



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



# RUTAS

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN TÉCNICA DE CARRETERAS

Nº 174  
ENERO - MARZO  
2018

ISSN 1130-7102  
Revista Trimestral

## RUTAS TÉCNICA

Catálogo de Operaciones de Conservación

Análisis de la longitud de las rectas y su influencia en la consistencia del diseño geométrico de carreteras convencionales

Valoración del patrimonio viario a partir de los inventarios de la RCE y puesta en valor del patrimonio puntual y lineal de carreteras (2 de 2)

## CULTURA Y CARRETERAS

On the road again.  
El rock en la carretera o viceversa

## PIARC

XV Congreso Internacional de Vialidad  
Invernal en Gdansk



# Innovar está en nuestros genes

En Repsol, la innovación forma parte de nuestra esencia. Por eso, en el Centro de Tecnología Repsol, dedicamos todo nuestro esfuerzo a la investigación y desarrollo de asfaltos que hacen nuestras carreteras más seguras, eficientes y sostenibles.



**REPSOL**

*Inventemos el futuro*



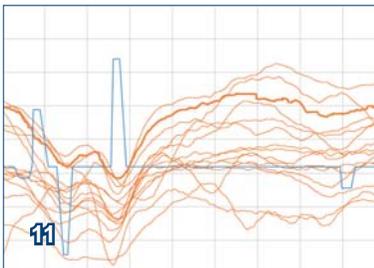
4

## Tribuna Abierta

- 3 El plan de inversión en carreteras y los riesgos relacionados con el vehículo conectado y automatizado  
Alfredo García

## Rutas Técnica

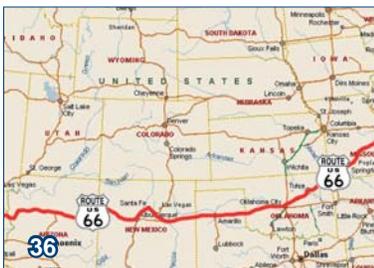
- 4 Catálogo de Operaciones de Conservación  
*Catalog of Road Maintenance Operations*  
Grupo de Trabajo G.2. Catálogo de Operaciones



11

- 11 Análisis de la longitud de las rectas y su influencia en la consistencia del diseño geométrico de carreteras convencionales  
*Analysis of the tangent length on two-lane rural roads and its influence on geometric design consistency*  
Jaime S. Díaz García, Francisco J. Camacho-Torregrosa y Alfredo García

- 20 Valoración del patrimonio viario a partir de los inventarios de la RCE y puesta en valor del patrimonio puntual y lineal de carreteras (2 de 2)  
*Evaluation of the road heritage from the inventories of the state highway network and setting the value of the punctual and linear road heritage (2 of 2)*  
Álvaro Navareño Rojo, José Emilio Criado Morán y Pedro Galán Bueno



36

## Cultura y Carretera

- 36 On the road again. El rock en la carretera o viceversa  
Cayetano Roca Giner

## Actividades del Sector

- 39 18ª Jornada Técnica SEMSIG-AETESS, Control e Instrumentación en Obras Geotécnicas
- 41 VIII Jornada de Ensayos de ASEFMA



42

## PIARC

- 42 XV Congreso Internacional de Vialidad Invernal en Gdansk

## ATC

- 44 Jornada Técnica Soluciones Sostenibles para Carreteras con Conglomerados Hidráulicos
- 48 Jornada Técnica Sistemas de Contención en Puentes
- 52 Jornada Técnica MDSS. Los Sistemas de Gestión de Vialidad Invernal, una Mejora Posible



48

## ATC

- 55 Próximos eventos
- 73 Junta Directiva, Comités y Socios de la Asociación Técnica de Carreteras



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



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

DIALNET · ICYT ·  
LATINDEX (Catálogo y Directorio)



**Edita:**

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

**Comité Editorial:**

**Presidente:**

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

**Vicepresidente Ejecutivo:**

Oscar Gutiérrez-Bolívar Álvarez      Dirección General de Carreteras, M. Fomento (España)

**Vocales:**

Ana Isabel Blanco Bergareche	Subdirectora Adjunta de Circulación, DGT, M. Interior (España)
María Luisa Delgado Medina	Subdirectora General de Transferencia de Tecnología, M. Economía y Competitividad (España)
Diana María Espinosa Bula	Presidenta de la Sociedad Colombiana de Ingenieros, SCI (Colombia)
Alfredo García García	Catedrático de la Universitat Politècnica de València (España)
Jaime Huerta Gómez de Merodio	Secretario del Foro de Nuevas Tecnologías en el Transporte, ITS España (España)
María Martínez Nicolau	Directora Técnica de Innovia-Coptalia (España)
Hernán Ontoniel Fernández Ordóñez	Presidente HOF Consultores (Colombia)
Félix Pérez Jiménez	Catedrático de Caminos de la Universidad Politécnica de Barcelona (España)
Clemente Poon Hung	Director General de Servicios Técnicos, Subsecretaría de Infraestructura (México)
Manuel Romana García	Profesor Titular de la Universidad Politécnica de Madrid (España)
Jesús J. Rubio Alférez	Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos (España)

**Vocales-Representantes de los Comités Técnicos de la ATC:**

Rafael López Guarga	Presidente del CT de Túneles de Carreteras
Daniel Andaluz Garcia	Miembro del CT de Firms de Carreteras
Fernando Pedrazo Majarrez	Presidente del CT de Planificación, Diseño y Tráfico
Álvaro Parrilla Alcaide	Presidente del CT de Geotecnia Vial
Vicente Vilanova Martínez-Falero	Presidente del CT de Conservación y Gestión
Álvaro Navareño Rojo	Presidente del CT de Puentes de Carreteras
Roberto Llamas Rubio	Presidente del CT de Seguridad Vial
Antonio Sánchez Trujillano	Presidente del CT de Carreteras y Medio Ambiente
Andrés Costa Hernández	Presidente del CT de Carreteras de Baja Intensidad de Tráfico

**Redacción:**

Asociación Técnica de Carreteras

**Diseño, Maquetación, Producción, Gestión Publicitaria y Distribución:**

Ediciones Técnicas PAUTA  
direccion@edicionespauta.com

**Publicidad:**

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

**Arte Final e Impresión:**

Gráficas ARIES

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

Todos los derechos reservados.

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

Precio en España: 18 euros +IVA

© Asociación Técnica de Carreteras

**REVISTA RUTAS**

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

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

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



Nº 174 ENERO - MARZO 2018

**RUTAS**  
REVISTA DE LA ASOCIACIÓN TÉCNICA DE CARRETERAS



# El plan de inversión en carreteras y los riesgos relacionados con el vehículo conectado y automatizado

El Ministerio de Fomento pretende paliar el déficit acumulado de inversión en carreteras a lo largo de la prolongada crisis económica, mediante un impulso importante de inversión público-privada (PPP), a través del anunciado Plan de Inversión en Carreteras (PIC). Se trata de un plan extraordinario que actuará sobre más de 2.000 kilómetros de carreteras, en una veintena de proyectos incluidos en la red transeuropea de carreteras, mediante contratos de concesión, bajo la modalidad de pago por disponibilidad durante un plazo de unos 30 años. El valor total del PIC se estima en unos 5.000 millones de euros, para licitar entre 2018 y 2019.

El estudio de viabilidad de las dos primeras concesiones ha sido sometido a información pública recientemente, tratándose del Arco Noroeste de Murcia (eje alternativo a la A-30) y de la A-7 entre Crevillente y Alhama de Murcia, que incluye el Arco Norte de Murcia. En el apartado 8 de los estudios, se abordan los riesgos operativos y tecnológicos de la concesión, con el principio fundamental de que *"el riesgo debe ser asumido por aquel actor que pueda gestionarlo mejor al estar más cerca de la fuente que los genera y, por ende, poder controlar sus causas minimizando sus efectos"*.

Dentro de los riesgos posibles en la fase de explotación, está el riesgo de progreso normativo, que se describe como cambios en el marco regulatorio durante la vida de la concesión que afecten al equilibrio del contrato. Se afirma que su impacto sería medio-bajo, con una probabilidad de ocurrencia baja, y con una asignación del riesgo al concesionario.

Como es sabido, nos encontramos en la antesala de un cambio radical en la movilidad, ya que la movilidad del futuro será eléctrica, automatizada, conectada y compartida. El propio Ministerio de Fomento ha presentado un Plan de Innovación para el Transporte y las Infraestructuras, con uno de los cuatro ejes estratégicos denominado *"rutas inteligentes"*. Ese futuro empieza a labrarse hoy mismo y, como las infraestructuras de carreteras se hacen para un largo plazo, es justo ahora cuando hay que empezar a transformarlas. En ello, las administraciones son clave para catalizar los cambios.

Por tanto, el mencionado riesgo de progreso normativo, que se va a traducir a medio plazo en unos grandes cambios tecnológicos del vehículo y de la infraestructura, añadiendo a la física una nueva infraestructura digital, va a tener una probabilidad de ocurrencia absoluta (no baja) y su impacto será muy alto (no medio-bajo). Pero,

lo más desproporcionado es la asignación del riesgo al concesionario porque no se cumple el principio formulado de que lo ha de asumir quien pueda gestionarlo mejor, al estar más cerca del origen.

Estos cambios tecnológicos no tienen nada que ver con el concesionario sino con la administración que ha de ser capaz de propiciar su implementación para lograr *"rutas inteligentes"*. Los ámbitos de estas nuevas concesiones, formando parte de corredores principales, no podrán quedar al margen de dichas carreteras inteligentes, por la necesaria continuidad en la prestación del servicio a los vehículos automatizados.

Las infraestructuras digitales serán de una dimensión y complejidad no comparables al despliegue conocido de sensores, paneles de mensaje variable y cámaras. Es muy probable que haga falta una reordenación de carriles, con carriles dedicados para vehículos automatizados o para caravanas de camiones conectados. En este último caso, una posible solución sería emplear el carril izquierdo de autopistas para no limitar o impedir las entradas y salidas, con las implicaciones que ello tendría en el diseño de los firmes y en la anchura del arcén interior para detenciones; en caso de mantener el carril derecho para pesados, harían falta conexiones de mucha mayor longitud. Al aumentar la capacidad de esos carriles, el dimensionamiento de los firmes se verá alterado.

En cualquier concesión, las negociaciones ante cambios necesarios siempre han sido difíciles, por la rigidez de los contratos. Hasta ahora, se ha tratado habitualmente de aumento de un carril o de una nueva conexión, pero lo que se vislumbra es totalmente diferente. Aunque actualmente no sea posible saber con exactitud la dimensión de los cambios tecnológicos que se avecinan, lo que está claro es que van a suponer un impacto cierto e importante en las concesiones del PIC, que afectará al equilibrio del contrato, sin que tenga ningún sentido plantear que sea el concesionario el que deba asumir su carga.

El Ministerio de Fomento debería replantearse el modelo de concesión a adoptar finalmente en el PIC, para que esta revolución tecnológica esté contemplada, no como un riesgo, sino como una realidad que se va a producir en el transcurso del plazo concesional. En caso contrario, los contratos perderán totalmente su necesario equilibrio y la Administración tendría que suplementar una financiación muy importante a negociar. ❖

# Catálogo de Operaciones de Conservación



## Catalog of Road Maintenance Operations

**Grupo de Trabajo G.2. Catálogo de Operaciones**  
Comité Técnico C.6. Conservación y Gestión  
Asociación Técnica de Carreteras

### Resumen

La Conservación de carreteras ha de tecnicarse al máximo nivel para ser eficiente en el empleo de los recursos asignados y ofrecer al ciudadano un servicio de alta calidad.

La búsqueda de esta eficiencia es una constante en las Administraciones de carreteras, y la formulación de un Catálogo de Operaciones es una magnífica herramienta para alcanzarla.

Con el Catálogo de Operaciones se pretende identificar las mejores prácticas y conseguir su implantación generalizada en toda la Organización.

El concepto de Calidad preside todo el trabajo realizado, con la particularidad de que se transfiere a los operarios, el control preventivo, que queda reflejado en unos documentos que facilitan a la Administración el muestreo estadístico de las operaciones realizadas.

El Catálogo de Operaciones se compone de unas Instrucciones Técnicas para cada operación de conservación, en las que se recogen los procedimientos de ejecución, los medios necesarios, y el sistema de control de calidad.

Este Catálogo de Operaciones pretende ser un apoyo no vinculante para las Administraciones de carreteras, y su publicación en la página web de la Asociación Técnica de Carreteras española, facilitará su uso libre y gratuito para todos los profesionales del Sector que lo deseen.

### Abstract

Road Maintenance must be technically improved at the very highest level to be able to offer an effective use of the assigned resources and to provide a high-quality service to citizens.

