conductores.

- Otro factor que se podría considerar en la selección de la velocidad de diseño es la longitud media del desplazamiento. Para una mayor distancia que recorrer, los conductores desearían una mayor movilidad.

Debido a los problemas generados por la ambigüedad de la definición y por el amplio rango de criterios para su selección y aplicación, Krammes y Glascock propusieron añadir otra cláusula: aplicar la velocidad de diseño únicamente a curvas en planta y a acuerdos verticales, pero no a las rectas y rasantes uniformes intermedias.

(13) En el documento *A Policy on the Design of Urban Highways and Arterial Streets*.

(14) El muy conocido *Green Book* o *Libro Verde*.

(15) *Manual on Uniform Traffic Control Devices*, (**MUTCD**).

Según las últimas recomendaciones de **AASHTO**, la velocidad de diseño debería ser prácticamente coincidente con el percentil 95 de la distribución de la velocidad operativa. Sin embargo, esta velocidad de diseño es una cota inferior de las velocidades de diseño de los diferentes elementos: habrá, a lo largo de un mismo trazado, elementos que presenten una velocidad de diseño mayor, induciendo por tanto velocidades operativas aún mayores (y por tanto pudiendo ser una fuente de inconsistencias).

### 1.2.3. Fractil de referencia

En cualquier caso, la velocidad de diseño debe ajustarse a los deseos y costumbres de casi todos los conductores, y comprender la casi totalidad de las velocidades deseadas por éstos, donde resulte factible:

- No sería práctico acomodar las velocidades deseadas por **todos** los conductores, pues los deseos de algunos de éstos son irrazonablemente veloces. Por ejemplo, no conviene diseñar para velocidades elevadas las calles residenciales. Para ser razonables, sólo hay que acomodar a **casi todos** los conductores. Los más rápidos deben soportar de buen grado un cierto grado de incomodidad en sus maniobras: lo cual parece confirmado por la experiencia.

- Sólo se puede admitir que una fracción muy pequeña de conductores muy rápidos se sitúe fuera de unas condiciones límite de seguridad, especialmente en lo relativo a maniobras de emergencia; aun así, se trata en general de conductores muy expertos, con vehículos de altas prestaciones y buenas medidas de seguridad activa y pasiva, que pueden tolerar maniobras más bruscas y condiciones más estrictas de seguridad. Para los demás conductores, las condiciones de seguridad (y su señalización) no deben resultar excesivamente restrictivas y, por tanto, menos creíbles y poco respetadas.

- En muchos casos, referirse a fractiles altos de la distribución de velocidades resulta *prima facie* excesivo. Así ocurre con la velocidad de un vehículo lento al que se pretende adelantar,

y a partir de la cual se inicia una maniobra de adelantamiento desde una posición de seguimiento: esta velocidad tiene forzosamente que ser reducida<sup>16</sup>. Adoptar valores superiores conduce a unas distancias de adelantamiento muy largas.

Muchos factores influyen en el diseño de una carretera, y su importancia puede ser decisiva: el relieve, el medio ambiente, el uso del suelo y otros temas pueden convertir en muy costoso, o incluso en inaceptable, un diseño que acomodaría los deseos de casi todos los conductores. Por ejemplo, se puede querer mejorar el radio de una curva o la longitud de un acuerdo vertical para permitir una mayor velocidad; pero esto puede no resultar posible si se invade una montaña, un río u otro rasgo natural en una zona ambientalmente frágil. La mención a donde resulte factible reconoce esta limitación; aunque la normativa recomienda emplear una velocidad de diseño lo más elevada posible, siempre que no haya impedimento y resulte fácil y no costoso. Por ejemplo, en La Mancha cuesta casi lo mismo adoptar una velocidad de diseño de 120 km/h que una de 140 km/h: ¿está justificado hablar sólo de la primera?

### 1.3. Velocidad deseada

La **velocidad deseada** es una variable auxiliar y no directamente medible, empleada a veces para la predicción de velocidades operativas. Su definición es: *la velocidad que el conductor desea mantener en condiciones de flujo libre, donde el trazado y otras variables (como la visibilidad) no le coartan*. Por ello se suele estimar como la velocidad máxima del vehículo en rectas largas o en curvas muy amplias, en las cuales el conductor alcanza y luego mantiene esa velocidad.

La velocidad deseada es diferente para cada conductor, e influyen en ella numerosas variables independientes de la vía y asociadas a otras causas, como el propósito del viaje, el conocimiento previo de la vía, la longitud total estimada del desplazamiento, etc. No sólo es una variable cuya estima-

ción depende tanto del trazado de la vía como de su clasificación funcional, sino que su variabilidad es muy grande. El modelo general establecido por McLean (IV) es:

$$V_{85} = 53,8 - \frac{3\,260}{R} + \frac{85\,000}{R^2} + 0,464 \cdot V_d$$

siendo:  $V_{85}$  (km/h) el percentil 85 de la distribución de velocidades operativas.

$V_d$  (km/h) la velocidad deseada.

$R$  (m) el radio de la curva.

En un estudio de Crisman y otros (V) se analizó la velocidad deseada (denominada también *velocidad ambiental*). En otro estudio (VI) ofrecieron para ella la expresión siguiente (figura 1.3-A):

$$V_d = 239,49 \cdot (\text{CCR})^{-0,1875}$$

siendo:

$V_d$  (km/h) la velocidad deseada.

**CCR** (gon/km) la sinuosidad del tramo de carretera (su tasa de cambio de curvatura).

### 1.4. Velocidad específica

Como una primera aproximación a las velocidades operativas para deducir de ellas las de diseño, en España se emplean desde los años sesenta<sup>17</sup> las velocidades específicas de cada uno de los elementos del trazado<sup>18</sup>, deducidas de sus características geométricas en base a unos criterios de seguridad muy parecidos a los adoptados por la **AASHTO** en 1954 para la velocidad de diseño.

La **velocidad específica** de los distintos elementos de la vía representa la **oferta** que ésta hace a los conductores que la interpreten correctamente. Para ello se les informa, en ciertos casos, mediante una señalización específica. Sin embargo, en la práctica el comportamiento de los conductores no siempre se atiene a las hipótesis subyacentes a la definición de la velocidad específica. Tiene que corresponder a parámetros de seguridad y de comodidad, los

<sup>16</sup> ¡Se trata de adelantar a un vehículo lento!

(17) Instrucción 3.1-IC de 1964.

(18) Muy especialmente, las de las curvas en planta.

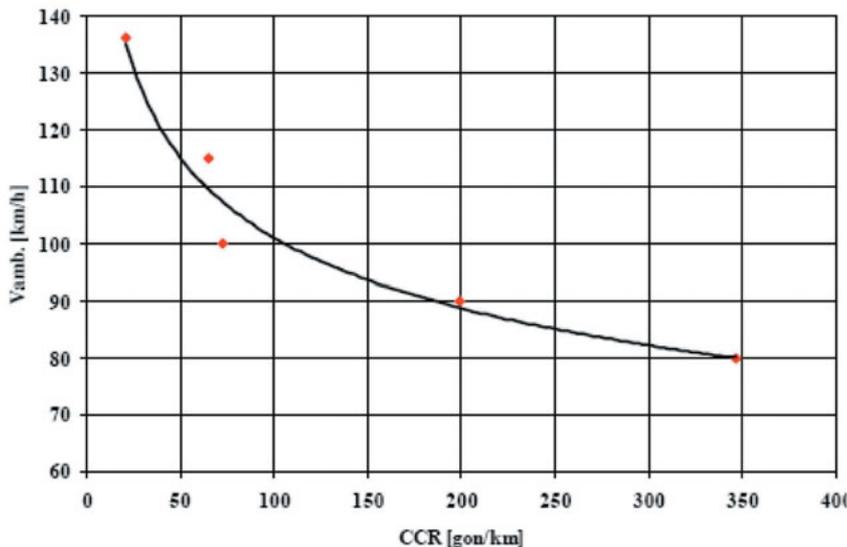


Figura 1.3-A. Relación entre la velocidad deseada y la sinuosidad del trazado en planta. (Fuente: Ref. VI)

cuales deben ser comprobados en cada uno de los elementos de manera que su velocidad específica no sea inferior a la operativa; de lo contrario una u otra, o ambas, deben ser modificadas.

- Cuando la vía se encuentra en fase de proyecto, se puede estimar la velocidad operativa en cada tramo e incluso en cada elemento, mediante técnicas de simulación.

- En la fase de explotación, la observación directa de las velocidades operativas permite juzgar el nivel de consistencia alcanzado por el diseño. Donde las velocidades específicas son muy diferentes entre elementos contiguos, se generan **inconsistencias** en el trazado, pues se presentan diferencias entre ellas y las velocidades operativas.

El razonamiento anterior implica que a lo largo de un tramo de carretera hay una sucesión de velocidades específicas derivadas de las características de cada uno de los elementos del trazado. Así, la velocidad específica de una curva circular sería la máxima velocidad que se puede mantener en condiciones de seguridad<sup>19</sup> en una curva circular de longitud suficiente, cuando las circunstancias meteorológicas y de tráfico son tan favorables, que las únicas limitaciones vienen determinadas por las características geométricas de la curva circular. Esta definición se podría exten-

der a cualquier elemento del trazado de características geométricas constantes a lo largo de todo él. A veces, este paradigma puede resultar poco intuitivo: resulta fácil asignar una velocidad específica a una curva, pero lo es mucho menos asignarla a una alineación recta.

Obsérvese que, de esta manera, la velocidad específica de una curva con

RELIEVE DEL TERRENO	IMD (veh.)		
	< 500	500 a 2 000	> 2 000
Llano	70	100	120 - 100
Ondulado	60	80	100 - 80
Accidentado	50	60	80 - 60
Muy accidentado	30	40	

Tabla 1.4-A. Velocidades específicas mínimas (km/h).

un radio superior al “radio mínimo correspondiente a la velocidad de proyecto” será igual a la velocidad de proyecto que tenga asociado ese radio como mínimo.

La Instrucción **3.1-IC** de 1964 prescribía que, a lo largo de un tramo de carretera, la velocidad específica de cada uno de sus elementos no debería ser inferior al valor que para ella se fijaba en la *tabla 1.4-A* en función del relieve del terreno y de la **IMD**. En cuanto a esta última, no se especificaba si se tomaría la del año de la puesta en servicio o la del año horizonte; aunque del contexto se puede deducir que se trata-

La Norma **3.1-IC** de 1999 define la velocidad específica de un elemento de trazado como la *máxima velocidad que puede mantenerse a lo largo de un elemento de trazado considerado aisladamente, en condiciones de seguridad y comodidad, cuando encontrándose el pavimento húmedo y los neumáticos en buen estado, las condiciones meteorológicas, del tráfico y legales<sup>20</sup> son tales que no imponen limitaciones a la velocidad.*

De esta manera, las condiciones geométricas de un elemento del trazado determinan su velocidad específica. Sin embargo, en la actual Norma **3.1-IC** alguna de estas condiciones se relaciona con la velocidad de proyecto: lo cual parece más bien una errata, y debe ser subsanada.

Las condiciones en las que se define la velocidad específica corresponden sensiblemente al percentil 85 de la distribución de las velocidades operativas, y se refieren básicamente a la comodidad de los usuarios. Los límites de una seguridad estricta (que sólo se rebasarían por menos del 1% de los usuarios<sup>21</sup>) se referirán

a otras condiciones también más estrictas: especialmente en lo relativo a los rozamientos movilizados (tanto transversales como longitudinales) que se consideren admisibles. Éstos podrán acercarse entonces a los valores de la resistencia al deslizamiento más que en el caso de la comodidad.

(19) Los parámetros empleados para definir la velocidad específica son, sin embargo, muy conservadores; están relacionados más bien con la comodidad que con la seguridad; y disponen de apreciables márgenes de seguridad respecto de la seguridad estricta.

(20) Se involucra así al límite de velocidad (genérico o específico) en la definición de la velocidad específica.

(21) Percentil 99.

La diferencia entre la velocidad correspondiente a unas condiciones de seguridad estricta y la velocidad específica (correspondiente a unas condiciones de comodidad) subyace al concepto de visibilidad deseable de parada que fija el apartado 3.2.2 de la Norma: se ha fijado esa diferencia en 20 km/h, pero no se han adoptado valores más altos para el rozamiento longitudinal movilizado admisible. Esa diferencia no debería ser inferior a un valor fácilmente entendible por los conductores, y representativo del riesgo que están acostumbrados a asumir: por ejemplo, desde unos 10 km/h para velocidades muy bajas (del orden de 15 km/h), hasta unos 35 km/h para velocidades altas (90 km/h ó más) (figura 1.4-A).

Entre las características de los elementos del trazado, se ha comprobado que es la curvatura en planta la que más restringe la velocidad específica.

- En las zonas urbanas, la frecuentemente escasa disponibilidad de espacio obliga a mayores curvaturas, que se corresponden bastante bien con las menores velocidades que se practican en esos entornos.

- Fuera de poblado, consideraciones relacionadas con el coste de construcción pueden obligar a limitar la velocidad específica para acoplar el trazado a terrenos de relieve acentuado, especialmente en zonas aisladas. Pero no se debe olvidar que, si bien los conductores aceptan fácilmente limitar su velocidad operativa en zonas evidentemente difíciles, en otras que no lo sean tanto aceptan riesgos mayores y rebasan con facilidad las condiciones de seguridad, especialmente las relacionadas con la visibilidad...

Se plantea, entonces, la cuestión de qué hacer donde no se pueda mantener una velocidad específica suficiente: especialmente en relación con el tránsito por curvas circulares y con la visibilidad de parada. En relación con el primero, no tiene tanta importancia la velocidad específica de una curva aislada, aunque sea baja; sino más bien cómo

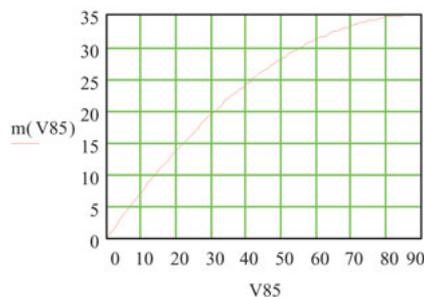


Figura 1.4-A. Margen de seguridad en función de la V85.

no se llega a ella de una forma fácilmente legible por el conductor, y sin confiar excesivamente en la señalización. La reducción de velocidad se tiene que acompañar a una perceptibilidad de la curva, enfatizada por el balizamiento: este concepto se recoge en el apartado 6 de la Norma 8.1-IC "Señalización vertical", según el cual la intensidad de la señalización y del balizamiento de una curva depende del grado de la curva, o sea la diferencia entre la velocidad máxima de aproximación a la curva, y la velocidad máxima en ésta<sup>22</sup>.

### 1.5. Velocidad de proyecto

En la Norma complementaria de la 3.1-IC "Trazado" para autopistas (1976):

- Se definió la **velocidad de proyecto** de un tramo de carretera como *la que permite definir las características geométricas mínimas de construcción los elementos particulares de una autopista o tramo de autopista*. Es decir, se trata de una velocidad de diseño.

- Se definieron asimismo cuatro velocidades de proyecto para sendos tipos de vía: 80, 100, 120 y 140 km/h.

- Se recomendaba que la velocidad de proyecto de dos tramos contiguos no difiriera en más de 20 km/h; y en caso contrario, que se intercalara(n) otro(s) tramo(s)<sup>23</sup> de modo que se cumpliera esa limitación.

La Norma 3.1-IC de 1999 mantiene una definición análoga a la anterior: la velocidad de proyecto de un tramo es *la que permite definir las características geométricas mínimas de los elementos del trazado, en condiciones de comodidad y seguridad; y*

la identifica con la velocidad específica mínima del conjunto de elementos que componen el tramo.

Queda claro así que la velocidad de proyecto de un tramo representa la **oferta mínima** del tramo en materia de velocidades específicas: aunque se está así representando la distribución espacial (y hasta cierto punto, también la temporal) de esas velocidades, relacionadas con las operativas, por un solo parámetro (y no el valor medio, sino el mínimo), en vez de dos como es habitual.

Sin embargo, en la Norma de 1999 y para algunos criterios como la visibilidad, la velocidad de proyecto desempeña el papel que en la normativa anterior correspondía a la velocidad específica. Eso no parece conveniente porque, si la definición de la velocidad de proyecto no corresponde precisamente a él, cualquier elemento del trazado diseñado podrá ser recorrido en condiciones de seguridad y comodidad a su velocidad específica, que será mayor que la de proyecto; y en relación con los mencionados criterios, se pueden llegar a consumir los márgenes de seguridad disponibles.

Otra particularidad de la Norma de 1999 es que desaparece la velocidad de proyecto de 140 km/h que figuraba en la complementaria de 1976, so pretexto de que es superior al mayor límite genérico de velocidad entonces vigente (130 km/h en autopistas y autovías). Sin entrar en discusiones acerca de cuál es la velocidad específica de una alineación recta suficientemente larga, lo que parece en cualquier caso deseable es que las características relacionadas con una velocidad específica de 120 km/h proporcionen una seguridad estricta (no comodidad) suficiente a los vehículos que circulen a 155 km/h (un margen de 35 km/h sobre dicho límite).

### 1.6. Velocidad de planeamiento

La Norma 3.1-IC de 1999 introduce el concepto de velocidad de pla-

(22) Ambas referidas ¡al fractil 99!

(23) De una longitud no inferior a 5 km.



¿Qué diferencia habrá entre la velocidad de planeamiento y la de proyecto en esta carretera noruega?.

neamiento, como la media armónica de las velocidades específicas de los elementos del trazado en planta de tramos homogéneos de longitud superior a 2 km:

$$\bar{V} = \frac{\sum L_i}{\sum \frac{L_i}{V_i}}$$

siendo:  $\bar{V}$  la velocidad de planeamiento del tramo, para el fractil considerado.

$V_i$  la velocidad específica (constante) en cada elemento del tramo, para ese mismo fractil.

$L_i$  la longitud del elemento.

El fractil de referencia de la distribución parece ser el 85.

Asimismo indica la citada Norma que, al estudiar el trazado de un tramo, se calculará la velocidad de planeamiento y se comparará, tanto con la velocidad de proyecto del tramo como con las velocidades proyecto y de planeamiento de los tramos adyacentes, para estimar la homogeneidad de la geometría del tramo (aunque no se expone el criterio para dicha estimación).

La velocidad de planeamiento es uno de los parámetros más relevantes para el trazado de una carretera:

- Su definición se aplica a un tramo de cierta longitud<sup>24</sup>; y en el proceso de planeamiento el tiempo de

recorrido de dicho tramo es un parámetro de gran significado.

- Representa un objetivo, elegido política y administrativamente en función del tipo de carretera y de un estudio de la rentabilidad de la inversión, en el que tiene gran influencia el relieve del terreno que atraviesa: una carretera en terreno llano será recorrida a mayor velocidad<sup>25</sup> que otra carretera en terreno accidentado, o situada en una zona de intenso uso del suelo.

Según la Norma, las velocidades de proyecto y de planeamiento que se adopten estarán en general definidas por estudios de carreteras (como un Estudio informativo) en función de los siguientes factores:

- Las condiciones topográficas y del entorno.
- Las consideraciones ambientales.
- La consideración de la función de la vía dentro del sistema de transporte.
- La homogeneidad del itinerario o trayecto.
- Las condiciones económicas.
- Las distancias entre nudos, y el tipo de los mismos.

### 1.7. Límite de velocidad

Algunas de las influencias sobre la velocidad operativa se hallan condensadas en conceptos como la veloci-

dad límite; aunque la influencia de ésta no es tan amplia como cabría esperar.