The search for operating efficiency is a constant factor for the Road Administrations, and an Operations Catalog is a great tool to achieve this.

The Operations Catalog aims to identify the best practices and to achieve its widespread implementation throughout the entire Organization.

All the work done is focused on the Quality concept, with the singularity that it is transferred to operators, prevention control, and that it can be seen in some documents facilitating to the Administration the statistical sampling of the operations carried out.

The Operations Catalog is composed of Technical Instructions for each maintenance operation, which includes the execution procedures, the necessary means, and the quality control system.

This Operations Catalog is intended to be a non-binding support for the Road Administrations, and its publication on the website of the Technical Road Association is open and free of charge for all professionals of the sector.

Catálogo disponible en:  
[www.atc-piarc.com/publicaciones\\_catalogo.php](http://www.atc-piarc.com/publicaciones_catalogo.php)  
[www.normativadecarreteras.com](http://www.normativadecarreteras.com)

## 1. Introducción

**A**nte cualquier decisión, siempre elegimos la mayor calidad al menor coste posible.

Pero... ¿Qué es la calidad?

En el ámbito de la Conservación de Carreteras, la definición que más nos puede interesar, podría ser la de la ISO 9000: "Calidad es el grado en el que un conjunto de características inherentes a un objeto (producto, servicio, proceso, organización, sistema o recurso), cumple con los requisitos exigidos."

Por tanto, asumiendo que Calidad es sinónimo de cumplir requisitos, el siguiente paso es fijar unos objetivos precisos y realistas, y un procedimiento para alcanzarlos.

Siempre resulta útil repasar el acervo y la experiencia acumulada, siendo conscientes de que no hay nada nuevo bajo el sol, pero que todo es mejorable.

Desde la antigüedad, los mejores trabajadores han tenido el deseo de "hacer las cosas bien", que es el concepto "Monozukuri", que inspiraba a los artesanos chinos de 2.000 a.c. y debe seguir guiando nuestro trabajo.

También podemos extraer de la filosofía oriental el concepto "kaizen" (kai en japonés significa 'cambio'; y zen en japonés, significa 'bueno' o 'beneficioso'). Traducido a la nomenclatura actual, este cambio a mejor es lo que se conoce como Mejora Continua, que fue acuñado por Ishikawa después de la primera Guerra Mundial, tras asimilar los métodos estadísticos de control de calidad en procesos productivos impartidos por los expertos americanos Edwards y Juran.

Igualmente, interesa aplicar el concepto de "Lean Manufacturing", o "Producción ajustada", introducido por JP Womack en Estados Unidos a mediados del siglo pasado, y que persigue crear el máximo valor utilizando el mínimo posible de materiales, poniendo énfasis en evitar el "desperdicio de recursos", tales como el tiempo, las materias primas, el exceso de inventarios, el transporte, y, especialmente, la producción de datos innecesarios.

Otro aspecto a tener en cuenta en la búsqueda de la Calidad es la Normalización.

La idea de la Normalización, con la base de la operación científica sistemática, nace a finales del siglo XIX, con la Revolución Industrial, ante la necesidad de producir más y mejor. Aunque el impulso definitivo llegó con la necesidad de abastecer a los ejércitos y reparar los armamentos en la primera Guerra Mundial (1914-1918), de la mano de los ingenieros alemanes Naubaus y Hellmich, que constituyeron el Comité NADI que fue el primer organismo dedicado a la normalización.

Siguiendo la estela de aquel Organismo, actualmente, la institución líder en la materia es la *International Organization for Standardization* - ISO, redactor de las normas más importantes para nuestro Sector, que son la ISO 9001:2015: Sistemas de Gestión de la Calidad, y la Normas ISO 55.000, sobre Gestión de Activos de 2014.

Por último, conviene conocer lo que se hace en el exterior, realizando un "Juicio comparativo", o "Benchmarking" de los procedimientos con que se llevan a cabo las tareas de conservación en los países más avanzados de nuestro entorno, para identificar las oportunidades de mejora a incorporar en nuestros procedimientos.

Por tanto, el Grupo de Trabajo sobre el Catálogo de Operaciones, perteneciente al Comité de Conservación, de la Asociación Técnica de Carreteras, inició su tarea con el objetivo de redactar unas Instrucciones Técnicas para realizar las Operaciones de Conservación Ordinaria, desarrollando los principios de:

- Hacer las cosas bien
- Mejorar continuamente
- Obtener el máximo beneficio con el mínimo coste
- Diseñar un procedimiento normalizado.
- Conocer, comparar e incorporar lo mejor de las metodologías existentes en otros países.

## 2. El Grupo de Trabajo

El grupo de trabajo "Catálogo de Operaciones" forma parte del Comité Técnico C.6., dedicado a Conservación y Gestión de carreteras, en el seno de la Asociación Técnica de Carreteras española.

Este subcomité se creó con el objetivo, compartido con el resto de comités técnicos, de ser un foro para la puesta en común y estudio de aquellas actividades que permitan avanzar en la mejora de la gestión de activos de conservación, y de ser un apoyo no vinculante para las administraciones que tienen la competencia de preservar el patrimonio viario en unas condiciones que supongan el menor coste global para la Sociedad.

El grupo de trabajo de conservación lo forman tanto expertos en la gestión de contratos de conservación, como en la ejecución de dichos contratos, formando de este modo un grupo mixto que busca una mejora de la eficiencia y un equilibrio justo entre las necesidades de la Administración y de la empresa privada.

Concretamente, el G.T. está formado por representantes de las empresas Aceinsa, Audeca, Constructora Hormigones Martínez, Eiffage, Imesapi, Matinsa y Repsol, así como por el representante de la Dirección General de Carreteras, autor de este artículo, que dirige el Grupo. Adicionalmente, y de manera muy destacada, se ha contado con la colaboración del Área de Conservación de la Demarcación de Carreteras del Estado en Murcia, con el Laboratorio de la Demarcación, así como con las empresas adjudicatarias de sus 4 Sectores de Conservación Integral: PROBISA – San José U.T.E (en dos Sectores), Acciona y Audeca, y con INECO, que ha colaborado con la Demarcación de Carreteras en el marco de la Encomienda de Gestión que tiene adjudicada.

### 3. El Catálogo de Operaciones

La necesidad de un Catálogo de Operaciones de Conservación aparece en 1987.

Y se desarrolla en el manual GSM, "Sistema de Gestión de las Actividades de Conservación Ordinaria y Ayuda a la Vialidad" de 1996.

Actualmente existen varios documentos (Anejo nº 2 PPTP de conservación, PCAP de licitación de los contratos de Conservación Integral) en los que se recoge la necesidad de contar con un catálogo de operaciones.

Evidentemente, la Subdirección General de Conservación del Ministerio de Fomento, y otras Administraciones de carreteras han ido velando por que se incorporen todos los avances técnicos, normativos e informáticos a la actividad de conservación, especialmente los relativos al aseguramiento de la calidad, al respeto medioambiental y a la innovación.

Sin embargo, han sido las empresas quienes han elaborado sus propios catálogos de operaciones, con un contenido muy heterogéneo, que varía entre un simple registro de puntos de inspección para alguna de las operaciones más importantes, hasta los catálogos de operaciones que desarrollan las empresas de mayor solvencia técnica, y que incluyen una descripción detallada de las operaciones y de sus condiciones de ejecución.

A la vista de este panorama, que quedó patente tras la encuesta realizada por el G.T., se consideró deseable alcanzar una cierta homogeneidad en los catálogos de operaciones, y que su contenido mínimo estuviera regulado por la Administración, apoyándose, si lo considera oportuno, en las Instrucciones Técnicas de Operaciones de Conservación que nos ocupan.

Con este objetivo, inició su trabajo el C.T. C.6 G.2 "Catálogo de Operaciones", con la confianza de que el esfuerzo empleado en recopilar la experiencia acumulada en todo este tiempo proporcionará importantes beneficios, tanto para la Administración, como para las empresas de conservación y sus trabajadores.

### 4. Operaciones prioritarias

Actualmente, en la GSM de cualquier Sector de Conservación Integral se contemplan un gran número de Operaciones de Conservación, bien tipificadas como operaciones del Grupo I, de Ayuda a la Vialidad y la Explotación, o del Grupo II, de Mantenimiento Ordinario.

Por dicha razón, al iniciar este trabajo, tras recopilar un listado de todas las posibles operaciones, se llevó a cabo una votación entre los miembros del G.T. para seleccionar entre todas, aquellas operaciones para las que se consideraba prioritario contar con una Instrucción Técnica Operacional de Conservación, en adelante ITOC.

La decisión tomada tuvo en cuenta tanto el interés técnico como su incidencia económica en los contratos de conservación.

Finalmente, se decidió trabajar en el desarrollo de 50 ITOC, 24 del Grupo I y 26 del Grupo II. (Tabla 1).

### 5. Contenido de las ITOC

En la estructura básica de contenido de las ITOC se ha considerado prioritario contar con un diseño que facilite su lectura y comprensión, para lo que se han distinguido 2 partes diferenciadas.

La primera parte consta de 14 apartados comunes a todas las ITOC, mientras que la segunda parte está compuesta por los diferentes anejos que contienen cada una de ellas, algunos comunes y otros particulares de cada ITOC.



Figura 1. Operario realizando la reposición de la junta de un puente.

Tabla 1.

ITOC GRUPO I		ITOC GRUPO II	
CÓDIGO	TÍTULO	CÓDIGO	TÍTULO ITOC
A1011	Servicio de comunicaciones	21001 a 21010	Colocación de barrera de seguridad nueva
A1031	Servicio de vigilancia	22001 a 22019	Elementos de balizamiento
00000	Servicio de vigilancia específica de explotación	23001	M2 de retirada de cartel vertical
B1021	Programación, seguimiento y archivo y proceso de la información	23002	Ud de colocación de señal
B1052	Establecimiento de inventario completo de elementos	23003	M2 de colocación de cartel
B1061	Formación y uso de la Agenda de Información	24008 a 24020	Limpieza de caños tajeas y alcantarillas
B1062	Reconocimiento de estado ocasional	24013	Limpieza de la calzada con barredora autopropulsada
B1063	Reconocimiento de estado ocasional	24017	Limpieza de luminarias
11111	Atención a accidentes o incidentes	24018	Limpieza de paramentos en túneles
11112	Establecimiento, mantenimiento y retirada de señalización ocasional	25001	Segado de hierba y retirada de productos
11113	Limpieza de vertidos accidentales y otros productos	25002	Despeje de vegetación y retirada de productos
11114	Retirada de animales muertos y objetos varios	25003	Poda de macizo arbustivo y retirada de productos
11115	Limpieza de aterramientos y desprendimientos ocasionales	<b>25004</b>	<b>Poda de árboles y retirada de productos</b>
<b>11151</b>	<b>Extensión de fundentes sobre calzada</b>	25005	Tratamiento con limitadores de crecimiento y herbicidas de contacto
11152	Retirada de nieve con maquinaria de empuje	25007	Tratamiento con limitadores del crecimiento mediante herbicidas de acción conjunta residual y contacto
<b>11212</b>	<b>Bacheo provisional con aglomerado en frío</b>	26001 a 26045	Repintado de marcas viales
11555	Borrado urgente de pintadas	26046 a 26069	Fresado de marcas viales
11711	Limpieza de señal o cartel	26070 a 26075	Limpieza de marcas viales
11713	Reposición de señal o cartel	27001	Reparación de blandones
11714	Limpieza de cartel de pórtico o banderola	<b>27003</b>	<b>Parqueo de pequeños deterioros y de blandones y baches reparados</b>
11752	Reposición de elemento de balizamiento	<b>27010</b>	<b>Sellado de grietas</b>
<b>11772</b>	<b>Reposición de urgencia de barrera de seguridad</b>	27012	Colocación de aglomerado en regularización de superficie
11811	Limpieza de luminarias de túneles	29001	Colocación/repación de malla de protección en taludes
<b>11873</b>	<b>Reposición de valla metálica de cerramiento</b>	<b>29102A</b>	<b>Reposición o reparación programada de juntas de puentes incluido fondo de juntas, placa de reparto y sellado de transiciones</b>
		<b>29302 a 29304</b>	<b>Repintado barandilla y pretil metálico</b>
		29305	Colocación de valla metálica de cerramiento

ITOC finalizadas y disponibles para ser descargadas gratuitamente desde la página web de la Asociación Técnica de Carreteras española, mediante el link: <http://normativadecarreteras.com/listings/otros-documentos/>

En cuanto al contenido, es reseñable indicar que incorporan lo más fielmente posible todas las Instrucciones y Notas de Servicio impartidas por la Subdirección General de Conservación del Ministerio de Fomento que resulten aplicables, así como por la normativa técnica de referencia.