En gran medida la influencia de la velocidad límite sobre la velocidad operativa es función de la percepción que los conductores tienen de las limitaciones que impone la vía. De este modo, se puede observar cómo en las curvas en planta la velocidad límite es una variable con casi nula influencia, ya que los conductores por sí solos ya perciben que deben generalmente disminuir su velocidad; mientras que en las alineaciones rectas la velocidad límite se convierte en una de las variables de mayor influencia, ya que los conductores no son capaces de percibir un límite a la velocidad operativa.

Del planteamiento anterior se deduce la necesidad de una relación entre la velocidad de diseño y la velocidad límite. En el caso en que ambas estén próximas, la velocidad operativa tenderá a situarse en ese mismo intervalo. En el caso de que ambas

(24) Por ejemplo, entre dos nudos viarios u otros elementos notables del itinerario; y de una longitud no inferior a 2 km, y preferiblemente a 5 km. Se podrían aplicar también criterios basados en la uniformidad de la tasa de variación de la curvatura (CCR).

(25) Y a ella corresponderá una velocidad de planeamiento más alta.

sean muy diferentes, la velocidad operativa tenderá a situarse en un valor cercano al que los conductores consideren seguro.

Los conductores escogen una velocidad en su conducción basada en la percepción que tienen de la vía:

- Si ésta presenta unas características que permiten a los conductores circular a mayor velocidad, el comportamiento general de éstos será el de aumentar su velocidad.

- En el caso contrario, los conductores circularán a menor velocidad.

En muchas ocasiones la velocidad de diseño es menor que aquélla a la que los conductores piensan que pueden circular de forma segura (por ejemplo, en la aproximación a una curva estricta). En estos casos el diseño de la vía obliga a que los conductores adapten su velocidad a la que la vía permite en condiciones seguras, mediante la instalación de elementos de ayuda o coacción a la conducción (ejemplo, señales de curva peligrosa o limitaciones de velocidad).

En el caso de las limitaciones de la velocidad puede suceder lo mismo. Si el diseño de la vía implica que el conductor piense que un límite bajo no tiene justificación, su velocidad operativa no se adaptará a él. En estos casos se debe forzar al conductor a que identifique la velocidad operativa óptima como una cercana a la de diseño. Partiendo de la hipótesis de que el trazado no varía, la coacción a la velocidad operativa se debe centrar en otro tipo de elementos, como la anchura de los carriles, etc. Actuando sobre estos elementos también es posible condicionar la velocidad operativa de los conductores (VII).

Numerosos investigadores han estudiado la influencia de la velocidad límite en la operativa. Esta influencia, por otra parte, es evidente, ya que la propia velocidad operativa es un factor que se debe tener en cuenta a la hora de seleccionar la velocidad límite en una vía.

Sólo Alemania, el Reino Unido y Suecia reconocen explícitamente la re-

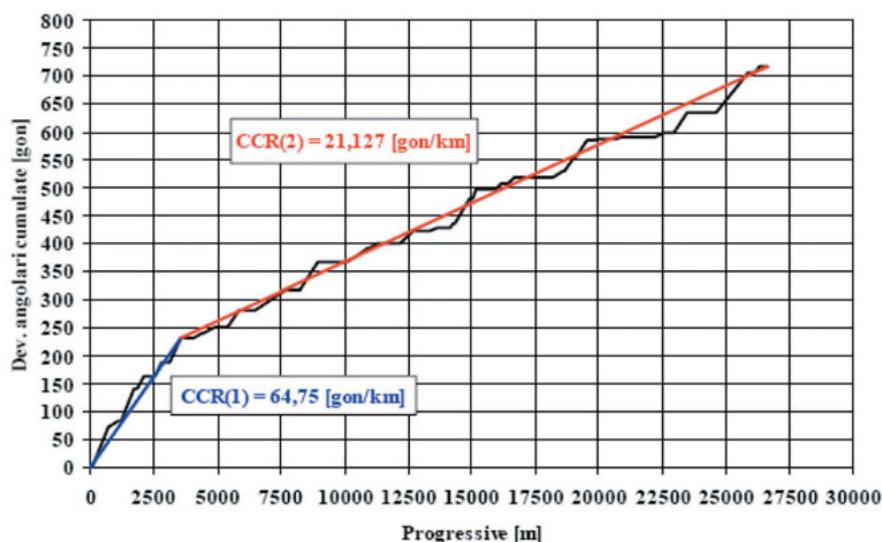


Figura 1.3.A. Identificación de tramos de trazado homogéneo, en un diagrama distancias al origen – variaciones acumuladas de acimut. (Fuente: Ref. VI).

lación entre la velocidad de diseño y el límite de velocidad:

- En la mayoría de las autopistas alemanas no hay límite genérico de velocidad; para ellas las condiciones de diseño corresponden a una velocidad recomendada de 130 km/h. En el resto de las carreteras la velocidad de diseño se corresponde aproximadamente con el límite.

- En el Reino Unido se reconoce que en un entorno urbano no resulta factible estimar las velocidades operativas en los tramos entre intersecciones. Por lo tanto, la estimación se debe basar en la experiencia y en la presencia de limitaciones de la velocidad.

- En Suecia se compararon las velocidades operativas y los límites de velocidad en los años setenta. Se comprobó que el percentil 85 de la distribución de las velocidades operativas era superior al límite en todos los casos excepto en las carreteras convencionales interurbanas principales.

En general es conocido y se acepta que el percentil 85 de la distribución de la velocidad operativa supera notablemente la velocidad límite.

## Referencias

(I) Krammes, Raymond A.; Fitzpatrick, Kay; Blaschke, Joseph D.; Fambro, Daniel B.: *Speed. Understanding Design, Operating and Posted Spe-*

*ed. Report No. 1465-1. Texas Transportation Institute*, marzo 1996.

(II) Polus, Abishail; Livneh, Moshe; Craus, Joseph: *Effect of Traffic and Geometric Measures on Highway Average Running Speed*, *Transportation Research Record no. 960*, págs. 3439, 1984.

(III) Leisch, J. E.; Leisch, J. P.: *New Concepts in Design-Speed Application*. *Transportation Research Record 631*, págs. 4-14. (1977).

(IV) McLean J. R.: *Driver Speed Behaviour and Rural Road Alignment Design - Traffic Engineering and Control vol. n° 22, n°4*, abril 1981.

(V) Crisman, Bruno; Marchionna, Aurelio; Perco, Paolo; Roberti, Roberto: *Operating Speed Prediction Model For Two-Lane Rural Roads*. *Departamento di Ingegneria Civile - Università di Trieste* 2005.

(VI) Crisman, Bruno; Fugaro, Luigi; Marchionna, Aurelio; Roberti, Roberto: *Modello di Previsione delle velocità praticate dagli utenti attraverso la definizione di una velocità ambientale*. *XIII Convegno Nazionale S.I.I.V. - Padua (Italia) - 30/31 octubre 2003*.

(VII) Stamatiadis, N.; Gong, H.: *Analysis of Inconsistencies Related to Design Speed, Operating Speed and Speed Limits*. *Kentucky Transportation Center. University of Kentucky*. 2004.

(Continuará en el próximo número (RUTAS 142). ■

# Eficiencia energética y ahorro de costes en instalaciones de túneles

**Manuel Alberto Abella Suárez, I.T.**

Minas, Comité de Túneles ATC;

**Ignacio García – Arango Cienfuegos**

– Jovellanos, ICCP, Jefe de la

Demarcación de Carreteras del Estado

en Asturias; y **Fernando Hacar**

**Rodríguez, ITOP, Ministerio**

de Fomento.

### Resumen

**E**l suministro de energía es un elemento básico y fundamental para el funcionamiento de los sistemas instalados en los túneles carreteros, y el principal coste de explotación de los mismos.

En este artículo se hace un repaso a los principales sistemas instalados en los túneles que son consumidores demandantes de energía, y una aproximación a la factura eléctrica en donde se analizan los conceptos principales como primer paso para realizar una contratación conforme a las características de cada túnel.

**Palabras clave:** eficiencia energética, luminarias, LED, kilovatio, término de potencia, término de energía, energía reactiva.

**E**l funcionamiento de los sistemas instalados en los túneles no es posible sin el concurso de un suministro energético seguro y fiable. Esto se confía a las compañías eléctricas que garantizan la disponibilidad de corriente eléctrica, que conlleva un coste que varía en función de varios parámetros:

- El consumo, dado por el número de aparatos conectados en cada momento.
- La tarifa aplicable, o negociada.
- La potencia contratada.

La eficiencia energética en los túneles se consigue, no solamente conectando los aparatos imprescindibles en cada momento, sino también



a través de otros medios; entre ellos se pueden citar:

- La instalación de máquinas eficientes energéticamente.
- La disposición de sistemas que contrarresten las penalizaciones por energía reactiva.
- El uso adecuado de las instalaciones, unido a un buen mantenimiento preventivo y correctivo.
- La contratación de la potencia más favorable.
- La negociación de la mejor tari-

fa posible.

A continuación se hará un análisis de cada una de ellos.

#### **Maquinas Eficientes.**

Los consumidores de energía en las instalaciones de cualquier túnel se desglosan a continuación:

- Alumbrado
- Ventilación
- Sistemas de señalización
- Sistemas de control
- Extinción de incendios
- Edificios

## Alumbrado

El alumbrado es, sin duda el mayor consumidor de energía de un túnel. Es posible que otros sistemas (por ejemplo, la ventilación) tengan mayor potencia instalada, pero su utilización no es tan intensiva como el alumbrado. Desde su puesta en servicio siempre está iluminado el túnel, día y noche. Naturalmente su intensidad varía, y por tanto su consumo energético. El alumbrado dispone de circuitos de refuerzo para adecuar a las condiciones exteriores la luz que haya en los portales del túnel, facilitando la adaptación de los usuarios a la iluminación interior, eliminando el efecto de agujero negro, etc.

La densidad de luminarias a utilizar en el túnel podría ser objeto, en un primer pensamiento, de minoración, y así conseguir un ahorro. Las disposiciones normativas sobre la intensidad y distribución de la luz en la calzada hacen que exista, en realidad, muy poco margen; si se añade que se deben eliminar las consecuencias del efecto *flicker* o de alternancia, y otros considerandos, se ve que el ahorro no puede conseguirse por esta vía: se resume en los lúmenes/vatio que se pueden conseguir, y este camino solamente lleva a la elección entre diferentes tipos de lámpara: vapor de sodio de alta presión, incandescente, de mercurio, fluorescente, o de LED.

Las lámparas incandescentes tienen un rendimiento lumínico muy malo: la luz se produce al pasar la corriente por un hilo muy largo situado en una atmósfera inerte, que se calienta por ello hasta llegar a la incandescencia desprendiendo luz, por lo que la mayor parte de la energía se traduce en calor no en luz. **Sólo el 15% de la energía consumida se transforma en luz visible.**

En las luminarias basadas en lámparas de descarga, la luz emitida se consigue por excitación de un gas sometido a descargas eléctricas entre dos electrodos. Según el gas contenido en la lámpara (**vapor de sodio o mercurio**) y la presión a la que esté sometido (**alta o baja**) existen diferentes tipos de lámparas, ca-

Tipo de lámpara	Eficacia (sin balasto) l m/W	Vida media h
Lámparas de vapor de mercurio: Baja presión: <b>Lámparas fluorescentes</b>	38-91	12 500
Lámparas de vapor de mercurio: Alta presión: <b>Lámparas de luz de mezcla</b>	19-28	9 000
Lámparas de vapor de mercurio: Alta presión: <b>Lámparas de vapor de mercurio a alta presión</b>	40-63	25 000
Lámparas de vapor de mercurio: Alta presión: <b>Lámparas con halógenos metálicos</b>	75-95	11 000
Lámparas de vapor de sodio: <b>Lámparas de vapor de sodio a baja presión</b>	100-183	23 000
Lámparas de vapor de sodio: <b>Lámparas de vapor de sodio a alta presión</b>	70-130	23 000

Eficacia de las lámparas de descarga (García Fernández, Javier; Boix, Oriol. 2009-2010)<sup>1</sup>.



Lámpara incandescente inventada en 1879.

sario para iniciar la descarga y vencer así la resistencia inicial del gas a la corriente eléctrica. Tras el encendido, continúa un periodo transitorio durante el cuál el gas se estabiliza y que se caracteriza por un consumo de potencia superior al nominal.

■ **Balastos**, por el contrario, son dispositivos que limitan la corriente eléctrica que atraviesa la lámpara, evitando de ese modo un exceso de electrones circulando por el gas que aumentaría el valor de la corriente hasta llegar a ocasionar la destrucción de la lámpara.

Un mejor aprovechamiento, y por tanto un mayor ahorro, puede ir por la vía de dotar a los equipos de reductores de flujo que funcionen en las horas de menor intensidad de tráfico, o en las que se necesite una menor adaptación al entrar en túnel, es

Las luminarias basadas en diodos LED tienen un concepto de funcionamiento diferente a las de incandescencia o las de descarga: los LED utilizados en el alumbrado, llamados también led de potencia. Un led es un diodo, que cuando alcanza cierto umbral de tensión (< 5V) produce normalmente luz monocromática (es decir, de un color muy puro). Este color depende de la composición química del LED. Los led de potencia también se calientan, aunque su rendimiento es muy superior. Para un mismo valor de luminosidad sobre la calzada, una luminaria basada en Led tiene un consumo de aproximadamente el 50% de la lámpara de vapor de sodio de alta presión; además su duración es muy superior. Los fabricantes hablan de 100 000 horas, frente a las 12 000 de la lámpara de vapor de sodio de alta presión (**V.S.A.P.**), aunque este valor sea un tanto optimista, sí se ha constatado una duración media en torno a las 60 000 horas. El mayor inconveniente es su coste inicial, superior a las convencionales de vapor de sodio de alta presión.

Se puede plantear un ahorro unido a un sistema novedoso, que sin duda, no tardará en implantarse en los túneles. Se trata de los sistemas de señalización de las salidas de

<sup>1</sup> Curso de Máster en Mecatrónica: Centro de Innovación Tecnológica en Convertidores Estáticos y Accionamientos. Universidad Politècnica de Catalunya. 2009-2010.

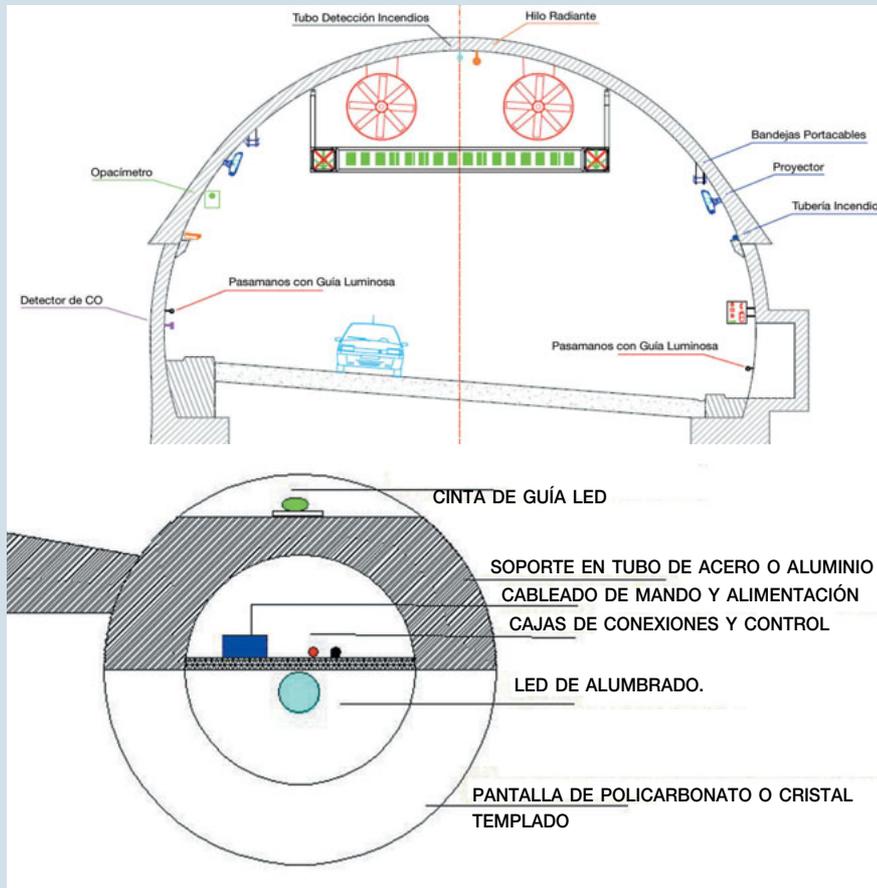


Figura 1. Arriba: Disposición de un sistema de guía luminosa. Abajo: Detalle del pasamanos con guía luminosa.

emergencia basados en tiras de LED con efecto dinámico, de forma que sean capaces de indicar hacia qué lado se debe efectuar la evacuación.

Estas tiras se suelen colocar adosadas al hastial del túnel. La propuesta es que estén colocadas en un pasamanos, que albergue en su parte inferior luminarias LED que sirvan de luminarias de emergencia y guía, como se muestra en la *figura 1*.

En la fase de proyecto es posible mejorar la eficacia energética del alumbrado con un diseño adecuado de los hastiales, de forma que su coeficiente de reflexión se vea mejorado.

Actualmente se están colocando en algunos túneles, sobre todo de cierta antigüedad, paneles de acero vitrificado que mejoran sensiblemente la reflexión de las paredes, a la par que permiten una limpieza mucho mejor, más rápida y eficaz, manteniendo de este modo las condiciones de luminosidad en niveles óptimos.

Si se hace en la fase de pro-

yecto, el alumbrado se calcula con estos condicionantes, por lo que el resultado son muchas menos luminarias, y, por tanto, menor potencia instalada.

Cuando se hace con un determinado sistema de alumbrado ya instalado, su eficacia real –a efectos de eficiencia energética– es mucho menor, y más discutible: efectivamente sí se apreciará más claro el túnel, pero seguirá con el mismo consumo al estar funcionando los mismos circuitos. Eliminar circuitos o luminarias conlleva otros problemas, como son los derivados del efecto *flicker* o de alternancia, la distribución fotométrica, la luminancia media, etc., que deben cumplir las disposiciones normativas, por lo que no es recomendable experimentar con ello.

### Ventilación.

La eficacia de las máquinas utilizadas en la ventilación viene dada por tres aspectos inherentes al ventilador:

- El motor

- La parte aerodinámica: los álabes y **silenciadores**.

- La colocación en el túnel.

El rendimiento de los motores se ha mejorado mucho en los últimos años. Generalmente los ventiladores emplean motores en jaula de ardilla, con arranque directo, si es posible, o con arrancadores suaves o variadores de frecuencia, si su potencia es elevada.

Con la utilización de variadores de frecuencia, es posible el control de la velocidad, y por tanto del consumo del ventilador.

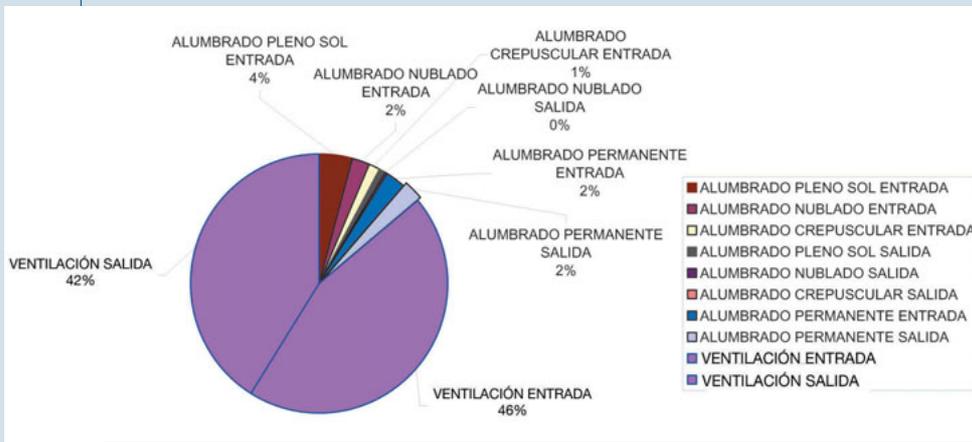
Se puede pensar que la mejor forma de ahorro es utilizar los ventiladores a la velocidad que sea necesaria –controlada por el variador de frecuencia– en cada momento.