Y también que las ITOC han sido sometidas a numerosas revisiones al objeto de eliminar cualquier duda de interpretación y tratando siempre de recoger con claridad que aspectos de la instrucción son obligatorios y cuales recomendables, pero no obligatorios. En este sentido, no hay que perder de vista que las ITOC serán leídas e interpretadas

tanto por personal técnico como por personal operario y es prioritario que ambos las entiendan e interpreten por igual, y que en ningún caso la ITOC pueda ser utilizada para entorpecer el correcto desarrollo de un contrato de conservación.

Las ITOC deberían estar siempre disponibles en los Centros de Conservación Integral, y ser repasadas por los Jefes de Operaciones, Encargados y Jefes de Equipo, antes de llevar a cabo una campaña de la operación descrita en la ITOC.

Repasemos a continuación los 14 apartados comunes a cualquier ITOC, poniendo el énfasis en aquellos aspectos que más interés y debate han generado en el Grupo de Trabajo.



Figura 2. Operario cortando poste con soplete y con medios auxiliares anexos.

En los apartados 1 al 5 de las ITOC se identifican y describen las operaciones, recopilándose la normativa, la documentación técnica y los criterios de medición aplicables en cada caso.

En el apartado 6 sobre requisitos recomendables referentes a los recursos empleados, se recogen los medios humanos, materiales y de maquinaria a emplear.

Es importante destacar que, si se carece de determinados medios, no se podrá garantizar la calidad de la operación. Si, por ejemplo, se va a realizar una reposición de la junta de una estructura y se carece de lanza neumática, no se soplará la superficie antes de aplicar la imprimación, y la durabilidad de la actuación será mucho menor.

Pero también hay que resaltar un aspecto legal de importancia capital: el obligar a que se disponga de determinados medios auxiliares puede evitar accidentes graves y limitar la responsabilidad tanto de las empresas adjudicatarias de conservación como de la Administración. Valga otro ejemplo: si se obliga a que los equipos que realizan la reposición de señales y que cortan los postes con sierra de disco vayan dotados con pantallas anti chispa y pequeños depósitos con agua, será muy difícil que se produzcan incendios fortuitos, que pueden tener muy graves consecuencias en época estival o en la proximidad de zonas protegidas. Y si llega el caso en que se ha producido el incendio, la Administración, y la Empresa Adjudicataria podrán acreditar que pusieron los medios para evitarlo, quedando la responsabilidad atribuida al operario negligente, o a otras causas impredecibles que siempre tendrán consecuencias menos perjudiciales.

En cada ITOC, los medios que se proponen son los considerados estrictamente necesarios para asegurar la correcta ejecución y control de calidad de la operación. En este sentido, el G.T. ha puesto especial cuidado en no

exigir herramientas o materiales no “rentables”, que no se vayan a usar lo suficiente, o que encarezcan innecesariamente la operación, aplicando el concepto de “Lean Manufacturing”. No obstante, hay que llamar la atención sobre el hecho de que, si bien la maquinaria y los materiales indicados si son exigibles para asegurar el cumplimiento de la ITOC, no ocurre lo mismo en el caso de los medios humanos, ya que el G.T. ha considerado conveniente dejar a nivel de recomendación la formación que han de acreditar los encargados de realizar la operación, o su categoría, y que sea el Director del Contrato quien valide estos aspectos.

En el apartado 7 sobre rendimiento y precio orientativo, se ha recogido el precio y rendimiento real estimado para la operación, considerando los medios recomendados.

De esta forma se pretende avanzar en el conocimiento de los precios y rendimientos de referencia para unas operaciones realizadas con unos estándares de calidad comprobados, al objeto de ser asumidos por todas las partes implicadas en la conservación, evitando que haya precios excesivamente bajos, que no permitan la correcta ejecución de las operaciones afectadas, o por el contrario precios excesivamente generosos, que no reflejen las condiciones de ejecución necesarias para devengar el cobro de la cantidad asignada.

El G.T. ha considerado que es mejor realizar menos operaciones, con mayor calidad y durabilidad, que un mayor número de operaciones para salir del paso. Un ejemplo sería la limpieza de PEFA (Pequeñas Obras de Fábrica), que se puede realizar en toda su longitud, en aquellas PEFA clave para asegurar el drenaje en puntos conflictivos, mediante maquinaria especial, asegurando el drenaje al 100 %, o bien de manera manual, limpiando solamente los aterramientos en los extremos de la PEFA, con lo que habrá problemas en caso de lluvias torrenciales que pueden dar lugar a obras de emergencia.

Otro caso ilustrativo podría ser el repintado de barandillas, que se puede hacer como indica la ITOC, con lo que se garantiza una durabilidad de 10 años, o simplemente raspando las zonas oxidadas y repintando algunos tramos, con lo que el Sector estará siempre pendiente de estas operaciones durante el periodo contractual, desperdiciando tiempo y dinero.

Entre los apartados 8 y 11 se desarrolla una de las partes fundamentales de todas las ITOC, ya que por un lado se describe con el nivel de detalle necesario como se ha de ejecutar la operación y por otro se muestra una ayuda visual del procedimiento empleado. El procedimiento de ejecución describe cómo deben emplearse los materiales, las condiciones que se deben cumplir en la ejecución y un resumen del procedimiento por fases. Adicionalmente y cuando la operación lo requiera, se añade el tratamiento a dar a los residuos que se generan.



Figura 3. Operario apretando tornillería con llave dinamométrica

El apartado 10, sobre Control de Calidad, recoge el avance más importante, a juicio del G.T., que se puede lograr mediante el Catálogo de Operaciones, que consiste en la **transferencia de responsabilidad al contratista en el control de calidad**.

Para ello, la ITOC define las funciones relacionadas con el control de calidad, tanto del Jefe de Equipo, como del Encargado, y del jefe de Operaciones, estableciendo claramente quién ha de verificar el cumplimiento de las condiciones de ejecución, qué documentos hay que rellenar para documentarlo, y quién aprueba la correcta ejecución de la Operación.

De este modo, el personal del contratista que lleva a cabo las operaciones, dejará constancia escrita, mediante la firma en el Parte de Trabajo, de quién ha ejecutado la operación, (el Jefe de Equipo), quién ha preparado los materiales y supervisado la ejecución, (el Encargado de Obra), y quién la ha aprobado provisionalmente (el Jefe de Operaciones).

Todo este trabajo se apoya en la Lista de Comprobación (imagen 4) que se describe en este apartado 10 de cada ITOC, y que luego se desarrolla en el Anejo 2 de cada Instrucción, cuya copia debe llevar siempre el Jefe de Equipo que realice la Operación.

En este punto, vuelve a ser necesario mencionar la necesidad de centrarse en lo que realmente es importante comprobar, evitando sobrecargar de tareas improductivas a los operarios del Sector.

La Mejora Continua se diseña en el apartado 12 de las ITOC. Gracias al esquema de control preventivo de la calidad, la Administración puede comprobar el proceso productivo con facilidad y fiabilidad, analizar los errores que hayan podido producirse, depurar las responsabilidades oportunas y poner los medios para la mejora continua en la gestión del mantenimiento.

En este apartado se acuerda que, cuando una operación realizada según la ITOC no alcance los requisitos de calidad fijados por la normativa vigente conllevará automáticamente la modificación de la Instrucción. Y en el Anejo nº 3 se incluyen los partes de No Conformidad que inician el proceso.

Finalmente, en la ITOC se incluyen pautas de actuación en otros aspectos también importantes como son la seguridad y salud, o la actualización permanente del inventario de elementos de la carretera. En el caso de la seguridad y salud, y al objeto de no caer en incompatibilidades con los planes de seguridad y salud propios de las empresas de conservación, la ITOC se limita a recordar que lo que a Seguridad y Salud se refiere, son las Evaluaciones de Riesgo, aprobadas y vigentes de los Sectores de Conservación las que rigen este aspecto, y que por tanto los análisis de riesgos deberán ser actualizados, si fuera necesario, en el caso de ejecutar operaciones siguiendo las indicaciones de las ITOC.

Y en el caso de los inventarios, la ITOC aporta conciencia de la importancia de que aquellos estén permanentemente actualizados, de que las operaciones realizadas se recojan inmediatamente en el Infoseg, y de que su actualización se realice con el menor coste posible.

## 6. "Rodaje" de las ITOC

Los Sectores de Conservación de la Demarcación de Carreteras del Estado en Murcia, comenzaron a usar las ITOC en el año 2014, siendo la Instrucción 29302a29304\_ITOC\_Repintado barandilla y pretil metálico el primer documento elaborado, tras llevar a cabo un importante proceso de investigación normativa y de colaboración con la empresa fabricante de pinturas, para determinar el procedimiento de ejecución más adecuado, y los materiales a emplear. Posteriormente, para validar el procedimiento, se llevaron a cabo los correspondientes ensayos de oxidación, denominados "Electroquímica Cíclica Acelerada", según la Norma UNE 48315, que fueron realizados en el Centro de

Investigación de la Universidad Jaume I, de Castellón de la Plana.

Desde entonces, los Sectores de Conservación han ido poniendo en práctica las diferentes ITOC redactadas, con objeto de depurar posibles errores, y sobre todo de beneficiarse de la mejora de calidad y eficiencia que reporta su empleo.

Del mismo modo, los Directivos de las empresas que forman parte del Grupo de Trabajo, están promocionando el empleo de las ITOC en otros sectores de conservación perteneciente a otras Administraciones, a fin de lograr mayor experiencia en la materia.

En este periodo iniciático, es destacable que los operarios, tras un breve periodo de aprendizaje, valoran positivamente las ITOC, como señalan los informes de seguimiento y control de implantación de las ITOC, redactados por INECO, en los que se concluye que “se está obteniendo una respuesta muy satisfactoria por parte de los trabajadores, los cuales van asimilando la necesidad de que se establezcan procedimientos y pautas que conlleven a la buena ejecución de las operaciones”.

También se recoge en los informes de seguimiento una valoración positiva del empleo de las ITOC por todos los sectores de conservación, que supone la unificación de criterios para todos ellos, ya que anteriormente cada sector tenía sus propios puntos de inspección de acuerdo a su Plan de Calidad.

Por su parte, los Jefes Coex se muestran muy favorables al empleo de las ITOC, ya que constituyen una base firme de apoyo a las instrucciones que imparten a sus subordinados, evitando discusiones y eliminando malas prácticas.

En el futuro, la previsión es que se vayan empleando todas las ITOC disponibles, y que cada vez que comience una campaña específica se repase su contenido por todos los implicados, especialmente por parte de los Encargados, que han de verificar el empleo de materiales que cumplan todos los requisitos legalmente exigibles, y de que los Jefes de Equipo dispongan de todos los medios auxiliares establecidos en la ITOC.

Por su parte, los Jefes de Equipo deberán llevar siempre en el furgón los partes de trabajo, y las Listas de Comprobación que se adjuntan como Anejo 2 de cada ITOC.

## 7. Conclusión:

El Grupo de Trabajo considera que el Catálogo de Operaciones es un magnífico vehículo para implementar las mejores prácticas en conservación de carreteras, y asegurar la calidad de las operaciones al menor coste posible.

El esfuerzo que supone la redacción e implantación de un catálogo de operaciones, trae consigo importantes ventajas, entre las que destacamos las siguientes:

OPERACIÓN Nº	ELEMENTO (ID)					
	1	2	3	4	5	6
REINTEGRACIÓN OPERACIONES	DENOMINACIÓN					
	Reposición o reparación de junta elástica					
CONTROL DE EJECUCIÓN (ACEPTACIÓN / RECHUZO)	1.- Conocimiento e firmas de seguridad por defectos (indicar sí/no)	✓				
	2.- Verificación de obra adecuada (indicar sí/no)	✓				
	3.- Comprobación de que la calada está seca (indicar sí/no)	✓				
	4.- Comprobación de que la temperatura supera los 5 °C (indicar temperatura)	✓				
	5.- Se ha marcado con un azul los bordes de la junta? (indicar sí/no)	✓				
	6.- Limpieza y ausencia de polvo y objetos en el borde y fondo de cajeteo (indicar sí/no)	✓				
	7.- Se ha calentado con lanza térmica los bordes de la junta? (indicar sí/no)	✓				
	8.- Se ha rotado el cordón de caucho? (indicar sí/no)	✓				
	9.- Se ha imprimado con betún caucho a 170 ° +/- 10 °C el fondo de la caja? (indicar temperatura)	✓				
	10.- Se ha calentado y calentado la chapa de acero? (indicar sí/no)	✓				
	11.- Se ha imprimado con betún caucho a 170 ° +/- 10 °C la cara superior de la chapa de acero? (indicar temperatura)	✓				
	12.- Se ha verificado mediante la temperatura correcta de 170 +/- 10 °C? (indicar temperatura)	✓				
	13.- Se ha verificado el asentamiento por encima del pavimento? (indicar sí/no)	✓				
	14.- Se ha empujado con agua y se ha compactado adecuadamente	✓				
	15.- Se ha sellado con betún caucho a 170 +/- 10 °C (indicar sí/no)	✓				
	16.- Se ha recubierto con arido sílice? (indicar sí/no)	✓				
	17.- Han transcurrido más de 2 horas antes de la apertura al tráfico? (indicar tiempo)	✓				
Operación Aceptada	✓					
Operación Rechazada						
Operación en Punto de Espera						
NO CONCORDANCIAS	MOTIVO DE NO CONFORMIDAD/ DEFICIENCIAS DE SEGURIDAD / COMENTARIOS Nº OPERACIONES					
CONCORDIA EJECUCIÓN OPERACIÓN	Nombre		Fecha		Firma	
	CUMPLIMIENTO PARTE (Jefe de equipo)					
	ENCARGADO (Encargado)					
APROBACIÓN OPERACIONES Y CALIDAD (Fecha de firma)						



Figura 4. Lista de Comprobación existente en ITOC de Reposición o reparación de junta elástica.

- Garantiza el cumplimiento de toda la normativa técnica, legal y ambiental.
- Solo permite el empleo de materiales con los marcados y certificados exigibles.
- Mejora la eficiencia y la calidad.
- Atribuye claramente las responsabilidades y la conciencia de ello a los trabajadores.
- Facilita la transferencia de tecnología y conocimiento entre las Conservaciones.
- Proporciona uniformidad “por arriba” en los contratos de conservación.
- Facilita la trazabilidad de los materiales empleados, de las operaciones realizadas, y de los controles de calidad.
- Proporciona un mayor conocimiento de los rendimientos y costes reales para mejorar la programación de Operaciones.
- Mejora el control de gasto por la Administración y de las empresas.

En definitiva, un Catálogo de Operaciones es muy beneficioso para todos los intervinientes: Para la Administración, porque consigue mayor calidad y eficiencia en el gasto, para la Empresa de Conservación, porque le limita su responsabilidad subsidiaria derivada de mala praxis local, y para los trabajadores del sector, porque les proporciona los medios adecuados para realizar su trabajo en un marco bien definido que determina claramente sus funciones. ❖

# Análisis de la longitud de las rectas y su influencia en la consistencia del diseño geométrico de carreteras convencionales



Analysis of the tangent length on two-lane rural roads and its influence on geometric design consistency

**Jaime S. Díaz García**

*Ingeniero de Caminos, C. y P., España*

**Francisco J. Camacho-Torregrosa**

*Ayudante Doctor, GIIC, UPV, España*

**Alfredo García**

*Catedrático, Grupo de Investigación en Ingeniería de Carreteras (GIIC), Universitat Politècnica de València (UPV), España*

## Resumen

Los trazados que presentan rectas de elevada longitud fomentan que los conductores circulen a mayores velocidades, pudiendo alcanzar sus velocidades deseadas en la parte central de las mismas. Como consecuencia de ello, son grandes las reducciones de velocidad para afrontar las curvas posteriores. En cambio, con rectas cortas, las velocidades que se pueden desarrollar en las dos curvas de los extremos están condicionadas mutuamente para que no haya una reducción excesiva de la velocidad. Las reducciones excesivas de velocidad comprometen la adecuada consistencia de una carretera por lo que están correlacionadas con una mayor siniestralidad.

La mayoría de modelos existentes para la estimación de la velocidad de operación han sido calibrados a partir de mediciones puntuales de velocidad. Para estimar los perfiles de velocidad de operación, se hace necesario incorporar unas reglas de construcción. La gran mayoría de ellas considera que los cambios de velocidad se producen solo a lo largo de la recta. En la investigación que se presenta, se ha

analizado el comportamiento operacional observado de un gran número de conductores en las rectas, encontrando importantes diferencias respecto del comportamiento anterior. Analizando la evolución de la velocidad de operación observada en 70 secciones curva-recta-curva de carreteras convencionales se ha encontrado que la variación de velocidad se produce en una longitud superior a la propia recta; esa nueva longitud efectiva está conformada por la longitud de la recta más un cierto desarrollo de las curvas adyacentes. Los resultados apuntan a que la longitud empleada para variar la velocidad antes y después de las rectas es de unos 145 m, independientemente de la configuración geométrica.

Adicionalmente, se han comparado los resultados del análisis geométrico y operacional de las secciones con los criterios correspondientes de la Instrucción de Trazado de Carreteras vigente, encontrando disparidades manifiestas y planteándose mejoras a la misma, siendo el punto de mayor discrepancia las reducidas longitudes que esta emplea para considerar algunas rectas como no independientes. Se han encontrado tres niveles de independencia de las rectas a diferencia de los dos niveles tradicionalmente empleados a nivel internacional.

**Abstract**

Road alignments in which long tangents are present allow drivers to perform faster, and therefore to reach their desired speed in the mid-tangent sections. As a consequence, more important speed reductions might be necessary to negotiate the following curves. Conversely, curves separated by a short tangent normally present very similar speeds, not requiring sudden speed reductions. This is an important fact, since intense speed reductions are connected to local inconsistencies, thus leading to higher crash rates.

Most operating speed models have been calibrated using spot-speed data. They can be used with certain construction rules to estimate the operating speed profile along a certain road alignment. However, most of these construction rules assume that speed variations take place entirely on the tangent section. In this study,

the authors have observed the behavior of a large set of drivers along tangents, finding important differences compared to the previous assumption. The operating speed analysis across 70 curve-tangent-curve sections shows that speed variations generally take place along a longer section than the actual tangent. This new 'effective length' includes not only the whole tangent but a certain section of the adjacent curves. Moreover, this section seems to be around 145 m, regardless of the geometric design.

Additionally, the authors have analyzed the geometric design and driving performance of the previous sections, comparing them towards the current Spanish design standards. The results show important disparities, especially concerning the threshold-based criterion to define a tangent as non-independent. The authors also propose some enhancements to the existing guidelines, including a new tree-level dependence level of tangents, in contrast to the two internationally well-known ones.

**1. Introducción**

En carreteras convencionales, las rectas de cierto desarrollo son necesarias para poder facilitar el adelantamiento y así aliviar las demoras de los vehículos más rápidos, mejorando así el nivel de servicio. Como contrapartida, rectas largas propician mayores velocidades. En los casos de longitudes elevadas, los conductores pueden alcanzar su velocidad deseada, que mantendrán constante hasta aproximarse a la curva posterior. Este comportamiento es especialmente relevante cuando las reducciones de velocidad previas a encarar la siguiente curva son de gran magnitud. Este tipo de rectas largas se denominan rectas independientes (Lamm et al., 2007), al no estar condicionadas por las curvas.

En cambio, cuando la recta es corta, las velocidades que se pueden desarrollar están muy relacionadas con las de las curvas debido al poco desarrollo existente para variar la velocidad. En casos extremos, puede haber incluso transición directa de velocidad entre ellas. Este tipo de rectas se denominan no independientes (Lamm et al., 2007) o dependientes.

La velocidad de operación es entendida como la velocidad que desarrollan los usuarios de la carretera bajo condiciones de flujo libre. Esta velocidad de operación para cada elemento del trazado está reconocida que se corresponde con el percentil 85 de las velocidades en flujo libre de vehículos ligeros.

Se han desarrollado diversos modelos para la estimación de la velocidad de operación en rectas, si bien con gran dispersión, al no ejercer estas un control geométrico sobre los

conductores. Así, podemos encontrar como modelos más simples una velocidad única para todas las rectas independientes: Ottesen y Krammes (2000) propusieron 97,9 km/h; Fitzpatrick y Collins (2000) adoptaron 100 km/h; Easa (2003) la seleccionaba en el intervalo (94; 104) km/h, estimándose aproximadamente en 100 km/h en vías convencionales con velocidad límite de 90 km/h. Otros modelos más avanzados han tenido en cuenta algunas variables: Fitzpatrick et al. (2000) estimaban la velocidad media de las rectas de longitud superior a 200 m en función de diferentes índices de trazado; Polus et al. (2000) se basaban en los radios de las curvas de los extremos y la longitud de la recta; Pérez et al. (2010) propusieron dos modelos que dependían de la longitud de la recta y las características geométricas y operacionales de la curva anterior.

Las reducciones excesivas de velocidad comprometen la adecuada consistencia de una carretera por lo que están correlacionadas con una mayor siniestralidad. Puede definirse la consistencia del diseño geométrico como el grado de adecuación entre el comportamiento de la carretera y las expectativas de los conductores (Nicholson, 1998). Un diseño inconsistente da como resultado sorpresas en los conductores y, por tanto, mayor probabilidad de existir un comportamiento anómalo que derive en un accidente. La mayoría de las investigaciones relacionadas con la consistencia y los modelos más empleados se centran en la velocidad de operación y sus variaciones (Hassan, 2004), por ser relativamente sencilla su estimación pero a la vez ofrecer buenos resultados. Esta velocidad se emplea para

evaluar la consistencia básicamente de dos formas: examinando su variación a lo largo de la vía (buscando deceleraciones bruscas o altas variaciones), o comparándola con la velocidad de diseño de la propia curva (esto es, su velocidad específica).

En los análisis de consistencia, las transiciones recta-curva son consideradas como las ubicaciones más críticas, ya que se estima que más del 50 % de las muertes en carreteras interurbanas se producen en secciones curvas (Lamm et al., 1992). La reducción de velocidad de operación entre dos elementos consecutivos ( $\Delta V_{85}$ ) es una forma indirecta de cuantificar la sorpresa experimentada por los conductores, y se ha revelado como un indicador de consistencia muy sencillo y utilizado. Este es el modelo propuesto por Lamm et al. (1999) y denominado Criterio II, que establece dos umbrales de 10 y 20 km/h, de la reducción de velocidad de operación entre la recta y la curva siguiente, para distinguir una consistencia buena, aceptable o pobre. Otro modelo más reciente ha sido propuesto por García et al. (2013) para evaluar la consistencia en las curvas empleando el Índice de Consistencia Inercial (ICI). Este nuevo índice consiste en el cálculo en el punto de inicio de la curva de la diferencia entre la velocidad de operación media del kilómetro anterior (velocidad de operación inercial) y la velocidad de operación en ese punto (velocidad de operación de la curva). Posteriormente, se ha fijado la longitud óptima del segmento anterior para promediar la velocidad de operación en 750 600 m (García et al., 2015 Llopis-Castelló et al., 2018).

## 2. Objetivos e hipótesis

La mayoría de modelos de velocidad de operación consideran que los cambios de velocidad se producen exclusivamente a lo largo del desarrollo de la recta, manteniéndose en los tramos curvos una velocidad constante. En esta investigación se ha introducido una nueva hipótesis, ya verificada para curvas aisladas, según la cual, los conductores inician su aceleración antes de que concluya la primera curva y completan su deceleración ya dentro de la segunda curva (Pérez et al., 2010). Realizando un paralelismo con los modelos de velocidad de operación, podría establecerse que la variación de velocidad se produce exclusivamente a lo largo de una recta virtual, que comprende el desarrollo de la recta y porción de las curvas adyacentes. La longitud de esta recta virtual podría denominarse "longitud efectiva", que será mayor que la longitud geométrica.

El objetivo principal de la investigación es la mejora del conocimiento sobre cómo influye la longitud de las rectas en la consistencia del diseño geométrico. Para ello se han analizado datos existentes, los cuales fueron obtenidos mediante la observación continua de la evolución de una muestra de vehículos recorriendo diversos tramos de carretera convencional.

Se han planteado las siguientes hipótesis adicionales a verificar mediante el desarrollo experimental:

- Una mayor longitud de recta induce a los conductores a aproximarse más a su velocidad deseada.
- A menor velocidad de diseño del tramo, menor es la longitud mínima de la recta para ser considerada independiente.
- Existe condicionamiento operacional entre curvas consecutivas para rectas con desarrollo por debajo de cierta longitud.

## 3. Metodología

La base experimental de esta investigación fue la observación continua de la evolución de muestras de vehículos ligeros en nueve segmentos de carretera convencional. Para ello se emplearon dispositivos GPS de rastreo pasivo de 1 Hz, que se entregaban a los conductores previa aceptación de colaboración. Para esto se siguió la metodología propuesta por Pérez et al. (2013). Al entregar el dispositivo de rastreo a los conductores, se podría estar invalidando la muestra de datos. Con el fin de cuantificar este posible sesgo, antes de realizar las cuatro primeras tomas de datos se midieron velocidades en dos puntos de cada tramo (una recta y una curva) con videocámara. El día de la toma de datos se repitió el mismo procedimiento. De este modo se logró un doble objetivo: por un lado, se validan los datos de velocidad al contrastar la velocidad puntual de vehículos obtenida mediante GPS y videocámaras. Por otra parte, se determinó que los datos con y sin GPS no pertenecen a poblaciones diferentes, con un 95% de fiabilidad, validando la metodología. Los resultados más detallados se pueden encontrar en Pérez et al. (2013).