Este razonamiento sencillo tiene el inconveniente del conocimiento real y efectivo de las condiciones necesarias de funcionamiento, y de la complejidad de su control. Esta complejidad lleva, de hecho, a que el ansiado ahorro se convierta en un mayor gasto al introducir algoritmos y parámetros en la aplicación tendientes a ir del lado de la seguridad. La simplicidad de arrancar, en modo automático, los ventiladores necesarios para conseguir un caudal de aire que diluya los contaminantes, parándolos cuando lleguen a valores admisibles es sin duda un sistema mucho más sencillo, y eficaz.

La auténtica eficacia del ventilador está en su diseño, especialmente en la geometría de sus álabes, sean éstos los fijos o los móviles situados en el rodete solidario con el motor; este diseño es el que realmente condiciona el ahorro que se puede conseguir en estas máquinas. La elección, en la fase de construcción y equipamiento de un túnel, de un ventilador de menor eficacia por su precio, condiciona y penaliza el consumo de energía durante toda la vida del túnel, a la par que hace necesario un mayor número de aparatos.

Un aspecto muy a tener en cuenta en el rendimiento de los ventiladores es su ubicación en el túnel.

Es bien cierto que en muchas ocasiones los ventiladores se colocan “donde se puede”; la geometría del



Distribución de demanda de potencia instalada en un túnel unidireccional.

túnel, su sección transversal y, especialmente, no contemplar de manera global el diseño del túnel en la fase de diseño y proyecto, obligan a colocar los ventiladores en lugares a veces inverosímiles, que merman su rendimiento de forma dramática, teniendo, en muchos casos, que recurrir a artificios aerodinámicos para **tratar de** mejorar mínimamente su rendimiento.

En la fase del cálculo de la ventilación existe una tendencia, reñida con el sentido de la ingeniería, de adoptar parámetros del lado más conservador posible, **“saltando” de una norma a otra con criterios de maximizar**; algunos de ellos, que influyen muy notablemente en el número y potencia de las máquinas a colocar son:

- Altos coeficientes de fricción de las paredes. Se adoptan coeficientes de fricción de 0,03 o superiores en superficies de hormigón, cuando 0,02 ya es un valor conservador. En todo caso, aparte de la bibliografía existente, son coeficientes calculables y medibles si llega el caso.

- Límites de concentraciones admisibles: Existe una tendencia a colocar el límite de concentración de CO en 20 p.p.m., cuando para un tráfico fluido se recomiendan valores mucho más elevados.

- Pérdidas en entradas y salidas del túnel.

- Aumento del número de ventiladores, entre dos y tres unidades, como seguridad ante un incendio.

Un cálculo correcto obliga a considerar los parámetros en su conjun-

to, sin caer en la multiplicación de los coeficientes, y siendo menos laxos en los criterios, “para ir del lado de la seguridad”, conlleva un diseño mucho más eficiente, tanto desde el plano energético como funcional, y no por ello menos seguro.

Por su parte, la ventilación es un sistema que necesita grandes recursos de potencia para trabajar en su totalidad, pero por el contrario se utiliza en pocas ocasiones: es decir, la ventilación en modo de funcionamiento normal de un túnel, la produce el propio tráfico, especialmente en los túneles unidireccionales. En caso de congestión, es necesario utilizar los ventiladores instalados, pero no es frecuente que sean necesarios todos a la vez. Los casos de emergencia grave, como es el caso de incendio, sí necesitan del concurso de toda la potencia de ventilación instalada, y por ello los centros de transformación se deben diseñar con capacidad suficiente para cubrir toda la demanda de potencia de todos los sistemas trabajando de manera simultánea.

Como ejemplo de la demanda de la ventilación, se muestran dos casos de túneles unidireccionales, con una intensidad de tráfico distinta, y de diferentes características en cuanto a su geometría y pendientes; en ambos no se han registrado incidentes graves que obliguen a disponer de todos los ventiladores funcionando (aunque, obviamente, están dispuestos para trabajar en esos casos de emergencia), salvo las

pruebas obligadas para comprobarlos, que se realizan en ambos con una periodicidad similar.

Ambos tienen un centro de transformación en cada vertiente, que alimenta dos mitades de cada tubo, por lo que a efectos prácticos es como si cada centro de transformación alimentase a un tubo completo. Las potencias respectivas se muestran en la figura superior, separadas por los tramos de entrada y salida de cada túnel, la suma de ambos es la carga del C.T. de cada lado del túnel:

Como se aprecia en la figura, el 88% de la potencia instalada se necesita para dar cobertura a la ventilación, y el 22% restante al alumbrado y servicios (señalización bombas contra incendios, etc.). Ello no se traduce, sin embargo en la correspondencia con los consumos, que se pueden apreciar en los gráficos de la página siguiente.

Se puede ver que los consumos anuales indican la poca influencia de la ventilación, que, sin embargo es un sistema absolutamente imprescindible por razones de seguridad. No obstante, sí es posible actuar para conseguir un ahorro importante en la factura de energía. ¿De qué forma se puede conseguir?

El precio que las compañías cobran a sus “abonados”, consta de tres términos principales:

1. El término de Potencia Contratada.
2. Los Kilovatios consumidos: Término de Energía
3. La energía reactiva.

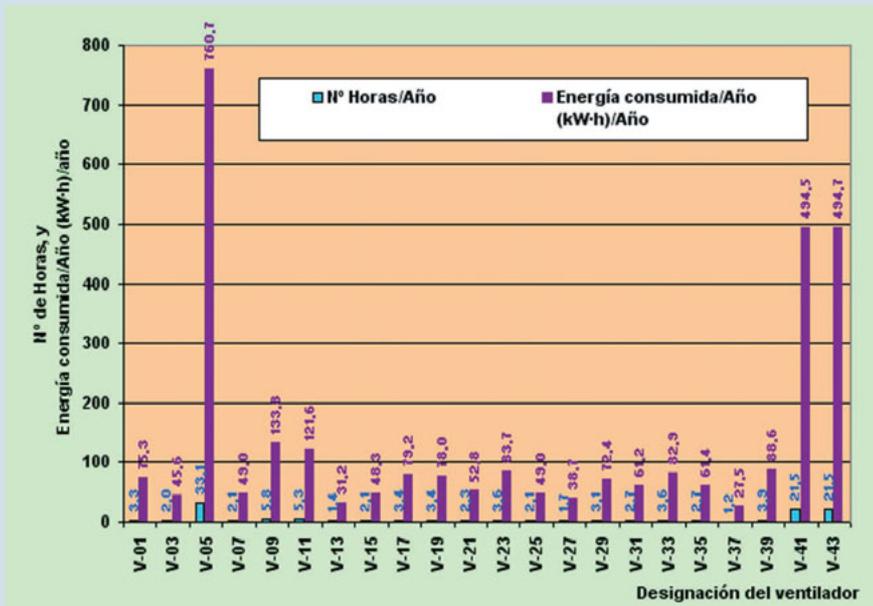
A continuación se realiza un desglose de la factura eléctrica:

**1.- Potencia Contratada:** (facturación por potencia) kW.

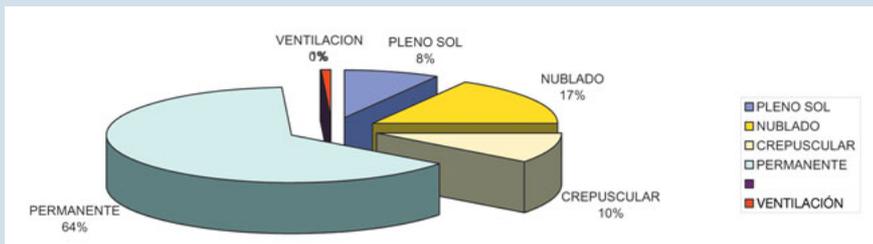
Potencia facturada x Importe unitario de potencia x N° de meses

Depende de la potencia que se haya pactado que deba estar disponible.

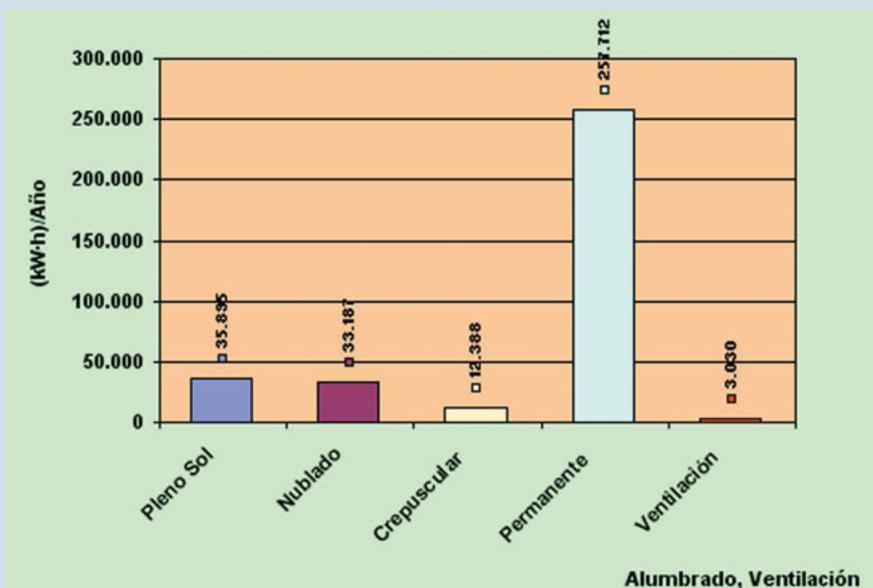
Generalmente, se suele contratar la potencia máxima de los Centros de Transformación, que se instalan en la fase de construcción, y que no es la potencia que realmente se utiliza; aun en un supuesto de que todos los circuitos instalados funcionen



Horas y potencia consumida por los ventiladores en el año.



Comparación anual de funcionamiento de los distintos circuitos de alumbrado y de ventilación.



Consumos anuales en kW del alumbrado y la ventilación.

simultáneamente, se trataría de una situación excepcional, y en todo caso de poca duración.

**2.- Termino de energía:** (facturación por consumo) kWh, medidos en el contador; en el se incluye:

- Coste de la energía.

- Retribución a la red de transporte y distribución. (Actividad regulada)
- Margen a la comercializadora.
- Impuestos. Tasa municipales

**3.- Energía reactiva:** recargo en la factura eléctrica en función de su consumo o generación de energía reactiva,

asociado a las instalaciones del cliente.

La *energía reactiva* es la demanda extra de energía que algunos equipos de carácter inductivo como motores, transformadores, luminarias, necesitan para su funcionamiento. Rara vez es necesario abonar este concepto, debido fundamentalmente a la instalación de baterías de condensadores que palían el consumo de energía reactiva por los motores de los ventiladores. Otras fuentes generadoras de energía reactiva, como son las luminarias de vapor de sodio de alta presión, ya la compensan individualmente en cada luminaria.

Además existen otros elementos en la factura que deben considerarse por su gran repercusión, son estos:

\* **Complemento exceso de potencia:** coste que se paga por una demanda superior a la potencia contratada. Si, como generalmente ocurre, se contrata por el total de la potencia instalada, no se abona nada en este concepto, aunque es una variable que se debe tener en cuenta en aras de mejorar el coste de la factura.

\* **Impuesto eléctrico:** calculado como la base imponible por  $1,05113 \times 4,864$ .

Para el cálculo de la base imponible no se tiene en cuenta el alquiler de los equipos.

Una optimización del consumo pasa por adecuarlo a las mejores condiciones de facturación.

La potencia a facturar se ajusta a los siguientes parámetros, en función del consumo:

- **Menos del 85%:** Se factura el 85% de la potencia contratada.
- **Entre el 85%–105%** de la potencia contratada: Se factura la lectura del waxímetro.
- **Más del 105%:** Se factura la potencia contratada más una penalización.

De cara a minimizar el coste de la potencia facturada, la potencia demandada por la instalación en condiciones normales debe tener un valor situado en un rango entre el 85% y el 105% de la potencia contratada.

Determinar cuáles son esas con-

## TARIFA DE ACCESO 3.1A

### Península y Canarias

#### Verano

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Laborables	P3	P2	P2	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P2														
Sáb, Dom y Fest	P3	P2	P2	P2	P2	P2	P2																	

#### Invierno

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Laborables	P3	P2	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P2															
Sáb, Dom y Fest	P3	P2																						



#### Distribución horaria.

La primera, se producirá en muy contadas ocasiones, generalmente fruto de accidentes.

La segunda si es una situación aún más excepcional, afortunadamente, y la penalización tarifaria se puede decir que está, por un lado bien pagada, y por otro lado suficientemente amortizada.

### Conclusión

El colofón de este artículo es:

Las instalaciones que deban renovarse, o sean de nuevo diseño, deben considerar la implantación de luminarias del tipo LED: el ahorro a medio plazo en la factura eléctrica compensa claramente la mayor inversión inicial, además de un ahorro en las secciones de los cables y otros elementos (SAI, Transformadores, Grupos electrógenos, etc.).

La ventilación debe estudiarse con criterios y datos realistas, y colocar los aparatos en las mejores disposiciones aerodinámicas. Las secciones de los túneles deben diseñarse para ello, y, si físicamente no es posible, contemplar los distintos sistemas de ventilación para elegir el más adecuado.

La contratación de la energía debe seguir unos criterios realistas, se debe realizar un estudio serio de la situación y singularidad de cada túnel, para conseguir el menor coste energético en los conceptos de potencia contratada. ■

diciones normales debe ser objeto de un análisis detenido, considerando la peculiaridad de cada túnel.

Si en el ejemplo considerado se ha contratado la misma potencia que la instalada, se está pagando por el término de potencia una cantidad que, aun con el descuento por la no utilización (*Menos del 85%: Se factura el 85% de la potencia contratada*) encarecerá la factura sin necesidad.

Debe considerarse también que las tarifas de discriminación horaria no favorecen mucho el ahorro en el caso de los túneles: Una tarifa de este tipo establece como horas punta y llano (las más onerosas) las comprendidas entre las 11 y las 15 en verano, horas en las que funciona más el alumbrado soleado, y por ello de mayor consumo.

En invierno las horas punta se sitúan entre las 18 y las 22 horas, que es favorable al ser aquéllas en las que prima el alumbrado nocturno. En todo caso las horas llano son en las que la necesidad de energía se mantiene alta: en invierno entre las 8 y las 18 horas, y en verano entre las 8 y las 11 y entre las 15 y las 00 horas.

En el ejemplo propuesto, que es válido para la mayoría de los túneles no urbanos sin grandes pendientes, la utilización de la ventilación –que supone el 88% de la potencia instalada– representa un consumo del 1% anual. Quiere ello decir, que, si la potencia contratada fuese la necesaria para atender a las necesidades del alumbrado y los servicios, se estaría ahorrando una cantidad importante en el concepto de potencia contratada.

Una forma racional y segura de ahorro en la factura energética sería, por tanto, establecer como potencia contratada una cantidad entorno al 25% superior a la potencia necesaria para atender el alumbrado completo y los servicios, y dotar de un taxímetro a la instalación: de este modo el exceso será facturado con la correspondiente penalización, pero se asegura la potencia máxima de la instalación al no existir ningún limitador.

Este posible exceso se podrá producir, en los túneles de las características antedichas, en muy contadas ocasiones: Congestión, o incendio.

# El Ministerio de Fomento pone en servicio la Variante de Ayllón (N-110) (PP.KK. 96+000 al 100+000)



**Rafael Rodríguez,**  
Ingeniero de Caminos, Canales  
y Puertos y Director de las  
obras.

**E**l 24 de noviembre de 2010 fue puesta en servicio la Variante de Ayllón, que ha supuesto una inversión aproximada de 13,137 millones de euros con un plazo de ejecución de 29 meses para sus 4,87 km de longitud.

La variante se proyectó para evitar el tránsito de la N-110 por la zona de Ayllón, fuera del recinto amurallado, y evitar el ángulo recto que formaba la carretera al encontrarse con la puerta de la muralla tras cruzar el río Aguijejo.

### Características geométricas

La nueva variante ha sido diseñada para un tráfico previsto T-31 (1 900 vehículos de IMD con un 11% de pesados) y una velocidad de 100 km/h con un radio mínimo de 450 m y máximo de 1 500 m, y pendientes máxima de 3,62% y mínima de 0,50%.

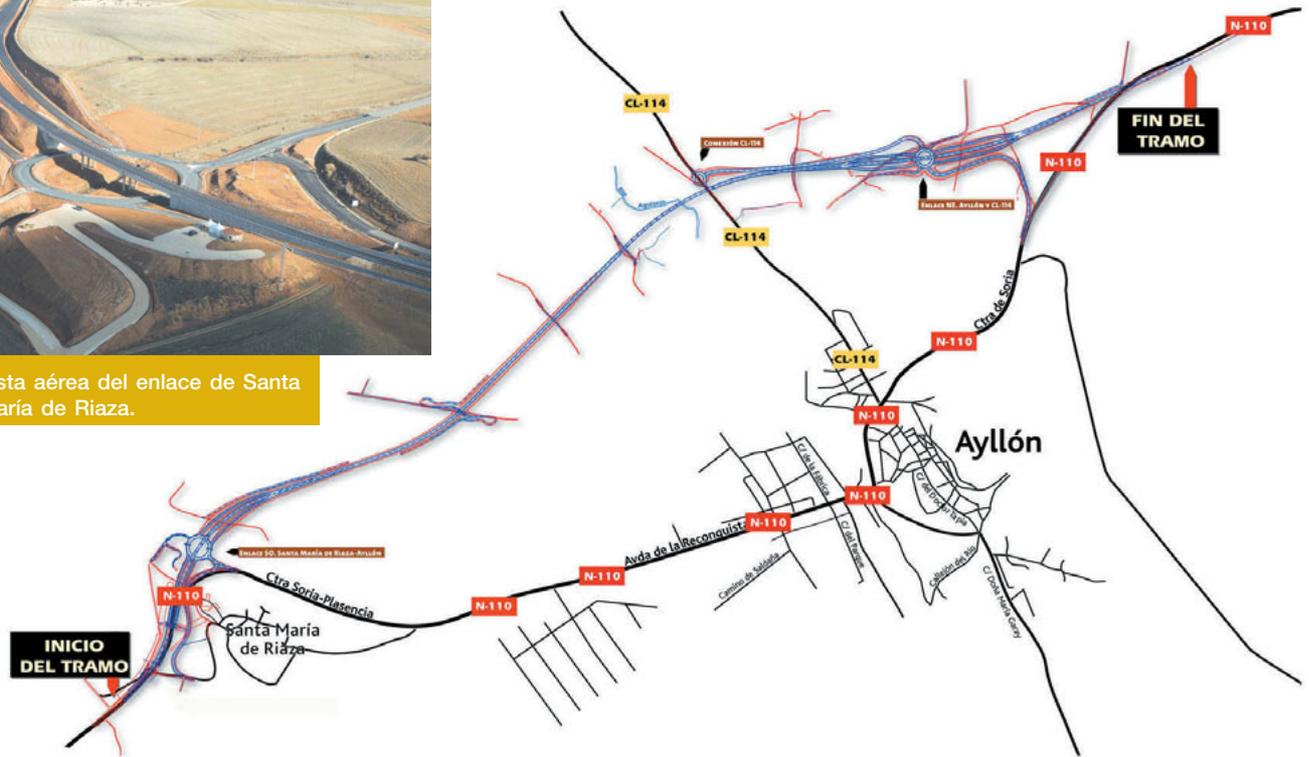
### Enlaces y estructuras

A lo largo del trazado se han dispuesto dos enlaces en sus zonas de inicio y final, resueltas con glorietas deprimidas para distribuir los ramales de cone-

Foto superior: viaducto sobre el río Aguijejo de 420 m de longitud y 14 vanos isostáticos. Foto de fondo: vista general de la variante en la que se aprecian algunas de sus estructuras.