De este modo, se dispone de muestras de perfiles individuales de velocidad en varios segmentos de carretera convencional. Se considera segmento aquel tramo de carretera de características geométricas y operacionales aproximadamente constantes, sin intersecciones intermedias de importancia y de longitud suficiente para que los conductores desarrollen libremente sus velocidades. En la Tabla 1 se observan la localización y características básicas de los nueve segmentos, todos ellos situados en la provincia de Valencia.

De cada segmento se restituyó la geometría mediante software desarrollado a tal efecto (Camacho-Torregrosa et al., 2015). A partir de la geometría en planta, se seleccionó un total de 70 secuencias curva-recta-curva de diversas características. En estas secciones la longitud de recta varía entre 31 m y 1446 m, siendo el promedio de 409 m. Las curvas adyacentes presentan radios entre 66 m y 963 m, con un radio medio de 340 m.

La primera fase del análisis consistió en explorar la variabilidad de comportamientos individuales de los conductores en secuencias curva-recta-curva. El objetivo de

**Tabla 1. Características de los segmentos de carretera convencional observados**

Segmento	Longitud (km)	Radio mínimo (m)	IMD (veh/día)	Recorridos disponibles (ida/vuelta)
CV-35 [Tuéjar-Titaguas]	13,4	65	860	75/90
CV-35 [Calles - Losa del Obispo]	8,2	80	2257	120/121
CV-333 [Urb. Brugar-Pedravilla]	5,1	245	2419	101/89
CV-372 [La Pobra-Ribarroja]	4,5	85	2023	77/117
CV-370 [Villamarchante-Pedralba]	8,3	195	2523	61/79
CV-401 [Alfajar-El Saler]	6,0	80	5292	102/91
CV-376 [Pedralba-Llíria]	6,7	85	2656	58/53
CV-310 [Bétera-CV-305]	4,7	130	6809	74/58

dicho análisis era determinar si existía la posibilidad de extraer patrones de comportamiento, y definir los mismos de forma probabilística. Sin embargo, se observó que el comportamiento desagregado presentaba excesiva variabilidad, tanto en la posición de los puntos de inicio/fin de cambios de velocidad, como en las tasas de aceleración. Este comportamiento fue ya reflejado en la investigación de Pérez-Zuriaga et al. (2010).

Como resultado, se decidió obtener el perfil de velocidad de operación conjunto, a partir de la determinación de la velocidad de percentil 85 en cada punto. Habida cuenta del suficiente tamaño muestral reflejado en la Tabla 1, el resultado es un perfil de velocidad de operación que presenta mucha continuidad. En la Figura 1 se muestra la comparativa, para una determinada secuencia curva-recta-curva, de algunos perfiles individuales y del perfil agregado.

Para la realización del estudio de la velocidad desarrollada en tramos rectos, es necesario utilizar aquellas rectas en las que se llega a alcanzar una velocidad aproximadamente constante, fuera de las zonas de aceleración y deceleración. Por ello, los tramos rectos de carretera utilizados en este estudio se han identificado a partir de los perfiles continuos de velocidad, seleccionando aquellos en los que la velocidad se mantiene constante durante una cierta parte de ellos, diferenciándose claramente de los tramos de aceleración y deceleración.

De cada sección de análisis y de su correspondiente perfil de velocidad de operación, se han determinado una serie de variables a partir de las cuales se han realizado todos los cálculos necesarios para el posterior análisis. Estas variables se han agrupado de la siguiente forma:

- Características del segmento (s):
  - Ls: longitud (m).
  - Rms: radio mínimo (menor radio de las curvas del segmento) (m).
  - CCRs: índice de cambio de curvatura (gon/km).
  - V85ms: velocidad de operación media (km/h).
  - V85mxs: velocidad de operación máxima (km/h).
  - V85mis: velocidad de operación mínima (sin contar la de los extremos si hay intersecciones que la reduzcan) (km/h).

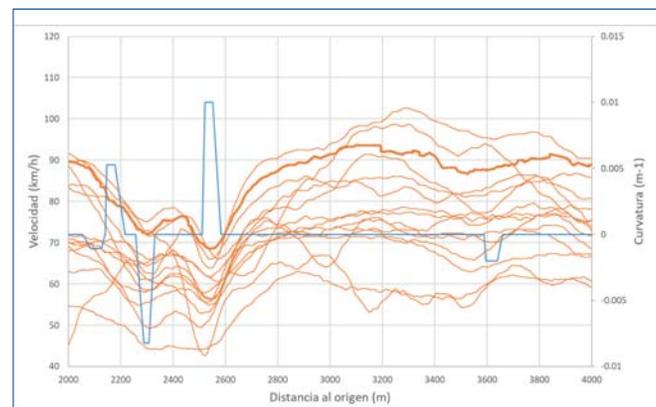


Figura 1. Perfiles de velocidad individuales (líneas finas) y percentil 85 agregado (línea naranja gruesa). Se representa frente al diagrama de curvaturas (eje derecho).

- Vds: velocidad de diseño (km/h), inferida a partir del radio en planta y considerando un peralte acorde con la Instrucción de Trazado 3.1- IC de 1999.
- Características de la sección de análisis (j):
  - Geometría:
    - Curva 1:
      - R1js: radio (m).
      - A11js: parámetro clotoide entrada (m) .
      - A12js: parámetro clotoide salida (m) .
      - W1js: ángulo de deflexión total (gon).
      - L1js: longitud total (m).
      - Lc11js: longitud clotoide entrada (m).
      - Lc12js: longitud clotoide salida (m).
      - Lr1js: longitud arco circular (m).
      - PKi1js: PK inicial.
      - PKf1js: PK final.
      - CCR1js: índice de cambio de curvatura (gon/km).
    - Recta:
      - Ltjs: longitud (m).
      - PKitjs: PK inicial (PKitjs = PKf1js).
      - PKftjs: PK final (PKftjs=PKi2js).
      - CCRjs: índice de cambio de curvatura de la sección completa (incluyendo ambas curvas) (gon/km).
    - Curva 2:
      - R2js: radio (m).

- A21js: parámetro clotoide entrada (m).
- A22js: parámetro clotoide salida (m).
- W2js: ángulo de deflexión total (gon).
- L2js: longitud total (m).
- Lc21js: longitud clotoide entrada (m).
- Lc22js: longitud clotoide salida (m).
- Lr2js: longitud arco circular (m).
- PKi2js: PK inicial.
- PKf2js: PK final.
- CCR2js: índice de cambio de curvatura (gon/km).
- Operación:
  - Curva 1:
    - V851js: velocidad mínima de operación (km/h).
    - PK851js: PK final de velocidad mínima de operación.
  - Recta:
    - V852js: velocidad máxima de operación inicial (km/h).
    - PK852js: PK inicial de velocidad máxima de operación.
    - V853js: velocidad máxima de operación final (no tiene por qué ser igual a V852js) (km/h).
    - PK853js: PK final de velocidad máxima de operación.
  - Curva 2:
    - V854js: velocidad mínima de operación (km/h).
    - PK854js: PK inicial de velocidad mínima de operación.
- Características globales:
  - Adelanto del inicio de aceleración:  $Lt1js=PKitjs-PK851js$  (m).
  - Retraso del final de deceleración:  $Lt2js=PK854js-PKftjs$  (m).
  - Longitud efectiva de recta:  $Ltejs=Ltjs+Lt1js+Lt2js$  (m).
  - Grado de velocidad de operación deseada:  $GV85djs=V85mxs-\max(V852js;V853js)$  (km/h).
  - Incremento de velocidad de operación en aceleración:  $\Delta V85ajs=V852js-V851js$  (km/h).

- Tasa media de aceleración de operación:  $a85js$  (m/s<sup>2</sup>).
- Disminución de velocidad de operación en deceleración:  $\Delta V85djs=V854js-V853js$  (km/h).
- Tasa media de deceleración de operación:  $d85js$  (m/s<sup>2</sup>).

En la Figura 2 se observa cómo se determinan las variables principales asociadas a una sección de análisis, con base en el diagrama de curvaturas y el perfil de velocidad de operación. Básicamente, se trata de localizar en el perfil de velocidad de operación los cuatro puntos característicos de variación de la velocidad (1, 2, 3 y 4).

#### 4. Análisis

Las primeras variables importantes son las longitudes de las curvas que son utilizadas para llevar a cabo variación de la velocidad. La longitud de curva inicial empleada para acelerar (Lt1) presenta un valor medio de 81,0 m, con un máximo de 336 m. Solo hay una sección de análisis donde este valor es negativo, es decir, que no se acelera dentro de la curva. La longitud de curva final empleada para decelerar (Lt2) arroja un valor medio de 82,2 m, con un máximo de 340 m. En este caso hay dos secciones donde la deceleración concluye antes de terminar la recta. Hay que recalcar que las longitudes anteriores no constituyen el total de longitud empleada para cambiar la velocidad, sino la porción que corresponde a los tramos curvos.

Sumando ambas longitudes a la propia de la recta obtenemos una longitud efectiva (Lte) superior a la longitud geométrica de la recta (Lt). Esta operación se ha realizado para todas las rectas, obteniendo la gráfica de la Figura 3. El ajuste lineal da como resultado una muy alta correlación entre las longitudes, con pendiente próxima a la unidad. Forzando la pendiente de la recta de ajuste a la unidad se obtiene que la longitud efectiva es igual a la longitud geométrica de la recta añadiéndole 142,59 m, independientemente de dicha longitud geométrica.

Así se ha verificado la primera hipótesis planteada, es decir, las variaciones de velocidad no se producen solo a lo largo de la recta intermedia. Además, el modelo resultante para la longitud de la recta efectiva, desde el punto de vista operacional, es muy simple y con mucha fortaleza estadística (Ecuación 1).

$$L_{te} = L_t + 142,59 \text{ (m)} \tag{1}$$

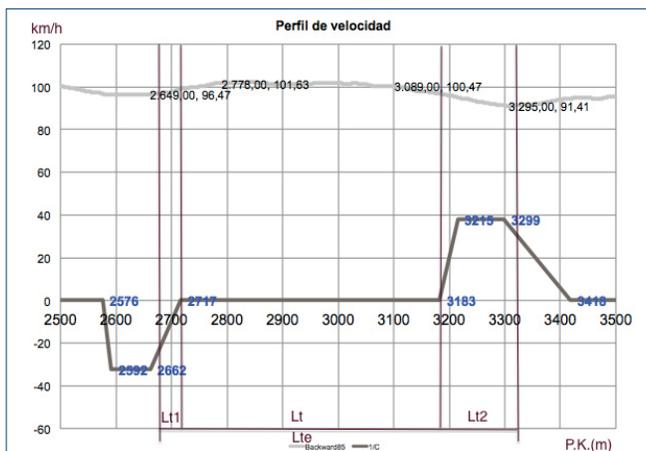


Figura 2. Esquema de determinación de las variables principales en un perfil de velocidad de operación de una sección de análisis.

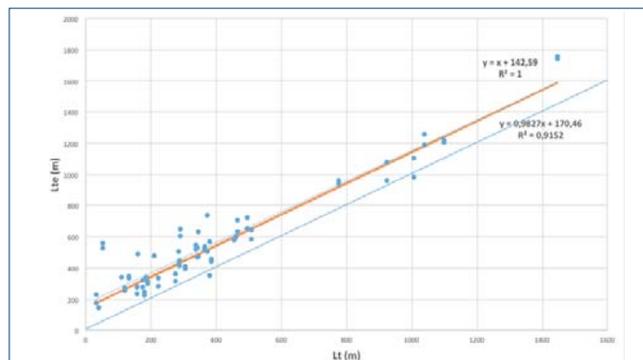


Figura 3. Relación entre la longitud geométrica y efectiva de las rectas.

Esta relación entre las longitudes efectiva y geométrica de la recta implica que, en promedio, la longitud efectiva es igual a la geométrica más una cierta constante, que aglutina las transiciones de velocidad en las curvas adyacentes. Como puede observarse, este diferencial es constante e independiente de la longitud de la recta. En la Figura 3 puede observarse cómo los residuos del ajuste no parecen presentar heterocedasticidad (si bien sería deseable contar con una muestra mayor de rectas de longitud superior a 600 m). La magnitud del residuo hace sugerir que otros parámetros, tales como el radio, longitud, e incluso la visibilidad juegan un papel importante en el diferencial  $L_{te}-L_t$ . Los dos primeros fueron analizados en el estudio, sin encontrar evidencias de suficiente fortaleza estadística. El tercero no pudo evaluarse, al no disponer para los segmentos de estudio de perfiles de visibilidad de suficiente precisión.

La segunda hipótesis a verificar implica que los conductores se aproximan más a su velocidad deseada a medida que la longitud de recta es mayor. Esto supone relacionar las longitudes de las rectas, tanto geométrica ( $L_t$ ) como efectiva ( $L_{te}$ ), con el grado de velocidad de operación deseada ( $GV_{85d}$ ). En las Figuras 4 y 5 se observan las relaciones entre dichas variables y se verifica la hipótesis planteada, aunque aparece cierta dispersión para longitudes reducidas. Esta es debida a la influencia de otras variables, como los radios de las curvas en los extremos y, por tanto, a sus velocidades de operación. Para rectas largas, independientemente del radio de las curvas adyacentes, los conductores disponen de longitud suficiente para adquirir una velocidad mayor y, por tanto, acercarse a su velocidad deseada. En rectas cortas la influencia de las curvas adyacentes es mucho mayor. Para radios reducidos, la velocidad alcanzada en la recta distará mucho de la deseada, siendo mucho menor la limitación cuando los radios son más amplios. También influye el nivel de la velocidad de operación de referencia del segmento, que es la máxima observada a lo largo del mismo. Esta velocidad de operación se corresponde siempre con rectas largas, estando afectada por variables generalmente asociadas a la sección transversal o al entorno.

También se evaluó la posibilidad de que el diferencial observado se debiera a la existencia de límites de velocidad, tanto específicos como genéricos. La sección transversal y características globales de los segmentos empleados en el estudio son muy similares, generalmente con arceles reducidos y velocidades genéricas de 80 ó 90 km/h. En cuanto a las curvas, la mayoría no presenta limitación específica, siendo las que lo presentan de tipo máximo o recomendable. En un primer análisis exploratorio de su posible influencia no se encontró relación clara con las velocidades desarrolladas, por lo que se descartó su inclusión en el modelo.

La siguiente hipótesis planteada, acorde con la vigente Instrucción de Trazado 3.1 IC (Ministerio de Fomento, 2016), supone que, a menor velocidad de diseño, menor es la longitud mínima de la recta para ser considerada independiente. Para analizar esto, se comparará el grado de velocidad

de operación deseada para diferentes rectas para diferentes velocidades de diseño. En la Figura 6 se observa que, para el conjunto global de secciones, el grado de velocidad deseada no depende de la velocidad de diseño. Si se agrupan las secciones en tres subgrupos con velocidades de diseño próximas a 50, 60 y 70 km/h, y se calculan los promedios del grado de velocidad de operación deseada para longitudes de rectas menores de 200, 300, 400 y todas ellas, se obtiene la gráfica de la Figura 7. En ella se comprueba que no existe la relación planteada en la hipótesis, por lo que se refuta la misma.

La última hipótesis propone que hasta cierta longitud de recta existe condicionamiento operacional entre las curvas de los extremos. Rectas muy cortas implican que no se alcanza la velocidad deseada, aspecto que cambia en rectas largas. Esta conjetura puede ser verificada a través de la influencia que tiene la longitud de la recta en la reducción de la velocidad al final de la recta, es decir, la diferencia entre la velocidad máxima de operación final de la recta ( $V_{853js}$ ) y la velocidad mínima de operación de la curva 2 ( $V_{854js}$ ). En la Figura 8 se puede observar cómo a mayor longitud de recta hay una tendencia hacia una mayor reducción de velocidad, si bien la dispersión también es elevada. En la figura se han destacado los valores según los umbrales de reducción de velocidad de operación propuestos por Lamm et al. (1999), es decir, 10 y 20 km/h. Cuanto menor es la reducción de velocidad mayor condi-

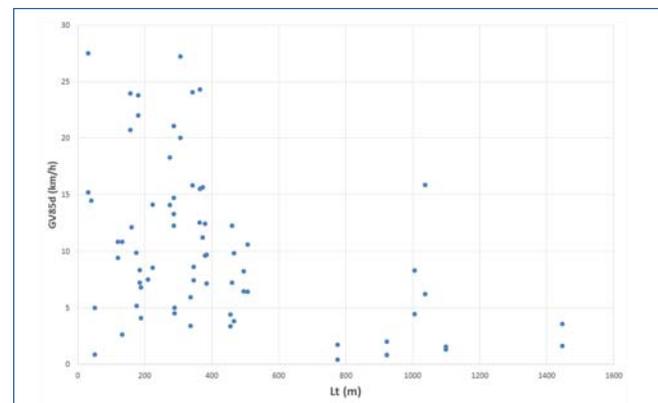


Figura 4. Relación entre la longitud geométrica de las rectas y el grado de velocidad de operación deseada.

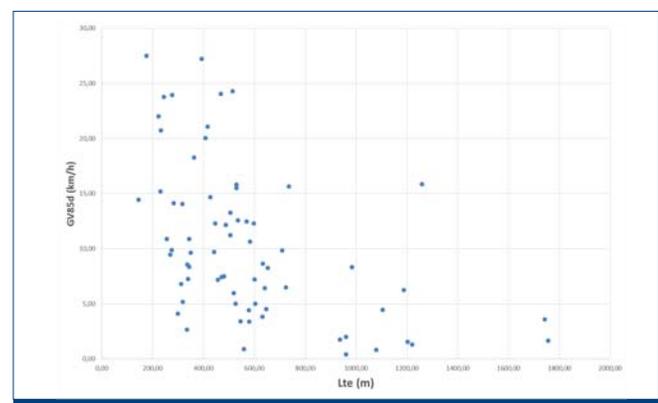


Figura 5. Relación entre la longitud efectiva de las rectas y el grado de velocidad de operación deseada.

cionamiento existe entre las curvas y, por tanto, menos independiente será la recta. Así, se ha calificado la independencia de las rectas en débil, intermedia y fuerte, siguiendo los umbrales de consistencia de Lamm et al. (1999).

Cabe tener en cuenta que la reducción de velocidad dependerá no solo de la longitud de la recta, sino también de la velocidad de operación de la curva final. Es decir, si se trata de una curva con alta curvatura, se fomentarán las deceleraciones elevadas, mientras que en curvas suaves la reducción tenderá a ser menor, independientemente de la longitud de la recta. De ahí la dispersión que se puede apreciar en la figura anteriormente referida.

Otra forma de abordar el contraste de esta hipótesis es a través del análisis de la influencia que tiene la longitud de la recta en la diferencia de velocidad de operación entre la media de las velocidades máximas de operación en la recta (V852js, V853js) y la media de las velocidades de operación de las curvas (V851js, V854js). En la Figura 9 se puede observar cómo a mayor longitud de recta hay una más clara tendencia hacia una mayor variación de la velocidad de operación. En la figura se han destacado los valores según los umbrales de reducción final de velocidad de operación de la figura anterior (10 y 20 km/h), calificando de la misma forma la independencia de las rectas en débil, intermedia y fuerte. Se vuelve a apreciar que cuanto menor es la variación de velocidad de operación mayor condicionamiento existe entre las curvas y, por tanto, menos independiente es la recta. En este caso se ve de forma más evidente el cambio de dispersión entre

umbrales, pues se tiene en cuenta tanto la velocidad de partida como la final para cada recta.

Por tanto, a través de los dos análisis realizados se puede verificar la hipótesis formulada, es decir, que cuanto más longitud presenta la recta mayor independencia adquiere al acoger unas variaciones de velocidad de operación mayores.

### 5. Discusión

Una vez contrastadas las hipótesis, se ha realizado una comparación entre los parámetros de las secciones estudiadas y los que la Instrucción 3.1-IC anterior (Ministerio de Fomento, 1999) y la vigente Instrucción 3.1-IC (Ministerio de Fomento, 2016) establecen que deberían tener. Así, de las 70 secciones estudiadas, habría 33 secciones que no cumplirían con la Norma anterior y 43 que no lo harían para la nueva Norma.

En la anterior Norma, el criterio establecido para distinguir rectas independientes de no independientes era muy claro y sencillo, ya que las rectas superiores a 400 metros eran consideradas como independientes sin tener en cuenta otros factores que pueden influir. En cambio, en la nueva Norma (Tabla 2), esta longitud aumenta con la velocidad de proyecto.

Esto ha quedado demostrado en el análisis de velocidad en rectas que no se cumple, ya que trazados con radios menores implican menores velocidad de operación en las curvas, y por lo tanto precisarán de mayor longitud en las rectas para ser consideradas independientes. Es de-

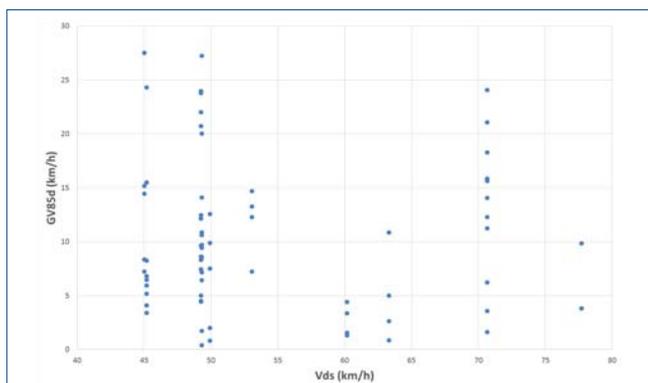


Figura 6. Relación entre la velocidad de diseño del segmento y el grado de velocidad de operación deseada.

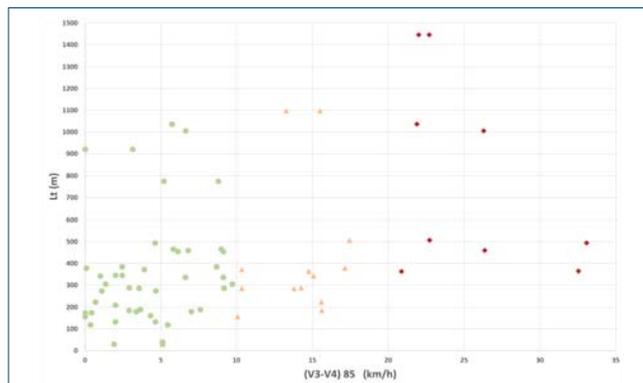


Figura 8. Relación entre la longitud de la recta y la reducción de velocidad de operación al final de la recta.

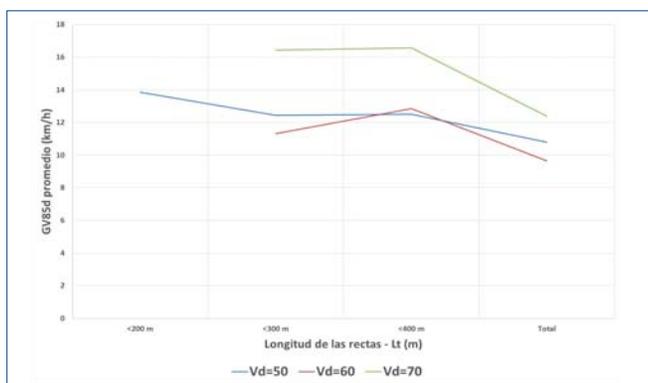


Figura 7. Relación entre la velocidad de diseño del segmento, las longitudes de las rectas y el promedio del grado de velocidad de operación deseada.

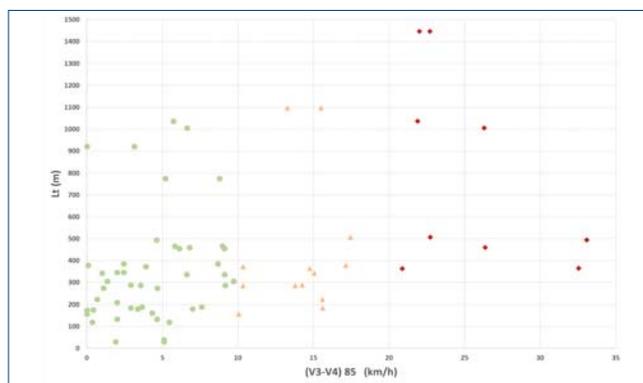


Figura 9. Relación entre la longitud de la recta y la media de la variación de la velocidad de operación al inicio y final de la recta.

cir, la actual Norma no solo no refleja la realidad, sino que el criterio establecido se ha escalado de manera inversa.

Del total de las rectas de las secciones, según la Norma anterior, 22 serían rectas independientes y según la nueva Norma, todas serían rectas independientes excepto cuatro. Esto es muy llamativo, ya que una proporción de rectas independientes del 94% no parece muy consistente, puesto que según esta misma Norma el diseñador está obligado en dichos casos a aumentar los radios de las curvas adyacentes de una forma muy generalizada a lo largo del trazado. Esto conlleva elevar la velocidad media de operación del segmento, separando aún más la velocidad de operación de la de diseño designada al inicio del proceso.