Vista aérea del enlace de Santa María de Riaza.



Esquema del trazado de la variante puesta en servicio.

xión, sobre las que cruza el tramo de la variante mediante sendas estructuras.

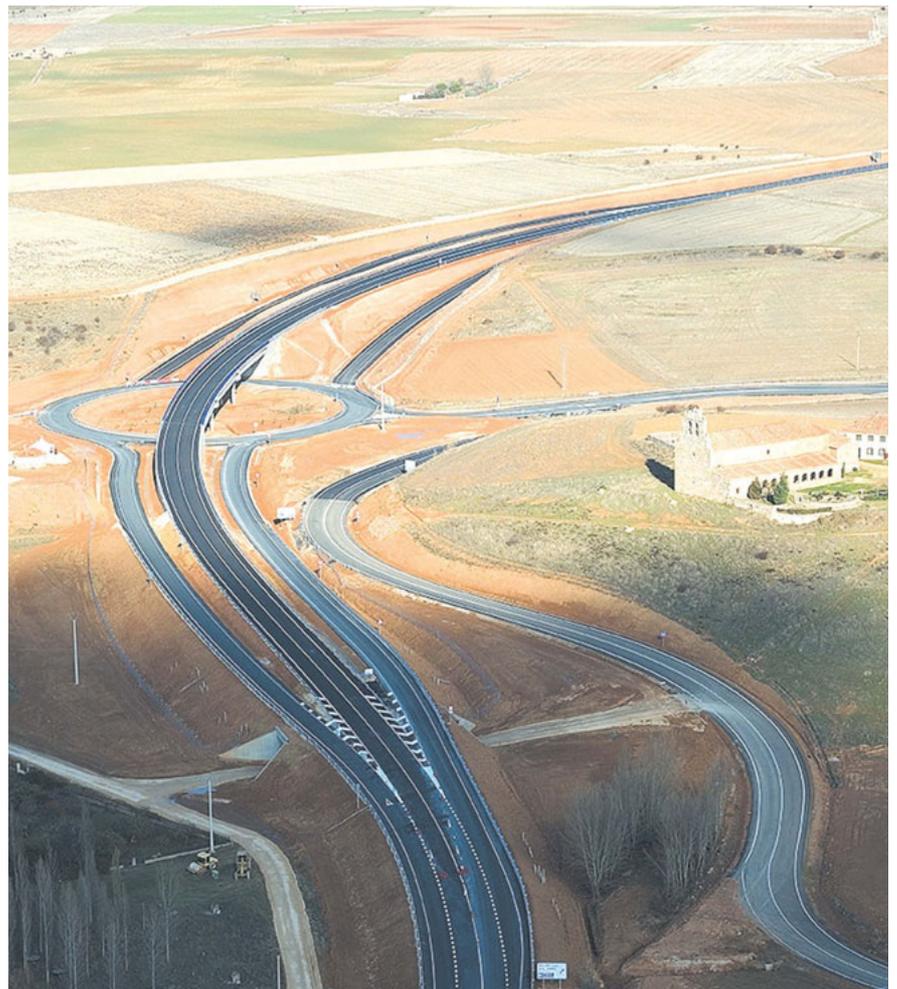
La conexión con la C-114 se realiza también mediante una glorieta y un ramal de conexión. Además de las estructuras de tres vanos citadas para los enlaces se han construido dos pasos superiores y dos inferiores para tránsito de caminos agrícolas exteriores a la variante sin afectarla. Así mismo hay que destacar que por uno de ellos se ha repuesto el paso de la Cañada Real Soriana Occidental.

Finalmente, para el cruce sobre el río Agusejo se ha construido un viaducto de 14 vanos isostáticos y 420 m de longitud.

## Secciones tipo

La sección transversal se compone de un carril por sentido de la circulación de 3,50 m de anchura, con arcenes de 1,50 m y bermas de 0,75 m.

La sección del firme consiste en una explanada de suelo estabilizado 1 y, sobre ella, de abajo a arriba: 40 cm de zahorra artificial en



A lo largo del trazado se han dispuesto dos enlaces en sus zonas de inicio y final, resueltas con glorietas deprimidas para distribuir los ramales de conexión, sobre las que cruza el tramo de la variante mediante sendas estructuras.



Vista aérea y detalle del enlace de Ayllón.

dos capas, 8 cm de MBC G-25, 6 cm de MBC D-20 y 6 cm de MBC S-20.

## Impacto ambiental

Para este Proyecto no ha sido necesaria una Declaración de Impacto Ambiental formalizada, lo



### U n á m p o r t a n t e s

<b>Excavación en desmante:</b>	492 810,44 m <sup>3</sup>
<b>Terraplén:</b>	189 813,19 m <sup>3</sup>
<b>Escollera en saneos:</b>	6 060,10 m <sup>3</sup>
<b>Estabilizaciones con cal:</b>	31 521,20 m <sup>3</sup>
<b>Zahorra artificial:</b>	46 831,00 m <sup>3</sup>
<b>Mezclas bituminosas:</b>	37 691,72 m <sup>3</sup>
<b>Acero B-500 S:</b>	779 514,14 Kg
<b>Vigas:</b>	3 144,4 m
<b>Hormigón:</b>	8 970,17 m <sup>3</sup>
<b>Muros de tierra armada:</b>	1 288,17 m <sup>2</sup>
<b>Barreras de seguridad:</b>	5 775,88 m
<b>Actuaciones ambientales</b>	
<b>Plantaciones:</b>	66 827,88 m <sup>2</sup>
<b>Hidrosiembras:</b>	41 603,46 m <sup>2</sup>

que no excluye la realización de un Análisis Ambiental y de las medidas correctoras pertinentes. Entre estas medidas se incluyen la ejecución de 41 603 m<sup>2</sup> de hidro-siembra y 68 709 m<sup>2</sup> de plantaciones de especies variadas, desde especies arbustivas como tomillo o lavanda hasta especies arbóreas como pinos, encinas, olmos (o chopos en la ribera del Aguijejo).

El presupuesto destinado a estas medidas de adecuación paisajística ha sido de 223 658 euros, además de los 5 489 euros dedicados al acondicionamiento del entorno de la Fuente de los Anillos, con colocación de mesas, bancos, papeleras, etc. ■

### F u e n t e T e c n i c a

<b>Nombre de la obra:</b>	Variante de Ayllón (N-110)
<b>Titular:</b>	Ministerio de Fomento. Demarcación de Carreteras del Estado en Castilla y León Oriental.
<b>Dirección de las obras:</b>	D. Rafael Rodríguez, ICCP.
<b>Empresa adjudicataria:</b>	COMSA
<b>Jefe de obra:</b>	D. Ramón V. Folgueral, ICCP.
<b>Asistencia técnica control y vigilancia:</b>	CYGSA Control y Geología, S.A.
<b>Jefe de Unidad:</b>	D. Alberto Sirio, ICCP.
<b>Asistencia técnica redacción proyecto:</b>	CYGSA Control y Geología, S.A.



Control y Vigilancia de las obras de la  
Autovía del Mediterráneo A-7.  
Tramo: Cocentaina-Muro de Alcoi.  
Provincia de Alicante

DONDE SIEMPRE HEMOS QUERIDO ESTAR

Ayudamos a diseñar el mañana,  
acercando los destinos  
y preservando nuestro entorno

 **prointec**

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

# Finalizado el tramo Cocentaina - Muro de Alcoy de la Autovía A-7

Vicente Ferrer Pérez, Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos y Director de las obras.

La obra "Cocentaina-Muro de Alcoy" forma parte del tramo central de la autovía A-7 y que en su itinerario entre Alicante y Valencia sustituirá a la N-340, vía que tradicionalmente ha servido de eje de vertebración para las comarcas del interior de ambas provincias, conocidas como Comarcas Centrales. De esta forma, el Ministerio de Fomento continúa con el desarrollo de las actuaciones proyectadas para mejorar el trazado de este corredor, transformándolo en una vía de alta capacidad, libre de peaje y dotándolo de unos elevados niveles de funcionalidad y seguridad vial.

Los últimos tramos que cierran el itinerario son, de sur a norte:

■ Variante del Barranco de la Bata, actualmente en construcción.

■ Variante de Alcoy, en servicio desde el 3 de diciembre de 2009.

■ Cocentaina-Muro de Alcoy, que se pone hoy en servicio.

■ Muro de Alcoy-Puerto de Albaida, en servicio desde el 30 de junio de 2010.

Cuando esté en servicio el último tramo que actualmente se encuentra todavía en construcción se acortará la distancia entre Alicante y Valencia en aproximadamente 10 km respecto al resto de los itinerarios actuales (por la costa y por La Font de la Figuera).

### Descripción de las obras

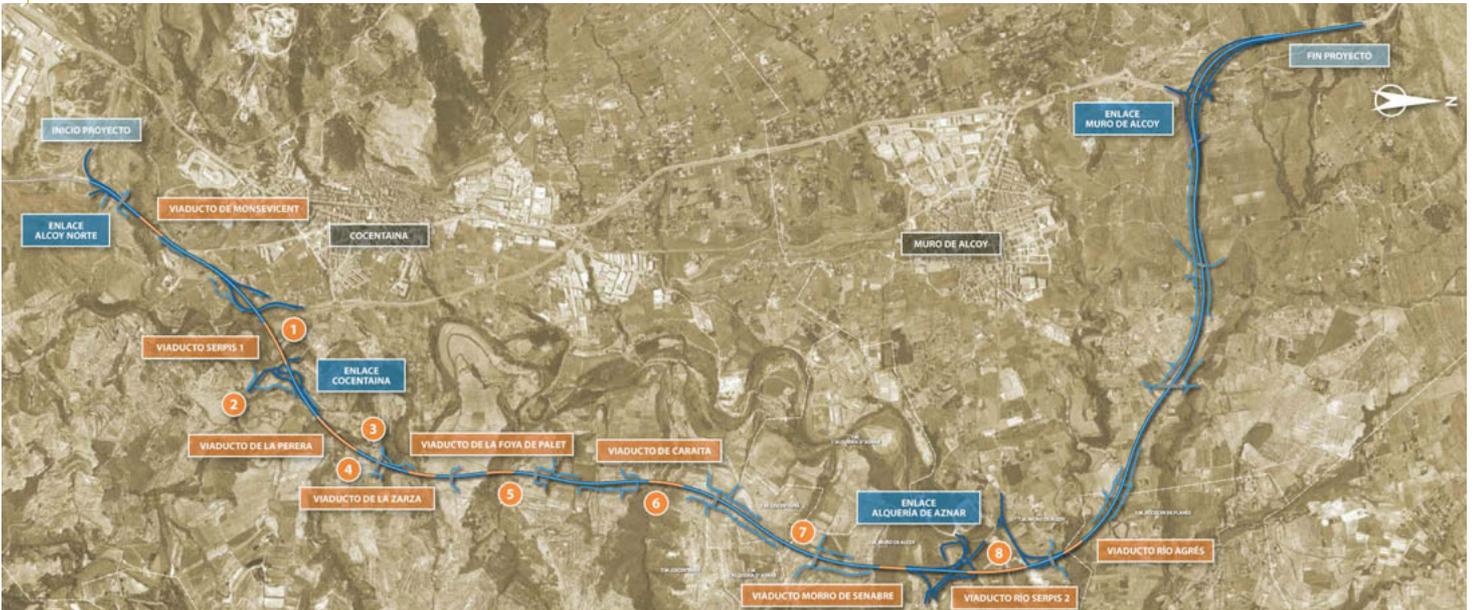
La obra "Cocentaina-Muro de Alcoy" atraviesa los términos municipales de Cocentaina, Muro de Alcoy, Alquería de Aznar y Alcocer de Planes. Tiene una longitud de 11,6 km, y sus características geométricas son las correspondientes a una velocidad



Enlace 1 (p.k. 0) con el paso superior del Cordel de Penella, y, al fondo, el viaducto Serpis 1.



Semienlace sur. Enlace 2.



Trazado en planta del tramo abierto al tráfico.

de proyecto de 100 km/h, con radio mínimo en planta de 540 m y pendientes máximas del 4%.

La autovía está compuesta por dos calzadas, una para cada sentido de circulación, con 2 carriles de 3,50 m cada una, arcén interior de 1,50 m, y exterior de 2,50 m. Las calzadas están separadas por una mediana estricta de 2 m.

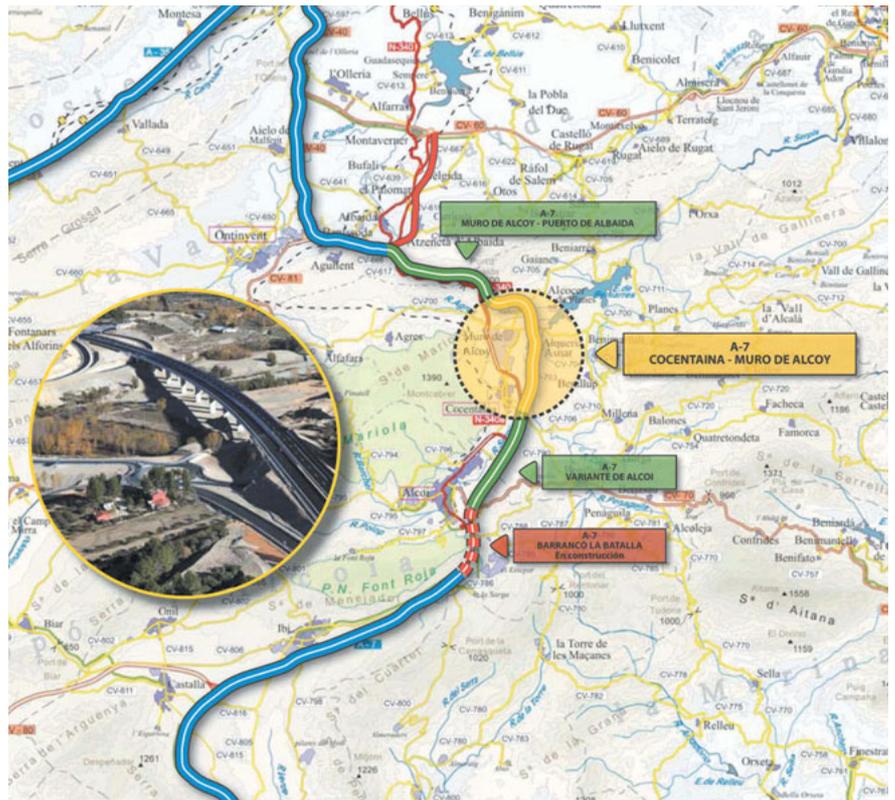
Ha sido necesaria la ejecución de 28 estructuras, de las que 9 son viaductos, 10 pasos superiores y 9 pasos inferiores.

A lo largo del tramo se han dispuesto cuatro enlaces que conectan la red viaria actual con la nueva infraestructura:

- Enlace de Alcoy Norte con la N-340
- Enlace de Cocentaina con la CV-790
- Enlace de Alquería de Aznar con la CV-700
- El Enlace de Muro de Alcoy con la carretera N-340.

Se inicia a continuación de la Variante de Alcoy, ya en servicio, donde se sitúa el primer enlace que conecta con la actual N-340. El primer kilómetro del trazado es una duplicación de la carretera actual incluyendo un nuevo viaducto paralelo al existente sobre el barranco de Monsencient, de 187 m de longitud.

A partir de ahí, el trazado se se-



Ubicación del tramo.

para de la carretera nacional y pasa a discurrir en variante. A la altura del kilómetro 1,9, la autovía cruza sobre el río Serpis y la carretera CV-790 mediante un viaducto de 330 m de longitud. A ambos lados de este viaducto se han ejecutado los ramales del enlace de Cocentaina. Prosigue la traza en dirección noreste cruzando el Barranco de Perera mediante un viaducto de 350 m de longitud.

Desde este punto, el trazado continúa hacia el norte, alternándose zonas en desmonte con cruces de barrancos que se han salvado mediante los viaductos de Barranco de la Zarza, de 140 m de longitud; Barranco de la Foya del Palet, de 160 m; el de Caraita, de 248 m; y el de Morro de Senabre, de 175 m. Estos tres últimos viaductos se constituyen como los de mayor altura, siendo sus pilas



Viaducto de Perera y detalles de su fase de construcción: montaje de vigas y dinteles.

centrales en todos ellos de entre 40 y 50 m de altura.

En el kilómetro 7,1 el trazado intercepta la carretera CV-700, donde se ubica el tercer enlace, volviendo a girar a partir de este punto hacia el Noroeste, cruzando de nuevo el río Serpis y posteriormente el río Agres mediante sendos viaductos de 410 y 140 m de longitud, respectivamente.

En el kilómetro 10,2 se cruza la vía verde Alcoy-Gandía, a la que se da continuidad mediante un paso superior en curva. El trazado continúa hasta el final del tramo y tras dirigirse hacia el Oeste, enlaza con la actual A-7 en el inicio del Puerto de Albaida, donde se sitúa el último enlace de la obra.

El movimiento de tierras realizado asciende a más de 8.000.000 m<sup>3</sup> entre desmontes y terraplenes. Por su parte, en las estructuras ejecutadas se han empleado 16 300 t de acero, 155 000 m<sup>3</sup> de hormigón, 166 600 m<sup>2</sup> de encofrado y 610 000 m<sup>3</sup> de cimbra. Igualmente, se han colocado 4 900 m de vigas prefabricadas.

La mala calidad de los materiales

existentes, con importantes problemas de estabilidad y sensibilidad ante la presencia de agua, ha obligado a realizar actuaciones adicionales destinadas a garantizar la estabilidad de los taludes de los desmontes ejecutados. Para combatir la erosión superficial se han dispuesto mallas de fijación sobre las que se ha proyectado turba y semillas con el fin de facilitar la colonización vegetal de la superficie.

Por su parte, en los taludes de desmonte con problemas de estabilidad y deslizamiento se ha procedido a la protección adicional de los mismos mediante la construcción de muros y tacones de escollera, habiéndose destinado unos 240 000 m<sup>3</sup> de escollera a tal fin en los más de 1 000 m de muros ejecutados.

Igualmente, la baja capacidad portante de los terrenos de cimentación



Paso superior de camino (p.k. 6+200) en talud con malla y muro de escollera de 8 y 5 m. En la foto inferior el muro de escollera en fase de ejecución.

# Autovías del Estado

y los riesgos de socavación han obligado a recurrir a la construcción de cimentaciones profundas en las grandes estructuras, lo que ha supuesto la ejecución de casi 28 km de pilotes de hormigón in situ, más del doble de la longitud total del tramo.

Por otra parte, las obras se han visto también condicionadas por la presencia de restos arqueológicos. Se ha ejecutado una importante intervención arqueológica sobre casi 10 000 m<sup>2</sup> de superficie. Fruto de estos trabajos se ha detectado la presencia de restos arqueológicos de importancia en dos de las zonas estudiadas en obra: Cantera de Benámer, donde se ha descubierto un yacimiento Neolítico del 4000 a.C.; y L'Alt del Punxó, donde se han descubierto restos íberos de importancia.

Finalmente, señalar que la obra ha incluido la restauración ambiental del entorno con el fin de disminuir su impacto e integrarla dentro de la zona atravesada habiéndose ajustado, en



Foto superior: Viaducto Serpis 2. En la foto inferior el viaducto del barranco de Caraita.

## Fi ch a T é c n i c a

**Nombre de la obra:**

Autovía A-7 del Mediterráneo (A-7). Tramo: Cocentaina-Muro de Alcoy.

**Promotor:**

Ministerio de Fomento (SEITT). Demarcación de Carreteras del Estado en la Comunidad Valenciana.

**Asistencia técnica a la redacción del proyecto:**

Ayesa.

**Dirección de Obra:**

D. Vicente Ferrer Pérez, ICCP.

**Empresa constructora:** Autovía Cocentaina-Muro de Alcoy UTE (Isolux Corsan-Vías).

**Gerente de la UTE:**

D. Rafael Esteban Narro, ICCP.

**Jefe de Obra:**

D. Joaquín J. Arenas Fenollar, ICCP.

**Asistencia técnica control y vigilancia en obra:**

Prointec.

**Jefe de Unidad:**

D. Víctor Ferrer Llopis, ICCP.

cuanto a las soluciones adoptadas, a la Declaración de Impacto Ambiental. Entre las principales medidas ambientales se encuentran la integración paisajística de la obra y de los vertederos generados, la restauración y protección del sistema hidrológico y la protección acústica del entorno mediante la disposición de pantallas acústicas.

El presupuesto de la obra ejecutada ha ascendido a 104 millones de euros, de los cuales 7,8 se han destinado a las medidas de restauración e integración ambiental.

Si a ello añadimos los costes de redacción del proyecto, control y vigilancia de las obras y expropiaciones, el importe total de la inversión realizada se sitúa en los 114 millones de euros. ■

## U n i d a d e s

**Excavación en**

**expansiones:** 5 599 158 m<sup>3</sup>

**Terraplén con tierras de excavación:** 2 134 668 m<sup>3</sup>

**Relleno formación**

**vertedero:** 3 644 828 m<sup>3</sup>

**Escollera procedente de préstamo:** 238 338 m<sup>3</sup>

**Excavación pendientes**

**taludes 2:1:** 197 529 m<sup>3</sup>

**Muro de escollera:** 1 071 m

**Pilote:** 27 808 m

**Hormigón armado:** 88 102 m<sup>3</sup>

**Acero corrugado:** 14 556 099 kg

**Encofrado:** 179 577 m<sup>3</sup>

**Hormigón postesado:** 20 798 m<sup>3</sup>

**Acero cordón trenzado:** 555 800 kg

**Cimbra:** 609 964 m<sup>3</sup>

**Viga prefabricada:** 4 905 m

**Mezclas bituminosas en caliente:** 125 808 t

**Suelo cemento:** 128 797 m<sup>3</sup>

# AUTOVIA A-7 DEL MEDITERRANEO TRAMO COCENTAINA-MURO DE ALCOY



**ISOLUX CORSÁN**  
CORSÁN-CORVIAM

**VIAS**





Mesa de inauguración de las jornadas. De izquierda a derecha, Dña. Rosario Cornejo, D. Juan Santamera, D. Aureliano López Heredia, D. Roberto Alberola y D. Ángel García Garay.

# XII Jornadas de Conservación de Carreteras

Los pasados días 10 y 11 de noviembre de 2010 y en la Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid tuvieron lugar estas Jornadas, promovidas por el Ministerio de Fomento, organizadas por la Asociación Técnica de Carreteras con la colaboración del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, y el patrocinio de Repsol.

## Miércoles, 10 de noviembre

El acto de inauguración fue presidido por el *Director General de Carreteras del Ministerio de Fomento*, **D. Aureliano López Heredia**, a quien acompañaron en la mesa presidencial, **D. Juan Santamera**, *Director de la Escuela*; **D. Roberto Alberola**, *Presidente de la ATC*; **Dña. Rosario Cornejo**, *Subdirectora General de Conservación y Explotación del citado Ministerio*; y **D. Ángel García Garay**, *Jefe de la Demarcación de Carreteras del Estado en Murcia y Presidente del Comité Técnico de Conservación, Gestión y Vialidad Invernal de la ATC*.

## SESIÓN 1. Eficiencia

Esta sesión comenzó con la ponencia **“Mejora de la eficiencia de la Conservación Integral. Indicadores”**, a cargo de **D. Ángel Jesús Sánchez Vicente**, *del Ministerio de Fomento*. Entre otras cosas y en cuanto al nuevo Pliego, informó que se han introducido Indicadores de Estado de los elementos para las actividades prioritarias, pero que su introducción no exige otro tipo de riesgos que el de construcción o de ejecución de la operación. Tampoco exige que las funciones del Director del Contrato se modifiquen y pase a ser Inspector. Así mismo, en algunas operaciones, el cumplimiento del indicador no supone que la operación se realice correctamente en su conjunto.

Siguiendo con los indicadores en los contratos de conservación integral en el nuevo pliego, afirmó que actualmente para las Operaciones del Grupo II no se fijan previamente objetivos específicos. Para este Grupo debe mantenerse el objetivo general de actuar como considere el Director del Contrato, en función del estado de los elementos de la carretera. Los objetivos específicos regulados por indica-

dores de estado podrían ser los siguientes: que la señalización vertical y el balizamiento estén en buen estado; un tratamiento adecuado de las márgenes: siega, poda y desbroce; que la calzada y los arcenes estén limpios; que no haya asentamientos, y que las juntas de dilatación y las marcas viales estén en buen estado.

Continuó exponiendo cómo se constituirá el nuevo Grupo IV y aclarando que, para cada uno de esos objetivos, se considerará una partida alzada a justificar, que incluya el precio y las unidades previstas para cada una de las actuaciones que hay que ejecutar, por lo que se abonará por el número de unidades y operaciones ejecutadas; y, si la cantidad prevista es insuficiente, se abonará en la liquidación. Finalizó matizando que, hecha la propuesta por el adjudicatario, se ejecutará la operación que decida el Director del Contrato, que será igual o más completa que la propuesta.

A continuación se celebró la **Mesa redonda: “Aplicación de técnicas eficientes y sostenibles en la conservación (lechadas, reciclados, mezclas templadas)**. En ella, **D. Francisco J. Payán de Teja-**

da, del *Ministerio de Fomento*, intervino con el tema **“Rehabilitación estructural”**, comenzando con las actuaciones en conservación de firmes, las cuales dividió en preventivas y de rehabilitación estructurales. Destacó dentro de las primeras la necesidad de la elección de materiales adecuados para su realización. Ya en la rehabilitación estructural, explicó sus tipos. En todo caso, la selección del tipo de rehabilitación pasa por una adecuada recopilación de datos previos, así como un estudio de campo sobre la situación actual, para lo que es necesario realizar unas auscultaciones, una inspección visual y la utilización de testigos y catas. Tras ello, un lógico estudio de alternativas y económico de las posibles soluciones, en los que habrá que valorar el coste del refuerzo, el del recrecido de elementos de contención y balizamiento, la recuperación de los gálibos, la reposición de otros elementos y los costes de la alteración del tráfico. También destacó el necesario estudio de las tecnologías sostenibles (reciclados y mezclas semicalientes o templadas). Finalizó subrayando que en cada caso hay que estudiar la solución globalmente más económica, y que el fresado y reposición, sin elevar la rasante de la carretera, puede ser una solución atractiva en algunos casos.

La **“Aplicación de técnicas eficientes y sostenibles en la conservación”** de **Mercedes Gómez Álvarez**, del *Ministerio de Fomento*, destacó el protagonismo de las lechadas bituminosas y la importancia de fabricarlas a menor temperatura. Tras ello presentó algunos ejemplos realizados entre 2007 y 2009, y en diferentes capas y tráfico (T0, T1 y T2). En cuanto a la directrices que se siguen para la próxima revisión del PG-3, señaló la necesidad de tener en cuenta la normativa europea, destacar las lechadas para rehabilitación superficial, la adaptación de los estándares de calidad de ligantes y áridos, y la compactación de microaglomerados más gruesos.

En definitiva, avanzó la nueva normativa de lechadas que van a ser consideradas como microaglomerados en frío y que va a tener tres nuevas granulometrías, poniendo a punto además sistemas de compactación, para acelerar su curado y puesta en servicio. Para la ponente, los



D. Ángel J. Sánchez Vicente y Dña. Rosario Cornejo.

microaglomerados en frío son una técnica eficiente y sostenible en la rehabilitación superficial, la revisión del PG-3 no va a suponer un gran cambio y sí va suponer una mejora de la calidad de los áridos y las emulsiones, además de facilitar la posibilidad de compactación de los microaglomerados más gruesos.

Por su lado, **D. José Antonio Soto**, de *Proas*, expuso **“Reciclados de capas bituminosas”**, subrayando que se trata de la técnica más ecológica y eficaz con el medio ambiente, que emplea emulsiones y betunes regenerantes, y con las que se aprovecha tanto áridos como ligantes. Además, se realiza in situ.

Posteriormente explicó los tipos de técnicas de reciclado, las especificaciones: Art. 20 PG-4: reciclado en frío con emulsión y reciclado en caliente; y las técnicas más interesantes: RFE in situ de vías BIT, RFE in situ 100% alternativa al fresado y reposición, RCB en planta desde 10 al 60% y reciclado templado en planta con emulsión.

Más adelante se centró en el reciclado en frío con emulsión bituminosa, clasificándolo según su composición, lugar de elaboración y en función del firme que hay que reciclar, hablando de los campos de su aplicación en rehabilitación de firmes total o parcialmente agotados, y destacando lo dispuesto en la orden circular 8/2001.

Tras exponer diversas consideraciones sobre el reciclado en caliente, se detuvo en el templado, al que calificó como un nuevo paso adelante, pues el reciclado templado: frente al caliente, supone un

aprovechamiento del 100% del material fresado y un menor consumo energético; frente al reciclado en frío, una mejora de la resistencia en seco, y tras inmersión, así como de la conservada, con una mayor densidad y menos huecos, y con un módulo dinámico similar a una mezcla en caliente G-20. Además no precisa ni riego de protección ni periodo de maduración.

**D. Francisco Lucas**, de *Repsol*, presentó **“Mezclas bituminosas adaptadas al cambio climático: semicalientes y templadas”**, en la que dijo que existe una preocupación social en cuanto a la reducción de emisiones, seguridad y salud laboral y ahorro energético de las actividades, destacando que el sector de la carretera está siendo sensible a dicha demanda. Así mismo subrayó que la reducción de temperatura en la fabricación de mezclas bituminosas, como típica unidad de obra en la rehabilitación de firmes, es la respuesta más inmediata (no única) a dicha demanda. Por ello se desarrollan las *mezclas semicalientes* y las *templadas*: las primeras tienen las mismas prestaciones que las calientes y se fabrican 20-30° por debajo, existiendo diversas técnicas de fabricación; y las segundas optimizan módulo, flexibilidad y temperatura de fabricación, aunque hay que diferenciar entre mezclas abiertas y cerradas.

Finalmente, destacó que se hace necesario contar con más experiencias, porque lo que hoy es voluntario, quizá mañana sea obligatorio, y hay que estar preparados.

Más adelante, se celebró la segunda **mesa redonda** que se centró en la **“Se-**

**guridad vial: Actuaciones de bajo coste y alta eficacia".** En ella, **D. Roberto Llamas**, del Ministerio de Fomento, subrayó que la mejora de las condiciones de seguridad de la circulación es objetivo básico en todas las operaciones y actividades de conservación. Dentro de esas actuaciones, con incidencia en la seguridad vial, habló de los Programas de Conservación Ordinaria y Vialidad, y del de Rehabilitación y Mejora.

Posteriormente, y dentro de los contratos de conservación integral del Ministerio de Fomento, informó de los distintos grupos y subgrupos, definiendo lo que se entiende por este tipo de actuaciones.

Entre sus características o ventajas destacó que tienen un pequeño presupuesto total o bajo coste unitario que facilita su aplicación a un mayor número de ubicaciones; son de fácil adopción, ya que habitualmente no se requiere la elaboración de un proyecto ni la contratación de equipos; disfrutan de agilidad administrativa; y una rapidez de ejecución y una alta rentabilidad, pues presentan alta relación beneficio/coste dado su pequeño importe y su elevado potencial de eficacia en la reducción de los accidentes y sus consecuencias.

Tras destacar la necesidad de realizar un estudio de eficacia para realizar un seguimiento de las actuaciones, desde el punto de vista de la seguridad vial, hizo una serie de consideraciones para su evaluación para lo que es necesaria la representatividad de la muestra analizada, que las actuaciones analizadas no tengan ningún solape físico ni temporal con otras actuaciones, la necesaria consideración de la variación del tráfico al trabajar con índices de peligrosidad y mortalidad, así como determinar la eficacia por tipo de actuación, la relación beneficio/coste, el período de amortización de la actuación, y las necesarias priorización de actuaciones y optimización de recursos, así como su máxima rentabilidad.

**D. Pablo Pérez de Villar**, del Ministerio de Fomento, presentó la **"Instrucción técnica para la instalación de reductores de velocidad (RDV) y bandas transversales de alerta (BTA) en carreteras de la Red de Carreteras del Estado"**, en la que afirmó que la instalación de RDV consiguen una reducción de entre el 15 y

el 30% de la V85 y que los aspectos que se regulan son su tipología, ubicación, materiales, diseño, ejecución y señalización. La revisión de la norma está motivada por la incorporación de las mejoras reveladas

de la muestra analizada, considerar el solape con otras actuaciones, así como la variación del tráfico al trabajar con IP e IM. Así mismo, analizar la eficacia por tipo de actuación, la relación beneficio/cos-



Mesa redonda: Aplicaciones de técnicas eficientes y sostenibles en la conservación. De izquierda a derecha, Sres. Soto, Martínez, Sánchez Vicente, Payán y Lucas.

con criterios de eficiencia, y la necesaria atención a los usuarios vulnerables, homogeneidad, y aplicabilidad. Por ello habrá más limitaciones para la ubicación de los RDV, ya que no podrán instalarse salvo justificación técnica en tramos frecuentados por vehículos de emergencia o autobuses, y en donde se den problemas de vialidad invernal. Además, tanto los RDV como las BTA deberán disponerse sólo en la calzada, los pasos peatonales sobrelevados se definirán a través de la pendiente, y la altura de los reductores de velocidad prefabricados (tipo lomo de asno) no podrán superar los 5 cm. En cuanto a la visibilidad nocturna, no será prescriptiva la iluminación, pero la señalización de advertencia e indicación deberá ser de nivel 3 de retrorreflectancia.

Finalizó presentando algunas alternativas a la disposición de RDV y BTA.

**Dña Ana Arranz**, de *Prointec*, expuso **"Actuaciones de bajo coste y alta eficacia"** en la que destacó la necesidad de aplicar una metodología adecuada fundamentada en una base de datos de actuaciones, valorando su antes y después, realizando unos análisis estadísticos y de coste-beneficio de las actuaciones determinando el período de amortización, y realizando un estudio por actuación y tipo de vía. Para ello, y como bases de partida, se requiere una representatividad

te, así como contemplar el período de amortización de la actuación con la necesaria optimización de recursos, buscando la máxima rentabilidad y priorizando las actuaciones.

También presentó un gran número de ejemplos en el que se reflejaron actuaciones de refuerzo de la señalización vertical, de implantación de paneles en curvas, hitos, balizas, etc., así como de la mejora de las marcas viales, describiendo de qué forma reduce la siniestralidad y el número de accidentes mortales, y haciendo una valoración de la relación coste medio por km y cómo se recupera esa inversión, siendo altamente positiva y rentable este tipo de actuaciones que no conllevan un elevado gasto y sí unos importantes beneficios sociales y económicos, como así demostró a través de los citados ejemplos.

**D. Marco Antonio Sosa**, de *Valoriza M.I.*, intervino con **"Actuaciones de bajo coste"**, afirmando que los tratamientos para crear superficies de alta fricción se llevan a cabo mediante la aplicación de un árido tratado (bauxita calcinada) y una resina de poliuretano que actúa como adhesivo. Se aplica directamente sobre la capa de rodadura como riego monocapa, en frío y sin utilización de disolventes. Tiene un espesor de 4 mm y el contacto resultante árido-neumático es de un 100%. Así mismo, permiten mantener al mismo tiem-

po valores del CRT superiores a 80 y de macrotextura superficial mayor que 1,2 mm durante largo tiempo y con niveles de tráfico elevados. Posteriormente expuso un caso de aplicación real llevado a cabo en la N-230, detallando la evolución del número de accidentes en el tramo.

En cuanto a los sistemas de referencia, para el mantenimiento de la distancia de seguridad, aclaró entre otras cosas que conducir sin mantener una distancia razonable ni prudente del vehículo precedente constituye el factor más significativo en la ocurrencia de accidentes de tráfico.

Más adelante se centró en las experiencias positivas y de gran éxito en otros países: Francia (pioneros en la instalación de elementos distanciadores), Inglaterra (con una reducción importante en la siniestralidad) y Chile (gran éxito en el proyecto piloto en la Ruta 68).

Finalmente analizó un caso real en la autovía A-5, subrayando que las salidas de vía son los accidentes que más se producen en el TCA.

**D. José M<sup>a</sup> Pardillo Mayora**, de la Universidad Politécnica de Madrid, expuso el planteamiento de las medidas de seguridad vial en la conservación, dentro del contexto de la transposición a la legislación española de la Directiva 2008/96/CE sobre gestión de la seguridad de las infraestructuras viarias, aprobada por el Parlamento Europeo el 19/11/2008. Si bien el ámbito de aplicación de la Directiva se circunscribe a las carreteras que forman parte de la Red Transeuropea, se recomienda su aplicación como conjunto de buenas prácticas en otras carreteras de la red nacional. Entre los procedimientos de actuación para la gestión de la seguridad vial en la red en servicio, la identificación y el tratamiento de los tramos de concentración de accidentes (TCA) y la clasificación de seguridad de la red para la identificación y el tratamiento de los tramos de alto potencial de mejora de la seguridad vial (TAPM) se desarrollarán en el marco de los programas de actuaciones para la mejora de la seguridad vial. En lo que concierne a los programas de conservación, la Directiva requiere la realización periódica de inspecciones de seguridad vial de las carreteras en servicio con el fin de identificar las mejoras que exigen una intervención de mantenimiento. Estas inspec-



Mesa redonda: Seguridad vial. Actuaciones de bajo coste y alta eficacia. De izquierda a derecha, Sres: Pérez del Villar y Llamas, Sras. Cornejo y Arranz, y Sres. Sosa, Sampedro y Pardillo.

ciones deberán ser desarrolladas por equipos dirigidos por técnicos especializados. Para su aplicación se establecerán unas directrices en las que se regulará el procedimiento de identificación de deficiencias y de propuesta de actuaciones de conservación.

Como conclusión de su intervención resaltó la importancia de la ejecución de medidas de bajo coste en conservación para la mejora de la seguridad de la circulación, cuya eficacia ha sido contrastada en numerosos estudios internacionales, de los que puso como ejemplo el desarrollado en Estados Unidos por la Universidad de Kentucky (2003), o el que llevó a cabo en España la Universidad Politécnica de Madrid en colaboración con la ACEX en 2008, en el que se estableció un catálogo de medidas de mejora de la seguridad vial en conservación.