Para profundizar en el análisis y obtener conclusiones prácticas, partiendo de la Figura 7 se ha realizado una agrupación de los casos, proponiendo tres grupos y determinando el centroide de cada uno, así como la dispersión media en términos de longitud de recta y reducción última de velocidad. Para identificar mejor los niveles de independencia se han utilizado distintos colores (Figura 10).

Observando el gráfico de la Figura 10, se podrían situar las líneas marcadas en rojo y verde que muestran las fronteras entre los distintos niveles de independencia de las rectas y, por tanto, la mayor o menor holgura de la relación de los radios de entrada y salida. Así, se puede distinguir claramente entre tres grupos de secciones según su longitud: 0-200 metros, 200-400 metros y secciones de longitud superior a 400 metros. Por encima de los 200 m se encuentran la mayoría de secciones con rectas de independencia intermedia o fuerte, mientras que por encima de los 400 m se hallan la mayoría de las secciones con rectas de independencia fuerte.

## 6. Conclusiones

La investigación experimental desarrollada ha permitido llegar a diversas conclusiones sobre la influencia de la longitud de las rectas en la consistencia del diseño geométrico. Para ello se han analizado datos existentes, los cuales fueron obtenidos mediante la observación continua de la evolución de una muestra de vehículos ligeros recorriendo nueve tramos de carretera convencional. Se han seleccionado 70 secciones constituidas por una recta entre dos curvas.

Tabla 2. Longitud mínima de recta para ser independiente (Instrucción 3.1-IC, 2016).	
Velocidad de proyecto (Vp) del tramo (km/h)	Máxima longitud de una alineación recta para ser considerada de longitud limitada (m)
140, 130, 120, 110 y 100	400
90	300
80	230
70	175
60	85
50	50
40	30

La primera conclusión importante es que el comportamiento general de los conductores es iniciar su aceleración antes de que concluya la primera curva y completar su deceleración ya dentro de la segunda curva. Por tanto, se ha encontrado que hay una longitud de recta efectiva mayor que la longitud geométrica y el modelo resultante es muy simple, ya que la longitud efectiva parece guardar una relación constante con la longitud geométrica, siendo la primera aproximadamente 145 m superior a la última, sin que influyan otras variables.

La segunda conclusión se corresponde con la verificación de que a mayor longitud de recta, los conductores se aproximan más a su velocidad deseada. Esta relación presenta cierta dispersión debida a la influencia de otras variables, como las velocidades de operación de las curvas adyacentes. También influye el nivel de la velocidad de operación de referencia del segmento, que es la máxima observada a lo largo del mismo.

La tercera conclusión supone la refutación de la hipótesis que subyace en lo dispuesto en la vigente Instrucción de Trazado para establecer la máxima longitud de recta para ser considerada de longitud limitada (recta dependiente) en función de la velocidad de diseño (proyecto). En esta investigación ha quedado demostrado que ciertamente hay una relación, pero esta es completamente contraria a la prescrita en la tabla 4.2 de la Instrucción de Trazado.

Al verificar la cuarta hipótesis se concluye que hasta cierta longitud de recta existe condicionamiento operacional entre las curvas de los extremos, por lo que se ha llegado a proponer unos umbrales de longitud de recta que marcan el nivel de independencia de la recta, asociados a las variaciones de velocidad entre la recta y las curvas. Se han propuesto tres grupos de rectas:

- Grupo 1 – rectas muy dependientes:  $L_t \leq 200$  m.
- Grupo 2 – rectas dependientes:  $200 < L_t \leq 400$  m.
- Grupo 3 – rectas independientes:  $L_t > 400$  m.

En el primer nivel se encuentra la zona de relación de radios estricta en la que, según los resultados obtenidos,

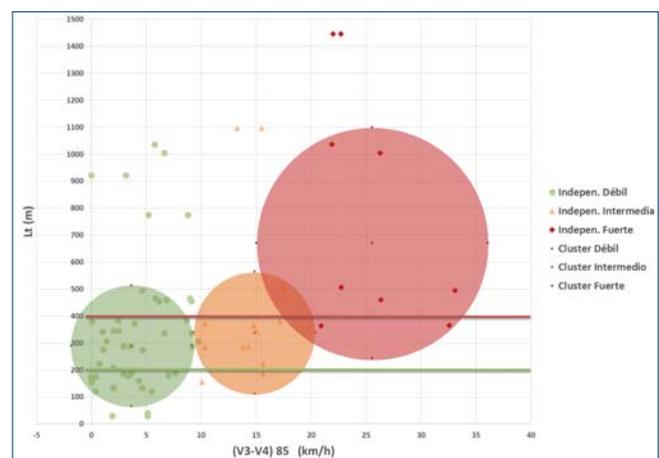


Figura 10. Niveles de independencia de la recta según la relación entre la longitud de la recta y la reducción de velocidad de operación al final de la recta

la proporción entre el radio de entrada y salida no permite apenas variación. Este criterio sólo será válido para valores de longitudes de recta inferiores a 200 metros.

El segundo nivel delimita el rango de longitudes para el que la relación entre radios consecutivos puede tener cierta holgura. Pese a existir una dependencia entre ambos radios, esta no es tan restrictiva como en el caso de rectas inferiores a 200 metros.

Por último, se encuentra el grupo menos restrictivo, conformado por rectas de longitud superior a 400 metros. En este caso, se considera que a partir de esta longitud de recta, el radio de la curva de entrada no tiene influencia sobre el conductor a la hora de afrontar la curva de salida.

Como evolución de esta investigación, se debería fijar una relación de radios para cada intervalo de longitud de recta a la vista de los resultados obtenidos, siendo más estricta la proporción de radios para el Grupo 1 que para el Grupo 2. Para el Grupo 3, donde las rectas son independientes, lo que primará será fijar un radio mínimo de las curvas de los extremos y no una proporción máxima entre los radios de las curvas. Después de analizar la normativa anterior y la nueva Norma, parece que la mejor opción para solucionar la problemática es hacer una combinación de las dos. Así, para relaciones de radio estrictas (Grupo 1) se propone utilizar la Norma nueva y para las relaciones de radios intermedias (Grupo 2) la anteriormente vigente, que era menos estricta. Para poder aplicar la Norma que corresponda en cada caso, bastaría regirse por los umbrales propuestos en la presente investigación. Asimismo, el estudio detallado de estos comportamientos podría permitir el desarrollo de modelos de velocidad de operación en rectas de mayor precisión que los existentes en la actualidad.

Con los resultados obtenidos del análisis de la muestra de secciones, se ha llegado a varias conclusiones que contradicen y complementan la vigente Norma de Trazado. De la continuación de esta investigación, se podrán proponer criterios alternativos específicos para las características de las rectas y sus curvas en los extremos que estén correlacionados con la mejora de la consistencia del diseño geométrico y, por tanto, con el incremento de la seguridad vial.

## Agradecimientos

El desarrollo de esta investigación se enmarca dentro del proyecto "CASEFU – Estudio Experimental de la Funcionalidad y Seguridad de las Carreteras Convencionales", con referencia TRA2013-42578-P, subvencionado por el Ministerio de Economía y Competitividad.

Asimismo, la toma de datos continuos de velocidad en la que está basada este proyecto se llevó a cabo dentro del proyecto "REVEL – Una Metodología para la Revisión de los Límites de Velocidad", de referencia PT-2006-031-25 IAPP, gracias a la subvención parcial recibida del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (Ministerio de Fomento).

## Referencias

- CAMACHO-TORREGROSA, F.J.; PÉREZ-ZURIAGA, A.M., CAMPOY-UNGRÍA, J.M.; GARCÍA, A. Y TARKO, A. (2015). Use of Heading Direction for Recreating the Horizontal Alignment of an Existing Road. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, vol. 30(4), pp. 282-299.
- EASA, S. (2003). Improved Speed-Profile Model for Two-Lane Rural Highways. *Canadian Journal of Civil Engineering*, vol. 30, pp. 1055-1065.
- FITZPATRICK, K.; ELEFTERIADOU, L.; HARWOOD, D.; COLLINS, J.; MCFADDEN, J.; ANDERSON, I.; KRAMMES, R.; IRIZARRY, N.; PARMA, K.; BAUER, K. Y PASSETI, K. (2000). Speed Prediction for Two-Lane Rural Highways. FHWA Report.
- FITZPATRICK, K. Y COLLINS, J. (2000). Speed-Profile Model for Two-Lane Rural Highways. *Transportation Research Record*, vol. 1737, pp. 42-49.
- GARCÍA, A.; LLOPIS-CASTELLÓ, D.; CAMACHO-TORREGROSA, F.J. Y PÉREZ-ZURIAGA, A. (2013). New Consistency Index Based on Inertial Operating Speed. *Transportation Research Record*, vol. 2391, pp. 105-116.
- HASSAN, Y. (2004). Highway Design Consistency: Redefining the State of Knowledge and Practice. *Transportation Research Record*, vol. 1881, pp. 63-71.
- LAMM, R.; CHOUËIRI, E. M. Y MAILAENDER, T. (1992). Traffic safety on two continents—a ten year analysis of human and vehicular involvements. *Proceedings of the Strategic Highway Research Program (SHRP) and Traffic Safety on Two Continents*, pp. 18–20.
- LAMM, R.; PSARIANOS, B. Y MAILAENDER, T. (1999). *Highway Design and Traffic Safety Engineering Handbook*. Editorial McGraw-Hill.
- LAMM, R.; BECK, A.; RUSCHER, T.; MAILAENDER, T.; CAFISO, S. Y LA CAVA, G. (2007). *How to Make Two-Lane Rural Roads Safer*. Editorial WITPress.
- LLOPIS-CASTELLÓ, D.; BELLA, F.; CAMACHO-TORREGROSA, F.J. Y GARCÍA, A. (2018). New Consistency Model Based on Inertial Operating Speed Profiles for Road Safety Evaluation. *Journal of Transportation Engineering – ASCE. Part A: Systems*. Vol 144(4), pp. 04018006-1 - 04018006-10.
- NICHOLSON, A. (1998). Superelevation, Side Friction and Roadway Consistency. *Journal of Transportation Engineering*. Vol 124, nº 5. pp. 411-418.
- OTTESEN, J. Y KRAMMES, R. (2000). Speed-Profile Model for a Design-Consistency Evaluation Procedure in the United States. *Transportation Research Record*, vol. 1701, pp. 76-85.
- PÉREZ-ZURIAGA, A.M.; GARCÍA, A.; CAMACHO-TORREGROSA, F.J. Y D'ATTOMA, P. (2010). Modeling Operating Speed and Deceleration on Two-Lane Rural Roads with Global Positioning System Data. *Transportation Research Record*, vol. 2171, pp. 11-20.
- PÉREZ-ZURIAGA, A.M.; CAMACHO-TORREGROSA, F.J.; CAMPOY-UNGRÍA, J.M. Y GARCÍA, A. (2013). Application of Global Positioning System and Questionnaires Data for the Study of Driver Behavior on Two-Lane Rural Roads. *IET Intelligent Transport Systems*, vol. 7(2), pp. 182-189.
- POLUS, A.; FITZPATRICK, K. Y FAMBRO, D. (2000). Predicting Operating Speeds on Tangent Sections of Two-Lane Rural Highways. *Transportation Research Record*, vol. 1737, pp. 50-57. ❖

# Valoración del patrimonio viario a partir de los inventarios de la RCE y puesta en valor del patrimonio puntual y lineal de carreteras (2 de 2)



Evaluation of the road heritage from the inventories of the state highway network and setting the value of the punctual and linear road heritage (2 of 2)

**Álvaro Navareño Rojo**

*Subdirección General de Conservación  
Ministerio de Fomento*

**José Emilio Criado Morán**

*Subdirección General de Conservación  
Ministerio de Fomento*

**Pedro Galán Bueno**

*Ingeniero de Caminos  
Canales y Puertos*

## Resumen

Si en el artículo anterior se presentó una valoración económica de las carreteras españolas, principalmente la red del estado, e incluso una aproximación, incluyendo el viario urbano; en el presente documento se muestran algunas cifras y datos importantes de dos de los activos más importantes de las carreteras del estado, analizados a través del sistema de gestión de “firmes” y de “puentes”; habría que añadir otros activos fundamentales como son los túneles, obras de tierra y taludes, estructuras de contención, señalización, iluminación, los recursos disponibles para la vialidad invernal, centros de control y elementos funcionales de la carretera, etc. La suma del valor de todos estos activos debería aproximarse al valor monetario estimado en el artículo anterior, en este caso para la Red de Carreteras del Estado.