Finalmente, **D. Juan Carlos Sampedro**, de *Acciona M.I.*, con su ponencia **“Actividades de seguridad vial de bajo coste”** se centró en una serie de actuaciones, las cuales fue explicando una a una gráficamente, y en la que se pudo apreciar el antes y el después de cada intervención, con sus lógicos beneficios.

Los ejemplos presentados fueron unos rellenos de cuneta profunda en varios puntos del sector AV-1 (provincia de Ávila), como en la N-110, en la que se se apreciaba una notable disgregación del revestimiento de hormigón; un escalón de más de 20 cm en un punto de la N-502, en las que se pudo reconstruir y rehabilitar disponiéndose después de la actuación de

cunetas practicables para vehículos, así como la reposición de obras de fábrica, rejillas, etc.

Más delante continuó con otros ejemplos de acondicionamiento de bocas de pasos salvacunetas en el mismo sector, así como de otras actuaciones, también de cunetas profundas en la N-603 (provincia de Segovia), exponiendo cómo se eliminaron obstáculos, se amplió la cuneta y se procuró un mínimo deslizamiento en un lugar concreto el que se había producido un accidente y de qué forma se había eliminado la peligrosidad del citado punto.

## SESIÓN 2. Contratación

En esta sesión se presentó la ponencia **“Orden de eficiencia en proyectos y obras”**, de **D. Ángel Luis Martínez**, del *Ministerio de Fomento*, quien definió la eficiencia como el uso racional de las disponibilidades presupuestarias para alcanzar la mejor conservación.

Posteriormente informó que se encuentra en tramitación la O. M. por la que se establecen medidas específicas para la mejora de la eficiencia en la ejecución de las obras públicas de infraestructuras ferroviarias, carreteras, puertos y aeropuertos del Ministerio de Fomento, con el objeto de establecer instrucciones de aplicación en los estudios informativos y proyectos, cuya aprobación corresponda a la Dirección General de Carreteras. Tras ello fue desgranando la Orden de Eficiencia por temas destacando, entre otras, que una de las principales novedades introducidas por esta Orden es el establecimiento de un cuadro de precios de re-

ferencia de la Dirección General de Carreteras. Los presupuestos de los proyectos deberán confeccionarse utilizando los precios recogidos en dicho cuadro de precios.

Además, para el ponente debe recordarse, por muy evidente que sea, que en los recrecidos en autovías se extienden unos determinados espesores de mezclas bituminosas a todo el ancho de la calzada (10,5 m) cuando únicamente se ha justificado su necesidad (habitualmente en los proyectos no hay mas deflexiones que las del carril exterior) en un carril (3,5 m). Además, el recrecido presenta a priori, otra serie de desventajas, algunas de las cuales no son fácilmente valorables.

### Jueves 11 de noviembre de 2010

#### SESIÓN 3. Sistemas de gestión

La tercera sesión comenzó con la cuarta *mesa redonda* dedicada a **Sistemas de gestión en la conservación (Auscultación, gestión por indicadores)**.

En su intervención, **D. Carlos Casas**, del *Ministerio de Fomento*, analizó los distintos tipos de operaciones de conservación, y el esquema de los sistemas de gestión de cada uno de ellos, diferenciando el de la "vialidad" respecto de los demás. Posteriormente, se expusieron diversos conceptos generales que aparecen al implantar los sistemas de gestión, haciendo especial hincapié en los indicadores (operacionales en vialidad y estructurales en el resto) y en las Cartas de Servicio que el órgano gestor de la carretera ofrece, implícitamente, a los usuarios de las carreteras.

Finalizó la intervención exponiendo la necesidad de utilizar las nuevas tecnologías, destacando las plataformas de trabajo en Internet, para mejorar la gestión, conseguir la debida uniformidad y coordinación entre los distintos Sectores de Conservación, y permitir la toma de decisiones en cualquier momento y lugar.

Por su lado, **Dña. Esther Castillo**, del *Ministerio de Fomento*, presentó "**Mejora en la eficiencia de la auscultación de firmes**", en la que calificó a las auscultaciones periódicas como parte esencial de los sistemas de gestión, cuyo alcance y programación fueron explicados



Dña. Esther Castillo.



Dña. María Martínez y D. Luis Ayres.

con detalle por la ponente. Para ello fue describiendo los distintos niveles de auscultación, tanto el sistemático como el patológico, y el necesario control de calidad de las actuaciones, etc.

También expuso, entre otros, los criterios de medición y su número: la regularidad y la fisuración en la red convencional y de alta capacidad en años alternos; la adherencia, una al año en toda la red; y la deflexión en las carreteras solicitadas. También expuso los parámetros de medición, tanto los estructurales (deflexión, fisuración) como superficiales (adherencia y regularidad) y las exigencias que se deben cumplir para cada uno de ellos.

Finalizó su intervención presentando la localización de los equipos de la DGC y cómo se presentan sus resultados.

**Dña. María Martínez**, de *Innovia*, intervino con el tema "**Programación de las actividades de conservación**". Comenzó su intervención aclarando que procuraría exponer una visión abierta del tema, criticando de manera constructiva los aspectos que creía que debía criticar, y sobre todo reflejar que no hay una manera única de hacer las cosas, ni de programar las actividades, ya que es bueno, tanto en relaciones internas de las empresas como en las relaciones cliente - empresa, marcar pautas a seguir, siendo igualmente importante permitir ciertos grados de libertad que logren que cada trabajador, cada funcionario y cada Empresa aporte su manera de hacer las cosas, favoreciendo así el desarrollo personal y empresarial, potenciando la investigación y el desarrollo

de las buenas ideas.

Para la ponente, la programación en conservación, como en otro tipo de obra, es básica para distribuir adecuadamente la anualidad o el presupuesto, y cuanto más nivel de detalle ofrezca, y más se base en criterios medibles y objetivos (indicadores), mejor definirá el control que los gestores tienen de su contrato de conservación. Así mismo, los indicadores deben tratarse como herramientas que aportan información valiosa. Finalmente, afirmó que, para su determinación, se deben aplicar los recursos suficientes y adecuados, acordes a la importancia de la información que proporcionan.

**D. Luis Ayres Janeiro**, de *API Movilidad, S.A.*, presentó "**El control de calidad en la conservación de carreteras**" y definió al control de calidad como todos los mecanismos, acciones o herramientas que disponemos o realizamos para detectar la presencia de errores en la realización de un proceso determinado, y mediante el cual éste evalúa la bondad de los procesos o trabajos realizados, verificando que cumplen los estándares previstos y eliminando los errores repetitivos del proceso. Para el Sr. Ayres, las empresas del sector de la Conservación de carreteras han ido sufriendo, peldaño a peldaño, la larga escalera de la calidad.

También destacó a lo largo de su intervención la importancia del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de Carreteras y Puentes PG3/75 (1976), las "Recomendaciones para el control de calidad de las obras de carreteras" (1987), y cómo en 1990 se empezó a in-

Introducir en las fábricas el concepto de “calidad”, cómo se contrató personal técnico, y se adquirieron los primeros equipos de medida, etc. También cómo, y en relación a la gestión de la calidad en las empresas, se implantaron y se certificaron los primeros Sistemas de Gestión de la Calidad, según la serie de normas ISO 9000, lo cual supuso cambios en instalaciones, equipos, maquinaria y, sobre todo en la forma de pensar y trabajar de todo, el personal.

También quiso subrayar que, desde 1996, se encuentra implantada en la conservación de carreteras de la Red del Estado la GSM, y que los indicadores de estado y calidad de servicio, así como el desarrollo de las Instrucciones Técnicas de Calidad (ITC – que son la evolución mejorada de las antiguas fichas de la GSM, y que nos permiten realizar un control de calidad preventivo, fiable y económico de todas las operaciones de conservación–), caracterizan la actualidad y cómo el futuro debe traer consigo una mejora de la formación en calidad de todas las personas que participan en los contratos de conservación y explotación de carreteras.

A continuación, tuvo lugar la **Mesa redonda: Inventarios y sistematización de los reconocimientos del Estado en conservación integral (Software, GIS)**, en la que intervino, en primer lugar, **D. Ignacio Suárez**, del *Ministerio de Fomento*, con el tema **“Introducción y estado del arte. Avances y futuro de los trabajos”**. Tras hacer una introducción en la que definió al inventario y sus características básicas, se centró en los existentes en la Red de Carreteras del Estado, a los que calificó como distintos porque se han originado para satisfacer necesidades distintas. Posteriormente, presentó un esquema del desarrollo de un sistema integrado de información de inventario y reconocimiento del estado; y, sobre su integración, subrayó la necesidad de una base de datos espacial, única e integrable, la necesaria disposición de un servidor de la totalidad de los datos, así como de una plataforma web accesible por PC o PDA a través de Internet. Para el ponente, las conclusiones y retos de futuro pasan por el objetivo de conseguir una información única para que cada gestor utilice la que necesite; pero hay que unificar las variables y valores, la



De izquierda a derecha, Sres. Galán, Suárez, Sánchez, Montijano y Casas.

estructura de las bases de datos y la de los ficheros cartográficos. Por ello, se hace indispensable desarrollar un sistema integrado de información de inventarios y reconocimiento de estado.

Por su lado, **D. Carlos Sánchez**, de *Audeca*, presentó **“Situación actual de los soportes informáticos de los inventarios para la conservación de carreteras”**, de la que es autor junto a **D. Antonio Tocino**, de *Ferrosfer*, y **D. Rafael Rodríguez**, de *Elsan*. En ella informó sobre la publicación en 1996 del GSM del Ministerio de Fomento, que establecía como parte fundamental del sistema de gestión el denominado “Inventario de elementos tipificados”, pero para el que no se diseñaba ni establecía ningún soporte informático común para su gestión, lo que ha dado lugar a una proliferación de diferentes soportes. El Comité de Conservación, Gestión y Vialidad Invernal de la ATC, consciente de este problema, constituyó un grupo de trabajo “Inventarios” con el objetivo de analizar cuál era el grado de desarrollo actual de los diferentes soportes informáticos de la GSM y en especial del “inventario”. Tras la realización de una encuesta, se constató la necesidad de unificación y simplificación de los sistemas, que el soporte GIS para el inventario lo utiliza el 46% de las encuestas realizadas, y que el grado de satisfacción de los usuarios con su sistema de inventario era normal o alto. También destacó que el TEREX se utiliza en 11 de los 58 sectores de conservación de la RCE que han enviado sus contestaciones a la encuesta, lo que le

sitúa como el programa más utilizado, ya que es un sistema totalmente adaptado a las necesidades de sistematización recogidas en la GSM, facilita la integración en un solo sistema de otros inventarios o informes específicos, posibilita la gestión en tiempo real por medio de una conexión a una plataforma web, así como la gestión integral de flotas de vehículos de conservación mediante su localización en tiempo real. Además, es un sistema de gestión de uso público.

**D. Pedro Galán**, del *Ministerio de Fomento*, explicó que el inventario de características geométricas y equipamiento 2009-2008 se ha realizado dentro del PEIT por la Subdirección General de Planificación y es continuación de los desarrollados en 1995, 1985 y 1960, también como información de base para la elaboración de los correspondientes planes de carreteras.

El actual inventario ha tenido como objetivos la actualización del catálogo de la Red de Carreteras del Estado, a 31 de diciembre de 2008 (publicado por el Ministerio de Fomento en diciembre de 2010), la cuantificación de las principales variables (462) de geometría y equipamiento de la RCE, la realización de un sistema de información geográfica a partir de la red y un catálogo desarrollado que sea común en toda la Dirección General de Carreteras y la conexión con el conjunto de inventarios gestionados en las distintas unidades de la Dirección General (firmes, estructuras, seguridad vial y conservación). Y, por supuesto, con el Mapa de Tráfico realizado en la misma Subdirección de Pla-

nificación.

El inventario contiene imágenes digitalizadas delanteras y traseras de todas las secciones de carreteras (cada 10 m), una base alfanumérica de los datos geométricos y equipamiento, una localización de cada punto de la carretera en las ortofotos del IGN y un SIG específico para toda la RCE. La colaboración con el IGN ha sido intensa y recíproca. Se recibió de acuerdo con la directiva INSPIRE todas las ortofotos del PENOA (Plan Nacional de Ortofotos Aéreas) y en la actualidad se ha remitido al IGN la cartografía obtenida del inventario, para que constituya la capa correspondiente de los planos y páginas WEB elaboradas por el citado organismo.

Como conclusión derivada de este inventario, y tal como figura en el catálogo publicado, cabe decir que a 31 de diciembre de 2009, una vez actualizados los datos de inventario del último año, la RCE tiene 25 633 km, de los cuales 7 985 son autopistas libres y autovías, 2 493 son autopistas de peaje y 618 de doble calzada. El resto (14 537 km) es red convencional. Esta red recoge el 51% del tráfico total y el 61% del tráfico pesado que circula por España.

A diciembre de 2009, y teniendo en cuenta el conjunto de la redes del Estado, CC.AA. y Diputaciones, España ocupa el primer lugar en Europa en longitud de vías de gran capacidad (autopistas de peaje, libres y autovías) con 14 021 km, que son 1 200 km más que los que tiene el segundo país que es Alemania.

Finalizó el turno de intervenciones de esta mesa redonda, **D. Juan J. Montijano Monzón**, del Sector MU 4, centrándose en la **"Normalización de inventarios"**. Sobre ella destacó la falta de acuerdo en la referenciación longitudinal de las carreteras, que no todos los inventarios funcionan con el nuevo sistema de coordenadas (ETRS89), que hay información duplicada en los distintos inventarios, que no hay catálogo que permita conocer qué inventarios hay disponibles y sus características, que tampoco hay homogeneidad en su acceso y que algunos de ellos necesitan propietarios, y no tienen capacidad de almacenar y visualizar la geometría de los elementos inventariados.

Entre las propuestas para la normali-



Sres. Navareño, Criado y Fernández.

zación de los inventarios y entre otras, afirmó que debe crearse un comité de normalización que cree un documento que actualice la GSM y defina las características que deben tener los inventarios y que éstos deben estar disponibles por medio de mecanismos estándar, proponiendo la creación de servidores *Web Map Service* y *Web Feature Server* que permitan que, desde cualquier sistema de información geográfica, se pueda superponer la información de otros inventarios.

A continuación, **D. Carlos Casas** y con la ponencia **"Sistemas de gestión de vialidad invernal y conservación ordinaria.- TEREX"**, afirmó que, respecto al Sistema de gestión de la Vialidad, se desarrolló su estructura, basada en disponer de una serie de instrumentos para la toma de decisiones en tiempo real, de una serie de pro-



D. Carlos Casas.

tolos y de implantar la Agenda de Información y estado de la carretera. Se expuso una serie de ejemplos gráficos, obtenidos todos ellos de la plataforma web de gestión de la Demarcación de Carreteras del Estado en Aragón

A continuación, se mostró de forma gráfica un ejemplo de la GSM, sistema de gestión de la Conservación Ordinaria, basado en la aplicación Terex 2009, desarrollada en la Unidad de Carreteras de Teruel. El Sistema se basa en disponer de un Inventario de elementos y programar una serie de inspecciones periódicas, de cuyos datos se obtienen una serie de indicadores estructurales. Aquellos elementos cuyo indicador excede el tolerado por la Carta de Servicios que establece el órgano gestor de la carretera, son incluidos en la programación de la conservación ordinaria. Finalmente, mostró unos ejemplos de integración de inventarios de varios Sectores de Conservación, gracias a la aplicación Terex Web, incluida en la plataforma de gestión de la Demarcación."

Tras esta intervención, **D. Luis Azcue**, Jefe del Servicio de Señalización del Ministerio de Fomento, presentó los **"Sistemas de gestión de la señalización"**, en la que afirmó que la Subdirección General de Conservación y Explotación ha dado el primer paso con la implantación del programa de inventario para desarrollar en un futuro, esperamos que cercano, un Sistema de Gestión de la Señalización Vertical de la Red de Carreteras del Estado. Con esta ponencia se pretendió exponer



Sr. Sellers.



Sr. Sánchez Rey.



Sr. Blanco.

cómo va a ser dicho sistema y qué avances se han realizado hasta la fecha.

Como conclusión se destacó la importancia actual del empleo de los Sistemas de Gestión en las distintas actuaciones que conforman los trabajos de conservación, ya que permiten conocer con exactitud los elementos que hay que conservar y su estado de conservación, para de esta manera establecer los oportunos umbrales de intervención.

La sesión finalizó con tres presentaciones sobre **“Sistemas de gestión de firmes y de puentes”**, en la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento. La primera de ellas a cargo de **D. Álvaro Navareño Rojo**, *Jefe del Servicio de Acondicionamiento de la DGC*, en la que definió el porqué de un sistema de gestión de firmes y de puentes, como herramientas que nos permiten realizar una actualización, un mantenimiento y operar con el patrimonio o elemento del que se trate, así como los requisitos que ha de tener un sistema de gestión para que se considere adecuado: que sea completo (por lo que debe implementarse y utilizarse en las distintas subdirecciones, “planificación”, “dirección técnica”, “proyectos”, “construcción”, “conservación”), que sea sistemático y esté estructurado en distintos niveles de gestión, y que permita, por tanto, planificar a corto y a largo plazo. De esta manera se podrán optimizar los recursos empleados en mantener la infraestructura de firmes y de puentes y se conseguirá además una mayor seguridad para sus usuarios. Comentó también las distintas actividades que se estaban rea-

lizando en el marco de ambas gestiones, destacando la importancia en el caso de los puentes de las **Inspecciones Principales**, que se realizan mediante contratos específicos y por ingenieros formados en inspección de estructuras, y que constituyen una verdadera auscultación visual de las estructuras.

A continuación **D. Emilio Criado** expuso en su presentación en qué consistía el programa informático de gestión de puentes (SGP), desarrollado por *Geocisa*, y que se articula a través de un módulo de inventario, y tres de inspecciones, “básicas” –desarrolladas por los centros de conservación–; “principales” –realizadas mediante contratos específicos sistemáticamente en todos los puentes de la red, y que asignan a cada estructura un índice de condición entre 0 y 100; y por último las inspecciones “especiales” –cuando se detecta un daño en alguna estructura, y en las que se analizan las patologías y se elaboran informes o proyectos–. Posteriormente se mostró la página web *fomento-sgp.com* desarrollada para que todos los sectores de conservación y las distintas unidades puedan acceder a la información del sistema y consultarla, así como intercambiar información sobre el sistema de gestión de puentes y la metodología.

Finalmente, **D. Luis Fernández**, explicó en qué consistía el Sistema informático de Firmes de la Dirección General de Carreteras, desarrollado por la empresa *Getinsa*. Dicho sistema se articula en un módulo de gestión técnica, que permite, a partir de los datos de auscultación, tráfico, clima y algunas otras variables, de-

terminar el estado del firme en el momento actual, y también realizar una prognosis de distintos escenarios de futuro en función de los presupuesto disponibles, que permitan realizar un plan obras de refuerzo de firme a medio o largo plazo. También, a través de un módulo de gestión administrativa, que permite concretar las actuaciones a partir de las ordenes de estudio existentes en las subdirección de conservación y explotación. Finalmente, se presentó la página web de consultas *fomento-sgf.com*, que permitirá actualizar y consultar los datos de inventario de firmes en todos los sectores de conservación, así como intercambiar información relativa a la gestión de los firmes con las distintas unidades de carreteras.

### SESIÓN 4. Explotación

La cuarta sesión comenzó con la presentación de la ponencia **“Conclusiones del Grupo de Explotación de la Subdirección General de Conservación y Explotación de la DGC. Ministerio de Fomento”**, cuya autoría es compartida por **D. Agustín Sánchez Rey**, en la que, y entre otras muchas informaciones, dada la densidad de su ponencia, afirmó que en el área de “Personal y formación” se debía impulsar la formación mediante la realización de Cursos, auspiciados por el Ministerio de Fomento, para el personal de Conservación Integral y concesionarias; e incluir más aspectos de Explotación en las periódicas Jornadas de Conservación y Explotación, e incluso promover Jornadas temáticas específicas sobre Explotación, facilitando la asistencia al mayor número de personas impli-

cadadas. Así mismo y con el objeto de promover e incentivar que se cubran de forma estable las plazas de Explotación en los Servicios Centrales del Departamento y Periféricos, se propone promover una adecuada RPT con puestos y salarios acordes para técnicos, administrativos y personal laboral/caminero, extensiva a los Servicios de Actuación Administrativa, con complementos específicos incentivantes. Además, iniciar un debate sobre los Pliegos que rigen la Conservación Integral con el objeto de introducir figuras que incentiven la estabilidad.

En cuanto a la Actualización normativa y Delegación Competencial: delegar competencias en los Servicios Periféricos en materia de urbanismo, accesos y ocupación del dominio público, con el objeto de priorizar la agilización de los expedientes relativos a urbanismo, accesos y ocupación sistemática del dominio público, descargando así a los Servicios Centrales de muchos expedientes que podrían ser resueltos adecuadamente por los Servicios Periféricos. Así mismo, se propone que, por lo que a Explotación se refiere, se proceda a la revisión y actualización en numerosos aspectos de la Ley y Reglamento General de Carreteras vigentes y de la Orden Ministerial de Accesos y se tome, como base de trabajo, la labor anteriormente realizada al respecto por la Dirección General de Carreteras y plasmada en el Borrador de modificación de la Ley de Carreteras realizado en 2006 (documento fechado el 28/12/2006).

Intervino a continuación **D. Agustín Sánchez Rey**, del *Ministerio de Fomento*, con el tema **“Explotación de carreteras”**, concepto que explicó y definió legalmente, analizando y explicando cada una de las responsabilidades que abarca.

Tras ello, expuso las responsabilidades de su Subdirección General, tras lo que presentó un cuadro resumen de actuaciones durante el 2009 realizados tanto por las Demarcaciones como por los Servicios Centrales, pasando a continuación a informar sobre el proyecto de la nueva Orden Ministerial sobre delegación de competencias, cuya finalidad es agilizar la gestión y mantener la unidad de criterios, y de la que tan sólo daremos unas pinceladas.

Dentro del tema de autorización de ac-



De izquierda a derecha, Sr. Azcue, Sra. García, Sr. Vilanova y Sr. Valdecantos.

cesos y planes urbanísticos serán competencia del Director General lo relativo a autopistas y autovías (tronco y enlaces) y carreteras convencionales sólo si afectan significativamente a las autovías y autopistas, siendo de los Jefes de Demarcación las carreteras convencionales, vías de servicio, caminos; y en autopistas y autovías los informes desfavorables a solicitudes de acceso o planes urbanísticos por defecto de fondo o incumplimiento de requisitos documentales. Para los Jefes de Unidades y Servicios de Conservación y Explotación, el resto de autorizaciones e informes en zonas de protección.

En cuanto a las autorizaciones de ocupación de dominio público serán: del Director General, si afectan a más de una Demarcación o concurren circunstancias especiales; de los Jefe de Demarcación, si afectan a varias provincias o se se trata de resoluciones denegatorias por incumplimientos de requisitos de fondo o forma; de los Jefes de Unidades o servicios COEX cabeceras de Demarcación, si afectan a una sola provincia.

Por su lado, **D. José I. Sellers**, del *Ministerio de Fomento*, presentó el **“Borrador de Guía Práctica para la elaboración de informes sobre planeamiento urbano que afecte a la Red de Carreteras del Estado”**. Comenzó por subrayar que se trata de un borrador abierto a comentarios y sugerencias, destacando la importancia del planeamiento como herramienta de explotación preventiva con gran incidencia en la seguridad vial; y que el nivel de exigencia de la Sociedad es mucho

mayor que con ninguna otra Administración Pública. De hecho mostró algunos ejemplos de cómo la prensa se hacía eco de diversas acusaciones hacia el Ministerio por algunos accidentes ocurridos haciéndole responsable de ellos.

Para el Sr. Sellers, los principios elementales que se desarrollan en la Guía son: competencia para la firma de informes, plazo de emisión y sus efectos, carácter del silencio, consideraciones comunes a estudiar, tipos de afección a la red presente y futura, así como otras cuestiones de aplicación diversa. Tras ello dividió el tipo de afecciones en directas e indirectas, definiendo cada una de ellas.

Para el ponente, no hay que despreciar ninguna posible afección, y, sobre todo las indirectas, que pueden pasar desapercibidas y ser las más peligrosas para la seguridad vial. En todo caso no hay que dudar y pedir información complementaria si es necesario.

### SESIÓN 5. Vialidad invernal

Comenzó con la **Mesa redonda: Eficiencia en vialidad invernal**. En ella, **D. Luis Azcue** hizo un repaso de los objetivos que se persiguen con la ejecución de los trabajos para el mantenimiento de la vialidad invernal, así como un análisis de la pasada campaña 2009/2010. Por último hizo una breve referencia a los proyectos que se están llevando a cabo desde la Subdirección General de Conservación y Explotación, para mejorar la eficiencia en una serie de aspectos relacionados con la vialidad invernal.

Como conclusiones, el ponente apuntó que el esfuerzo llevado a cabo tanto en lo que se refiere al incremento de medios – que ha supuesto multiplicar por cuatro los equipos quitanieves y por casi siete la capacidad de almacenamiento–, como en la aplicación de nuevas técnicas, la extensión de fundentes en forma líquida, y la aplicación de nuevas estrategias, deben ir acompañadas por un mejor aprovechamiento de medios y procedimientos para conseguir sistemas eficaces y eficientes y responder así a los, cada día, más exigentes requerimientos de los usuarios.

Por ello, parece adecuado plantearse la posibilidad de aplicación de los sistemas de ayuda a la toma de decisiones MDSS, y conocer su verdadero ámbito de aplicación y su potencialidad como herramienta de ayuda para suministrar, al personal encargado del mantenimiento invernal, recomendaciones sobre las estrategias que haya que aplicar.

Otro aspecto que consideró fue la necesidad de repasar periódicamente el “estado del arte” en lo que a fundentes se refiere para: por un lado, recordar por qué “hacemos lo que hacemos”, es decir por qué utilizamos mayoritariamente como fundente el cloruro sódico, comprobando si existe otro que pueda sustituir eficazmente a éste; y, por otro, presentar qué alternativas existen a su utilización, en aquellos casos concretos donde no sea conveniente su empleo.

Por último destacó la importancia que actualmente tiene disponer de información en tiempo real, lo que es especialmente relevante en aspectos relacionados con la vialidad invernal. Hoy en día es claro que debe aprovecharse la potencia que proporcionan sistemas como “Internet” para compartir información de una manera rápida y fácilmente accesible.

Más adelante, **Dña. Lola García**, de INOCSA, presentó **“Eficiencia en la vialidad invernal. Materiales empleados en los trabajos para el mantenimiento de la vialidad invernal y sistema de gestión de la información de vialidad invernal”**. En su intervención destacó la dificultad existente a la hora de recopilar datos homogéneos y comparables sobre los distintos fundentes y lo complicado de aclarar las diferentes discrepancias al tratarse de un trabajo puramente teórico. Para la



Sres. Fernández, Vilanova y Tocino.

ponente, el fundente que mejor se adapta a las necesidades de la DGC es el cloruro sódico por la ubicación geográfica de nuestro país, su compatibilidad con el cloruro cálcico, su gran versatilidad y su aceptable afección al medio ambiente, así como su precio más competitivo. Además, cuando no es aconsejable su utilización, se acude al acetato de calcio y magnesio que, aunque son más caros, son fundentes menos agresivos con el hormigón. Tras ello habló de la página web invernal, que es una herramienta informática desarrollada en un entorno protegido que operará a través de internet y diseñada para facilitar la introducción de datos desde los centros COEX, y la gestión en tiempo real de la información relativa a la vialidad invernal. A partir de la campaña 2010/11 toda la información se transmitirá a través de este sistema de gestión y estará plenamente operativo a finales del mes de noviembre.

El **“Sistema de ayuda a la toma de decisiones en los trabajos para el mantenimiento de la vialidad invernal”** fue la propuesta de **D. José Carlos Valdecantos Álvarez**, de Alvac, quien comenzó definiendo qué es el MDSS (*Maintenance Decision Support System*), que es una herramienta que integra la información sobre el pronóstico del tiempo, el estado del pavimento y los recursos disponibles para suministrar, al personal encargado de la conservación, información y recomendaciones sobre las estrategias que se deben llevar a cabo para el mantenimiento de la vialidad invernal. Con ello se toman mejores decisiones y con una mayor in-

formación, lo que produce una gestión más eficiente. Posteriormente se detuvo en los productos existentes, destacando entre los proveedores privados a Boschung, Vaisala, Meridian; en Japón el *Civil Engineering Research Institute for Cold Region (CERI)*; y en EE.UU., la *Federal Highways Agency Pooled fund study*. Tras ello explicó el funcionamiento con todos los parámetros de que se dispone teniendo en cuenta el pronóstico meteorológico, las características del tramo, las especificaciones, niveles de servicio, etc., explicando posteriormente el modelo METRO.

Finalmente se celebró la última de las **Mesas redondas: Mejora en la coordinación de actuaciones ante nevadas y otras situaciones meteorológicas extremas**. En ella, **D. Vicente Vilanova**, del Ministerio de Fomento, intervino con el tema **“Mejora en la coordinación de actuaciones ante nevadas y otras situaciones meteorológicas”** en la que, tras explicar la composición de la RCE, informó que el 37% de la red se encuentra por encima de los 700 m y se alcanzan cotas superiores a los 1 700 m. Entre otras consideraciones generales, explicó que la mitad del territorio español se ve afectado en invierno por problemas de nieve o hielo, por lo que es necesario llevar a cabo trabajos para el mantenimiento de la vialidad invernal en unos 10 400 km de la RCE, que está dividida en 160 Sectores. Tras ello informó que los trabajos para ese mantenimiento en la RCE se llevan a cabo a través de Contratos de Conservación Integral, que es adjudicado

a una empresa especialista. Tras definir sus lógicos objetivos, destacó la necesidad de modernizar e incrementar los medios para tratar los fenómenos climatológicos invernales, así como la organización de los trabajos de vialidad invernal, impulsar la implantación de nuevas tecnologías, construir aparcamientos de emergencia para vehículos pesados y disponer de información de incidencias en tiempo real.

En cuanto al mantenimiento de la vialidad invernal, informó que el criterio básico de la Dirección General de Carreteras, a la hora de diseñar los Planes Operativos, es la **anticipación**, lo que se pone de manifiesto en la realización de tratamientos preventivos generalizados, repetidos e intensos.

En cuanto a las actuaciones para la mejora de la coordinación, destacó que son especialmente necesarias en zonas urbanas y periurbanas, así como la necesaria unificación del centro de control con asistencia obligatoria de las administraciones implicadas, los cuales debe disponer de toda la información en tiempo real y que cada administración debe disponer de los medios necesarios para alcanzar el mismo nivel de servicio.

En cuanto al sistema de gestión de máquinas quitanieves, expuso los criterios de implantación de los aparcamientos de emergencia, de los cuales hay 28 en servicio, 7 en ejecución y 21 en proyecto.

**“Coordinación de actuaciones entre nevadas y otras situaciones meteorológicas”** fue la ponencia presentada por **D. Federico Fernández Alonso**, de la DGT, quien comenzó exponiendo los aspectos normativos en cuanto a características funcionales, protocolo aplicativo, equipamiento, métodos de prueba, conservación y mantenimiento, etc., fundamentados en la Ley Orgánica 4/1997 y en los R. D. 596/1999, 339/1990 y 1428/2003, así como las normas UNE-135411 Grupo de estaciones remotas, UNE-135421 Grupo de estaciones de toma de datos y comunicaciones, y UNE-135441 Grupo de sensores de variables atmosféricas en carretera (SEVAC). Tras ello informó sobre el personal y los equipos en los CGT de Tráfico y explicó cada uno de los criterios de los niveles de calidad de servicio y las medidas que han de adoptarse, así como las recomen-



Sra. Comejo y Sr. García Garay en el acto de clausura.

daciones que hay que seguir según los niveles de servicio, describiendo los peligros y dando respuesta a cada una de las lógicas preguntas que el conductor se hace ante esas situaciones. Tras ello explicó qué dice el manual de la DGT y los objetivos que presentan sus manuales de procedimiento y de Operadores.

Finalizó presentando distintos escenarios y medidas de actuación, cómo se establecen los distintos nivel de servicio y cómo se coordinan, mostrando algunos ejemplos gráficos de señalización, y presentando unos vídeos de los que su mayor y mejor conclusión es la necesaria concienciación del conductor y la debida racionalidad de sus actos.

Por último, **D. Antonio Tocino**, de Ferrovial, informó a los presentes de la **“Coordinación operativa en nevadas en el**



D. Ángel García Garay presentando las conclusiones de las Jornadas.

**sector M-9”**, describiendo su organización, el apoyo tecnológico del que se dispone para la vialidad invernal y cómo se realiza la coordinación operativa. Para ello informó a los presentes del trazado, del perfil longitudinal (con cotas máxima de 1 454 m y mínima de 950 m), de la climatología, del acopio de fundentes y su ubicación dentro del sector competencia de su empresa. Así mismo de su personal y maquinaria.

En cuanto al apoyo tecnológico habló del sistema de gestión de flotas con GPS, las previsiones meteorológicas de AEMET y cómo se recogen los datos de las estaciones meteorológicas, se alimentan las fórmulas de los modelos matemáticos, etc.

Posteriormente, y ya en la coordinación operativa, explicó el protocolo operativo de vialidad invernal (alertas y medios), el posicionamiento de los camiones en alerta de nieve, y las restricciones, circunstancias y medidas que se adoptan con relación a transportes especiales y vehículos pesados, subrayando que en todo caso se han de adoptar decisiones coordinadas.

Más adelante mostró el mapa de ubicación de los aparcamientos de vialidad invernal y desglosó el protocolo, circunstancias y medidas relacionadas con las restricciones a vehículos sin cadenas y articulados cruzados.

Finalmente, **D. Ángel García Garay** procedió a la lectura de las conclusiones, tras las cuales **Dña. Rosario Comejo** procedió a la clausura de las jornadas, felicitando a la organización y a los ponentes su colaboración y agradeciendo la presencia de los asistentes. ■

### Jornada técnica sobre

# Experiencias recientes en estructuras de tierra para infraestructuras viarias

**E**l 10 de febrero de 2011 y en la sala Agustín de Betancourt del salón de actos del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, c/ Almagro 42, de Madrid, tendrá lugar esta jornada organizada por la ATC (Comité de Geotecnia Vial), promovida por el Ministerio de Fomento, y la colaboración del citado Colegio.

#### Presentación de la jornada

Hace unos diez años que se redactó la última versión de los artículos del PG-3 del Ministerio de Fomento, relacionados con estructuras de tierra. Desde entonces se han realizado numerosas obras de terraplenes, pedraplenes y "todo-uno", tanto en el campo de las Autovías y de las carreteras nacionales y autonómicas, como en el del ferrocarril, especialmente en las Líneas de Alta Velocidad.

A lo largo de estos años se han podido observar diversos problemas en la interpretación del PG-3 y también en la extrapolación del mismo, con un uso muy importante de "materiales marginales", contemplados en dicho Pliego de Prescripciones Técnicas.

Por ese motivo, el Comité de Geotecnia Vial ha considerado muy conveniente hacer una reflexión sobre la experiencia real obtenida en el diseño y ejecución de estas estructuras de tierra, abriendo un foro de discusión sobre dichas experiencias.

La Jornada va dirigida a técnicos relacionados con la gestión, diseño, construcción, explotación y mantenimiento de estructuras de tierra en Infraestructuras Viarias.

**Director Técnico de la Jornada: D. Carlos Oteo Mazo, Presidente del Comité de Geotecnia Vial de la ATC.**

#### Programa de la jornada

08.30 a 09.15. **Acreditaciones**

09.15 a 09.30. **Acto de inauguración.**

09.30 a 09.55. **Las obras de tierra en el Comité Europeo de Normalización: primeros pasos en común**, por D. Álvaro Parrilla, DGC. Ministerio de Fomento.

09.55 a 10.20. **Aproximación a la cam-**

**paña geotécnica en los proyectos de carretera**, por Dña. Rebeca Carabot, DGC. Ministerio de Fomento.

10.20 a 11.00. **Filosofía del diseño y ejecución y su patología**, por D. Carlos Oteo Mazo, Presidente del Comité de Geotecnia Vial de la ATC.

11.00 a 11.30 **Pausa-Café**

11.30 a 12.00 **Métodos modernos de control de compactación**, por D. J. L. García de la Oliva. Laboratorio Geotecnia. CEDEX.

12.00 a 12.30. **Varias experiencias en tramos de ensayo en pedraplenes y rellenos todo-uno**, por D. Francisco Fernández de la Llave. Tevaseñal.

12.30 a 14.00. **COMUNICACIONES LIBRES**

Moderador: D. Rafael Pérez Arenas, ABERTIS - Autopistas de España.

**"Procedimiento y comportamiento de terraplenes realizados con materiales yesíferos"**, por D. Francisco Castanedo, EPSA.

**"Experiencias actuales del procedimiento y comportamiento de cuerpo de terraplenes mediante materiales arcillosos con cal hidratada"**, por D. Carlos Oteo, ATC.

**"Empleo de neumáticos fuera de uso en la construcción de terraplenes. Caso práctico Carretera M-111"**, por Dña. María Teresa Mateos, IBERINSA

**"Modernización del Eurocorredor V: Bratislava-Trnava"**, por D. Enrique Gómez de Priego, TENSAR.

**"Utilización de equipos de alto rendimiento para la recepción de rellenos compactados"**, por D. José A. Ramos, Euroconsult.

**"Tratamiento y consolidación de terraplenes afectados por inclemencias meteorológicas"**, por D. Illán Paniagua, INES.

14.00 a 14.15 **Coloquio**

14.15 a 16.00 **Almuerzo-Bufferet.**

16.00 a 17.15. **COMUNICACIONES LIBRES**

**"Aplicaciones innovadoras a la me-**

**jora de la rigidez en la transición terraplén - estructura"**, por D. José Alberto Rivas, ADIF.

**"Tratamiento de cuña de transición con inyecciones en Amposta"**, por D. Javier Moreno, CEDEX.

**"Terraplén experimental construido con neumáticos troceados"**, por Dña. Herminia Cano, CEDEX.

**"Comportamiento de terraplenes sobre terrenos de turbas"**, por D. Luis Suárez, ADIF.

**"Estabilizaciones con cal en terraplenes con materiales marginales y en zonas especiales en líneas de alta velocidad"**, por D. Ángel Sampedro, UAX.

17.15 a 17.30 **Pausa Café**

17.30 a 18.15 **COMUNICACIONES LIBRES**

Moderador: D. Fernando Román, UPM.

**"Rotura de un terraplén sobre limos arenosos de residuos mineros"** y **"Determinaciones de la densidad y humedad de compactación en un terraplén"**, por D. Fernando Román, UPM.

**"Tratamientos con cal en los terraplenes del tramo Tocón- Valderrubio de la línea Antequera -Granada"**, por D. Luis J. Quero, ADIF.

**"Patología de terraplenes por combustión de préstamos de escorias de carbón"**, por D. Nazaret Sevillano, INECO.

**"Caracterización geotécnica de un relleno todo -uno de 40 m de altura en fase de construcción"**, por D. Juan Valerio, CEDEX.

18.15 a 18.45 **Coloquio**

18.45 a 19.00 **Acto de clausura**

#### Secretaría de la jornada

Asociación Técnica de Carreteras. C/ Monte Esquinza, 24; 4º dcha. - 28010 MADRID (ESPAÑA). Tel.: (34) 91 308 23 18 - Fax.: (34) 91 308 23 19. E-mail: congresos@atc-piarc.com.- www.atc-piarc.com

**Precio de la Jornada:** 150 euros + 18% IVA = 177 euros

Incluye: El café en los descansos, el almuerzo de trabajo, documentación de la jornada, certificado de asistencia ■



De izquierda a derecha, D. José María Pertierra de la Uz, Director General de Carreteras; D. José Blanco, Ministro de Fomento; y D. Manel Villalante i Llauradó, Director General de Transporte Terrestre.

# El Ministro de Fomento preside la toma de posesión de los nuevos Directores Generales de Carreteras y de Transporte Terrestre

**E**l pasado viernes 10 de diciembre de 2010, el *Ministro de Fomento*, **D. José Blanco**, presidió en Madrid el acto de toma de posesión de **D. José María Pertierra de la Uz**, como nuevo *Director General de Carreteras*, y de **D. Manel Villalante i Llauradó**, como responsable de la *Dirección General de Transporte Terrestre*, cuyos nombramientos fueron aprobados por el Consejo de Ministros celebrado el 3 de diciembre de 2010.

El Sr. Pertierra de la Uz sucede en el cargo a D. Aureliano López Heredia que llevó la Dirección General de

Carreteras de este Ministerio desde el 24 de octubre de 2008.

Por su lado el Sr. Villalante sustituye en el cargo a D. Francisco Espinosa Gaitán que fue nombrado el 3 de septiembre de 2010.

### **D. José María Pertierra de la Uz, Director General de Carreteras**

D. José María Pertierra nació en 1956 en Soto de la Barca, población adscrita al municipio de Tineo (Asturias). Es Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos por la Universidad

Politécnica de Madrid. Desde mayo de 2004 venía ocupando el puesto de Director General de Carreteras de la Consejería de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio e Infraestructuras del Principado de Asturias, cargo desde el que, entre otros, ha planificado y desarrollado el Plan Autonómico de Carreteras de Asturias 2002-2010.

Previamente, su actividad laboral ha estado estrechamente ligada al ámbito de la Administración Autonómica donde, desde 1985, ha trabajado en distintos departamentos relacionados con el sector de la



El Sr. Pertierra jurando su cargo como nuevo Director General de Carreteras en presencia del Ministro de Fomento.

conservación y de la construcción de carreteras.

Así, ocupó la Jefatura de Servicio de Construcción de la Dirección General de Carreteras en el periodo 1999-2004; fue responsable de la Oficina de Supervisión de Proyectos y de la Sección de Coordinación Viaria (1997-1999); y jefe de distintos servicios de conservación y explotación de carreteras entre los años 1986 y 1997.

Por otra parte, forma parte del Consejo de Administración de la Autoridad Portuaria de Avilés, el Ente Gestor de Infraestructuras de Telecomunicaciones del Principado, el Centro de Transportes de Gijón, el Consorcio de Transportes de Asturias y es también miembro de la Comisión de Asuntos Medioambientales de Asturias y de la Comisión de Urbanismo y Ordenación del Territorio de Asturias.

### **D. Manel Villalante i Llauredó, Director General de Transporte Terrestre**

Desde 2007, D. Manel Villalante i Llauredó, natural de Barcelona (1954),



D. Manel Villalante en el momento de su juramento como Director General de Transporte Terrestre.

ocupaba el cargo de Director General del Transporte Terrestre (DGTT) del Departamento de Política Territorial y Obras Públicas de la *Generalitat de Catalunya*. Al mismo tiempo desarrollaba las labores de Presidente de Catalunya Carsharing y las de Consejero para distintas entidades

(FGC, TMB, GISA, IFERCAT, Autoridades de Transporte de Barcelona, Girona, Lleida y Tarragona), y era miembro del Consejo Rector de la Fundación CETMO, del centro de Innovación del Transporte (GENIT), del Consorcio Sagrera – Alta Velocidad, y de la Sociedad Barcelona Sagrera Alta Velocidad

Con anterioridad (2004-2007), fue Director Corporativo de Coordinación y Expansión de la empresa pública Ferrocarriles de la *Generalitat de Catalunya* (FGC) y, en el periodo 200-2004, Director Corporativo de Coordinación y Estudios de la empresa pública Transportes Metropolitanos de Barcelona (TMB).

Asimismo, en el Ayuntamiento de Barcelona, D. Manuel Villalante ha desempeñado distintos cargos: Director de Proyectos y Planificación de Infraestructuras (1997-2000), y Director de Transportes y Circulación

(1991-1997), entre otros.

Finalmente, cabe destacar también que desde 1998 dirige el Programa Universitario de Posgrado en Planificación y Dirección de la Movilidad de la Universidad Politécnica de Catalunya (UPC) y de la Universidad Pompeu Fabra (UPF). ■



Don José Luis Elvira felicitando a los galardonados y a sus respectivas esposas.

# D. Francico Achútegui y D. Ramón del Cuvillo, Socios de Mérito de la Asociación Técnica de Carreteras

**E**l 29 de noviembre de 2010 y en un acto presidido por **D. José Luis Elvira**, Director Técnico de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento, en representación de **Dña. Inmaculada Rodríguez-Piñero**, Secretaria General de Infraestructuras del citado Ministerio, tuvo lugar la entrega de las distinciones como Socios de Mérito de la ATC a **D. Francisco Achútegui Viada** y **D. Ramón del Cuvillo**, de acuerdo a la decisión tomada por unanimidad de la Junta Directiva de la ATC, que en su reunión del pasado 28 de junio de 2010 adoptó el acuerdo de su concesión en justo reco-



Don Roberto Alberola dando la bienvenida a los asistentes.

nocimiento a los extraordinarios méritos y la gran labor realizada en esta Asociación por ambos galardonados a lo largo de tantos años.

El acto comenzó con unas palabras de bienvenida tanto a los premiados como a los miembros de la Junta Directiva de la ATC, por parte de D. Roberto Alberola, Presidente de la Asociación, quien destacó la labor de ambos premiados, justificando su concesión.

A continuación D. Francisco Caffarena, Director de la ATC, dio lectura del acta de la citada reunión.

Posteriormente, D. José Luis Elvira, y tras excusar la ausencia tanto de la Secretaria General de Infraestructuras, Dña. Inmaculada Rodríguez-Piñero como la de D. Aureliano López Heredia, Director General de Carreteras, procedió a la entrega de los galardones.

Ambos premiados agradecieron sinceramente esta distinción, subrayando y agradeciendo el apoyo familiar recibido y a quienes hicieron partícipes de la distinción.

Tras ello, D. José Luis Elvira no quiso cerrar el acto sin recordar, no sólo la trayectoria de los premiados, sino también la relación laboral y docente que tuvo con ellos, y cómo se inició su relación personal con ambos, destacando su capacidad profesional a lo largo de tantos años, el respeto que han despertado en el colectivo de la ingeniería y el agradecimiento que se les debe por su aportación al progreso de las infraestructuras españolas, a la Asociación Mundial de la Carretera y a la Asociación Técnica de Carreteras.



Las fotos superiores recogen el momento de la entrega de la distinción a los nuevos Socios de Mérito.

En la foto inferior, algunos de los asistentes al acto.

## FRANCISCO ACHÚTEGUI VIADA

**N**acido en 1934, obtuvo el título de Ingeniero en 1959 y el de Dr. Ingeniero de Caminos en 1970. Tras 12 años en la Jefatura de Obras Públicas de Tarragona, en 1965 fue destinado a Zaragoza, y desde 1965 a 1978 trabajó en los Servicios Regionales de Materiales y Apoyo Técnico en la Jefatura Regional o Demarcación de Zaragoza. Posteriormente y durante 11 años en la de Madrid.

Desde 1989 hasta su jubilación en 2004, trabajó en el Centro de Estudios de Carreteras del CEDEX, cooperando de una manera fundamental en el Grupo de Trabajo sobre Armonización Europea de los Métodos de Medida de Regularidad Superficial del FEHRL (Foro de Laboratorios Nacionales de Investigación de Carreteras) y en el de la Investigación FILTER del mismo Organismo, sobre Regularidad Longitudinal y Transversal de las Carreteras.

Dentro de la Asociación, desde 1970 comenzó a participar regularmente en las reuniones internacionales del Comité Técnico del Deslizamiento, posteriormente denominado de Características Superficiales. En 1972 fue nombrado miembro del Comité, en el que trabajó durante 24 años, participando en la preparación de los informes correspondientes a los Congresos Mundiales de Carreteras de Praga, México, Viena, Sidney, Bruselas, Marrakech y Montreal.

De 1991 a 1995 fue miembro del Comité Organizador del 1er Experimento Internacional de la AIPCR de Comparación y Armonización de las medidas de Textura y Resistencia al Deslizamiento y durante 4 años del Comité de Ensayo de Materiales de la Asociación Mundial de Carreteras (AIPCR).

Ha sido miembro individual de la ATC desde 1973, y Presidente del Comité nacional de Características Superficiales desde 2001 a 2007.

También ha sido Director Técnico de la revista RUTAS de la Asociación Técnica de Carreteras desde 1993 hasta 2009.

Además, en 1995 y 1996 fue director del Curso Internacional de Carreteras, en el que colaboró también desde 1986 a 1998 como profesor; y en el periodo 1989 –1990 Secretario Técnico del Curso Nacional de Carreteras, organizado por el Ministerio de Obras Públicas. De 1994 a 2007 ha sido profesor y jefe del Módulo de “Inspección y auscultación de firmes y técnicas de conservación” del Ministerio de Fomento.

Finalmente ha dado numerosas conferencias y clases, y ha escrito artículos en diversas publicaciones, cursos, congresos y jornadas técnicas de carreteras. También es autor de la monografía “Características superficiales de los firmes de carretera”, publicada por el CEDEX en 2005.



## RAMÓN DEL CUVILLO

**N**acido en El Puerto de Santa María (Cádiz), es Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos (1954) y Doctor Ingeniero (1967.) Su trayectoria profesional se inicia en la ingeniería norteamericana AESB, en el proyecto de la Base Aeronaval de Rota. Reingresa en el Ministerio de Obras Públicas en 1963 con destino en la Jefatura de Puentes y Estructuras hasta 1967 y, a partir de ese año, como Jefe del Servicio de Puentes y Estructuras de la D. G. de Carreteras hasta el año de su jubilación en 1991. En esta etapa dirige, entre otros proyectos, el nuevo Inventario de Puentes, que evaluaba la totalidad de los puentes de carretera de la red estatal, compaginando esta actividad con la Dirección de la ingeniería CELETEC, S.A. de la que fue fundador en 1965.

Larga ha sido, también, su actividad en la docencia en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid. Primero como Profesor Encargado de Curso de Edificación de 1963 a 1967, luego como Profesor Encargado de Curso de Hormigón desde 1966 hasta 1991; siendo Encargado de la Cátedra de Hormigón desde 1974 hasta 1986.

Su colaboración con la ATC se inicia con la Presidencia del Comité Técnico Internacional y Nacional de Puentes desde su creación en 1992 hasta el año 2000. Durante este periodo realiza un importante esfuerzo para consolidar el Comité resolviendo las dificultades que se planteaban, impulsando los grupos de trabajo y desarrollando nuevos trabajos que se plasmaron en varias jornadas. Participa activamente en el Congreso de la AIPCR en Bruselas en el año 1987. En el año 1991 continúa su colaboración con la ATC siendo Director Técnico del Simposio Internacional sobre Conservación, Rehabilitación y Gestión de Puentes celebrado en Madrid, y colaborando con la publicación de diversos artículos. Desde el año 2000 es socio individual de la asociación.

Por su especialización en puentes ha sido miembro de otras asociaciones técnicas como la FIP, la ATEP y la IABSE. En la FIP fue el Delegado en España de la Comisión Practical Construction asistiendo activamente a los Congresos de esta asociación. En la ATEP, hoy ACHE, colaboró en los numerosos manuales editados por ésta entre los años 1980 y 1991. Es Miembro de Honor y Medalla de esta asociación.

Miembro del Grupo de Trabajo de Puentes de la OCDE y Vocal de la Delegación española en las Comisiones Internacionales para el Proyecto y Construcción de los puentes de Ayamonte sobre el Guadiana, del Miño en Tuy y en Salvaterra, y Presidente de la del río Erjas en Cáceres todos ellos en la frontera con Portugal.

Es autor de numerosos proyectos de puentes construidos entre los que cabe reseñar el nuevo Puente de San Martín en Toledo de 1975, la cobertura de la calle Aragón en Barcelona con vigas pretensadas en 1959, Puente pretensado para el ferrocarril en los Consorios (Asturias) en 1974, o la cubrición de la plaza del Rey en Barcelona con vigas pretensadas de 1963.

Como vocal de la Comisión Permanente del Hormigón ha participado en la elaboración de las Instrucciones de Hormigón EP-77, EH-80, EH-82, EH-91 y EP- 93. Además es autor de numerosos libros y artículos.

Su relación con el Puerto de Santa María, su ciudad natal, comenzó hace muchos años tanto como Ingeniero Municipal como asesor técnico de la Comisión de Inicativas y Turismo.



# Carreteras

## Presupuesto para 2011

**A**unque se encuentra aún en trámites parlamentarios, a la hora de redactar esta noticia, avanzamos el presupuesto que, si es aprobado, contará el Ministerio para 2011.

El 2 de octubre de 2010, D. José Blanco, Ministro de Fomento, presentó este proyecto, cuya cuantía alcanza los 22 073 millones de euros. Según el Sr. Blanco se trata de un presupuesto que prioriza el ferrocarril, al que se destina un 60% de la inversión total, y que impulsará nuevos instrumentos como el Plan Extraordinario de Infraestructuras con el que se pretende dinamizar la economía, mantener el empleo y la inversión productiva.

La inversión por modos de transporte se cuantifica de la siguiente forma: Ferrocarriles: 7 699 millones de euros (60%); Carreteras: 2 529 millones de euros (20%); Aeropuertos y seguridad aérea 1 345 millones de euros (10%); Puertos y seguridad marítima 1 206 millones de euros (9%); Resto: 68 millones de euros (1%).



### Carreteras

El Ministerio de Fomento destinará el 20% de su inversión total a carreteras, es decir, 2 529 millones de euros, lo que supondrá actuar sobre más de 1 500 km de autovías con lo que se pondrán en servicio más de 250 km. Por ello, a lo largo de 2011 estarán en servicio más de 11 000 km de vías de gran capacidad.

Del total del presupuesto, es decir de los 3 011 millones de euros de los que se dispondrá para la política de carreteras, el 48% se destina a construcción, el

36% a conservación, el 11% a convenios con otras Administraciones y el 5% restante a consolidar la rebaja en peajes de autopista. También se destaca que las actuaciones en conservación y seguridad vial dispondrán de 1 085 millones para actuar sobre más de 41 000 km de la red.

Con ello, y como lógica consecuencia, la mayor parte de las obras del Plan de Modernización de Autovías de Primera Generación estarán terminadas en 2011.

A este presupuesto hay que añadirle lo que aportará el Plan Extraordinario de Infraestructuras, que movilizará en su conjunto un total de 17 000 millones de euros. Gracias a este Plan se prevé que en 2010 se licite el tramo Benavente-Zamora de la Autovía A-66 y que en 2011 se liciten obras en las siguientes autovías:

- Autovía A-8. Solares-Torrelavega.
- Autovía A-11 del Duero.
- A-21. Jaca - L. P. Navarra.
- Autovía A-33 en Murcia y Valencia.
- Autovía A-56, Ourense-Lugo.
- Autovía A-59.
- Autovía A-14, Lleida- L. P. Huesca.
- Autovía A-2. Barcelona-Girona.



## Noticias

### 4ª y 5ª Jornadas PROAS

**L**os pasados días 16 y 17 de noviembre de 2010, tuvieron lugar en Valladolid y en Valencia las 4ª y 5ª JORNADAS PROAS de ESPECIALIZACIÓN TECNOLÓGICA sobre Betún y Mezclas asfálticas, dirigidas a los técnicos del sector de la carretera.

Bajo la denominación de "Jornadas de Especialización Tecnológica" PROAS (empresa del Grupo CEPSA) ha planificado el desarrollo de una serie de Jornadas, con el objetivo de actualizar e informar desde un punto de vista tecnológico, todas aquellas innovaciones de mayor relevancia en betunes asfálticos, para los profesionales del sector y convertirlas en un foro técnico de intercambio de conocimientos.

Estas Jornadas han contado con el apoyo de la Dirección General de Carreteras e Infraestructuras de la Junta de Castilla y León, y de la Conselleria de Infraestructuras y Transporte Valenciana.

Celebradas en los salones del Hotel Palacio Santa Ana de Valladolid y del Hotel Las Arenas de Valencia, estas Jornadas acogieron a más de 100 profesionales, representantes de los organismos oficiales de las diferentes Administraciones Públicas y especialistas de las principales empresas del sector, tanto en Castilla y León como en la Comunidad Valenciana.

Fueron abiertas por D. Jesús Julio Carnero García, Secreta-

rio General de la Consejería de Fomento de la Junta de Castilla y León, en Valladolid y D. Ismael Ferrer,

Director General de Obras Públicas de la Conselleria de Infraestructuras y Transportes, en Valencia. Coordinadas por D. Félix Edmundo Pérez, Catedrático de Caminos de la Universidad Politécnica de Catalunya, contó con la presencia de ponentes nacionales e internacionales del más alto nivel, que expusieron la situación actual a nivel técnico y normativo de betunes y mezclas asfálticas, así como una perspectiva de las nuevas tecnologías y productos que la industria está desarrollando en estos momentos y que en un futuro cercano serán de uso común, para conseguir unas mejores prestaciones.

La 4ª Jornada en Valladolid fue clausurada por D. Luis Alberto Solís Villa, Director General de Carreteras de la Junta de Castilla y León y por D. Rafael Valcarcel, Director General de PROAS, que igualmente clausuró la 5ª Jornada en Valencia. ■





# tenagar *24 horas*



- Ejecución de obras de urgencia o corto plazo.
- Inauguraciones.
- Aumento de producciones.
- Sustitución/apoyo a otras empresas.
- Imprevistos...

## ► **compromiso 24 horas tenagar**

- Primera visita a pie de obra en cualquier punto de España en un plazo inferior a 24 h.
- Presupuesto personalizado, y una vez aceptado en 24 h. desplazamiento a obra con encofrados, cimbras, grúas y encofradores altamente especializados más toda la documentación necesaria.



**ii** somos la solución a su urgencia, avalados por **45** años de experiencia **!!**  
y más de **1.100** obras realizadas



# Hacemos GRANDES

hasta los SUEÑOS  
más pequeños...

... porque en Ferrovial Agromán,  
ponemos en tus manos  
a los profesionales más cualificados del sector,  
las más avanzadas tecnologías y más de 80 años  
de experiencia en servicio y atención al cliente,  
lo que nos ha dado reconocido prestigio  
como empresa líder a nivel nacional e internacional.

Nosotros creemos en cada uno de nuestros clientes,  
creemos en **ese sueño** y lo convertimos  
en el más importante, dándole el respaldo  
y la **seguridad** de hacerlo realidad.



Variante de la carretera AS-15: Cornellana - Puerto de Cerredo en el puerto del Rañadoiro, Asturias.