Por otro lado, se expone también la necesidad de realizar una valoración de la carretera a través de su patrimonio puntual o singular y del patrimonio lineal, conceptos muy importantes por su trascendencia histórica y cultural, que deben hacernos reflexionar sobre la necesidad de una correcta identificación del mismo y de su adecuada protección.

## Abstract

If the previous article presented an economic assessment of Spanish roads, mainly the state network, and even an approximation, including the urban road; This document shows some figures and important data of two of the most important assets of the State's highways, analyzed through the “pavement management system” and “bridge management system”; Other fundamental assets should be added, such as tunnels, earthworks and embankments, containment structures, road signage, road lighting, the resources available for winter roads, control centers and functional elements of the road, etc. The sum of the value of all these assets should approximate the monetary value estimated in the previous article, in this case for the State Road Network.

On the other hand, it also exposes the need to make an assessment of the road through its specific or singular heritage and linear heritage, concepts that are very important because of their historical and cultural significance, which should make us reflect on the need for a correct identification of it and its adequate protection.

## 1. La Red de Carreteras del Estado en el inventario de firmes

Como parte integrada en la gestión de la conservación de la Red de Carreteras del Estado (RCE) surge la necesidad de implementar y utilizar un Sistema de Gestión de Firmes (SGF), que constituye una herramienta eficaz al servicio de los técnicos responsables de la Red, al objeto de recoger en el mismo toda la información existente acerca de la naturaleza, estado de conservación, comportamiento, evolución y las necesidades de actuación en los firmes.

El Sistema de Gestión de los firmes de la RCE como tal, tiene su origen entre los años 1991 y 1992 cuando se realizaron las primeras inspecciones visuales del estado estructural de los mismos y su inventario específico. A través del CEDEX se desarrolló un sistema de gestión basado en una aplicación informática que recogía varias bases de datos (tipos de firmes, tráfico, inspección visual y CRT) que se actualizaban con los datos de las auscultaciones periódicas y que tenían su reflejo en informes periódicos reportados a la Dirección General de Carreteras (DGC). El Sistema además recogía las situaciones administrativas de las actuaciones planteadas, y estuvo vigente hasta inicios del 2000, como resultado del importante esfuerzo y trabajo realizado.

Los avances tecnológicos y la obtención sistemática de datos sobre el estado de los firmes por parte de la DGC, hace que en 2005, se ponga en marcha un contrato de consultoría para el desarrollo de un sistema de gestión de firmes acorde a las nuevas necesidades y tecnologías disponibles. En ese contexto, se realiza la mejora del Inventario de Firmes y el desarrollo de una web para la consulta, difusión e intercambio de datos e información del SGF entre la Subdirección General de Conservación, las Demarcaciones y las Unidades de carreteras y los sectores conservación, permitiendo la coordinación entre todos ellos.

La aplicación de nuevas tecnologías en los proyectos y construcción de firmes ha sido continua desde mediados

del siglo XX reflejándose en la normativa de la DGC. En los años 60, debido al considerable aumento del tráfico y a través de distintos programas como el REDIA se amplió el ancho de las calzadas y se procedió a reforzar la capacidad estructural de los firmes y al empleo generalizado de mezclas bituminosas en caliente. En los años 70 se modificaron las secciones estructurales contenidas en la normativa y se exigieron requisitos más estrictos para áridos y filler, en los 80 la normativa técnica experimentó un gran avance con la publicación del PG-3 y las Normas de la Instrucción de Carreteras relativas al dimensionamiento de los nuevos firmes, refuerzos, etc. Aparecieron también los primeros catálogos de secciones estructurales normalizadas de firmes de la DGC. En la década de los 90 y en los primeros años del siglo XXI aparecieron importantes novedades relativas a las secciones estructurales, el empleo de materiales nuevos, reciclado de firmes y el empleo de materiales usados.

Todos estos cambios y modificaciones en la composición de las secciones y los materiales acaecidos en los últimos 60 años son suficientes para entender la enorme heterogeneidad que se puede llegar a encontrar en la red.

La Dirección General de Carreteras dispone de un inventario de los firmes de los aproximadamente 30.000 Km de calzada de la RCE, sin contar los tramos en régimen de concesión. Está actualizado a fecha 31 de diciembre de 2013 y está previsto a mediados de 2018 terminar una nueva actualización.

En lo referente a las superficies de calzada, la superficie total de las calzadas es de 231.706.362 m<sup>2</sup>, de los que 106.795.104 m<sup>2</sup> corresponden a calzadas únicas y 124.911.258 m<sup>2</sup> a calzadas múltiples, las carreteras con más de una calzada representan el 53,58 % del total mientras que las de calzada única el 46,42 %.

En cuanto a la capa de rodadura, en la figura 1 siguiente, se puede apreciar la distribución de los materiales que la componen, referenciada a la superficie de calzada que suponen.

Otro factor de interés, es el momento en el que se colocaron las capas de rodadura y su edad media. En la

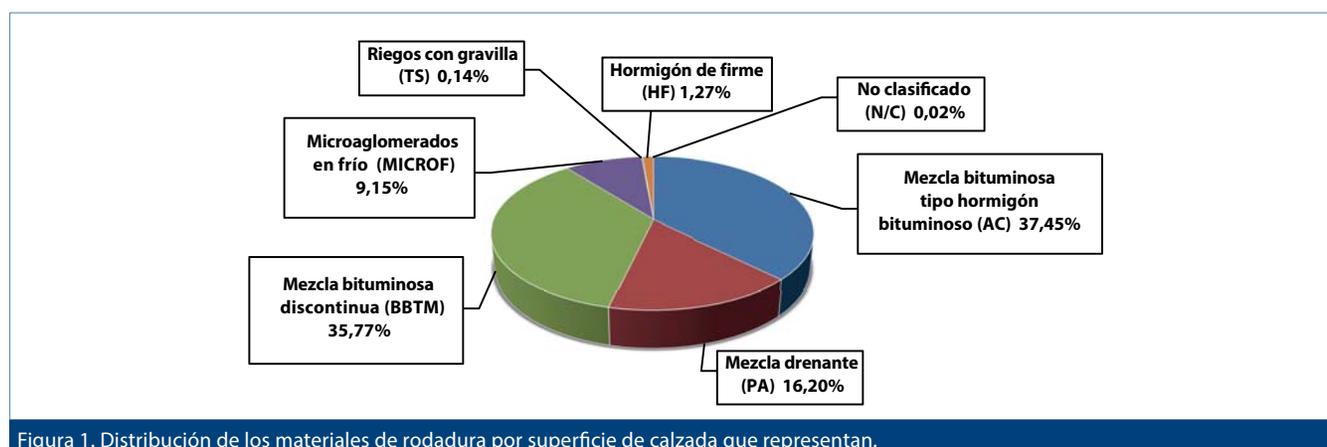


Figura 1. Distribución de los materiales de rodadura por superficie de calzada que representan.

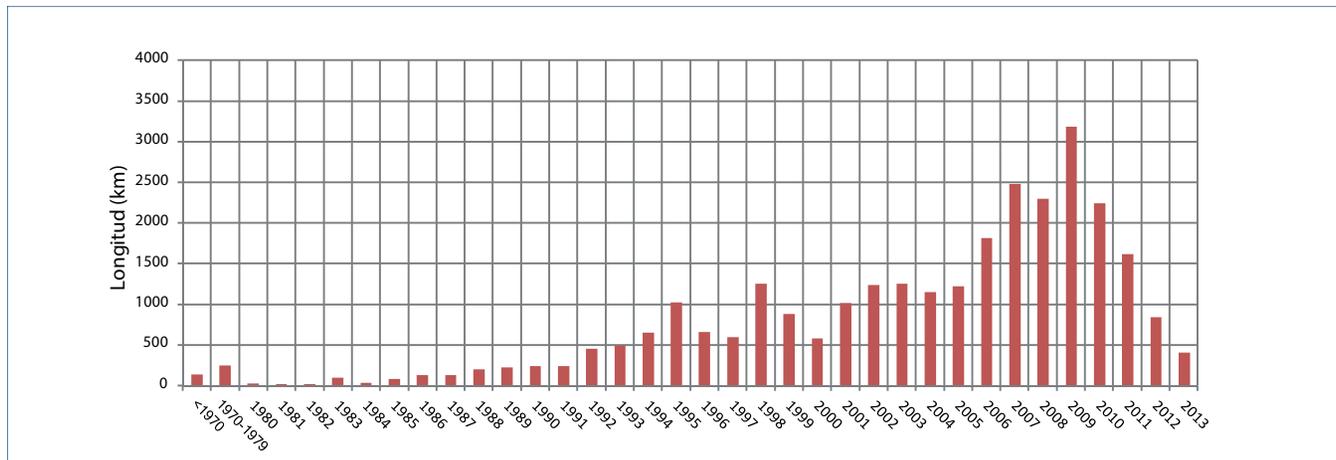


Figura 2. Distribución de fechas de las capas de rodadura hasta el año 2013.

**MB=Mezcla bituminosa**  
**MG= Material granular**  
**GC=Grava cemento**  
**SC= Suelo cemento;**  
**TSMICROF=Micro aglomerados en frío**  
**DTS MB= doble tratamiento superficial;**  
**HF= Hormigón de firme**  
**HM=Hormigón magro;**  
**GE= Grava escoria**

Materiales	Fórmula media ponderada
MB Y MG	25,02 MB + 31,09 MG
MB Y SC	23,48 MB + 20,73 SC
MB Y GC	24,06 MB + 20,77 GC
MB, GC Y SC	23,27 MB + 21,32 GC + 20,03 SC
TS MICROF DTS MB	TS MICROF DTS + 17,51 MB
MB, HF	10,77 MB + 28,65 HF
MB, HF, SC	16,25 MB + 20,33 HF + 19,38 SC
MB Y GE	20,71 MB + 22,14 GE
HF Y GC	23,47 HF + 15,32 GC
HF Y HM	25,14 HF + 16,04 HM
HF, GC Y SC	23,00 HF + 15,00 GC + 20,00 SC
MB, HF, HM Y MG	7,40 MB + 25,26 HF + 15,00 HM + 15,43 MG

Figura 3. Secciones características de firmes existentes, con espesores medios.

figura 2, que se muestra a continuación, se puede comprobar que la mayor parte de las capas de rodadura tiene una antigüedad inferior a los diez años. Sin embargo también se pueden ver capas de rodadura con antigüedades muy superiores, esto es debido a la existencia de carreteras que con la construcción de nuevas autovías o variantes de trazado han pasado a actuar como vías de servicio y por lo tanto soportan muy poco tráfico.

La falta de constancia en las inversiones de conservación de firmes implica, en general, que se realicen actuaciones puntuales correctivas, muy heterogéneas y que dificultan en gran medida una adecuada planificación de la conservación extraordinaria. En estas condiciones la determinación de secciones de comportamiento homogéneo, que nos permita realizar un seguimiento del comportamiento y evolución de los

firmes resulta no solo muy laboriosa sino poco eficaz, al existir una gran segmentación de tramos homogéneos en toda la red.

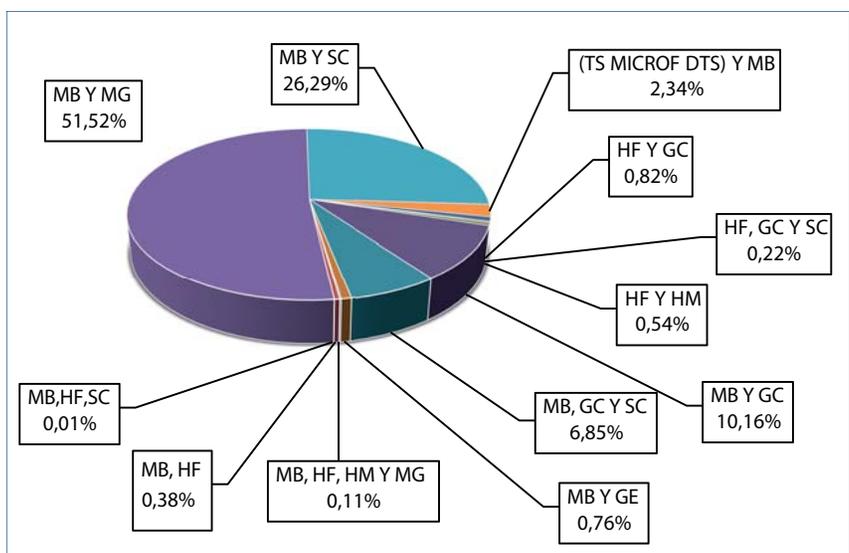


Figura 4. Distribución de las secciones características de firmes, ponderados según la longitud que representan en la RCE.

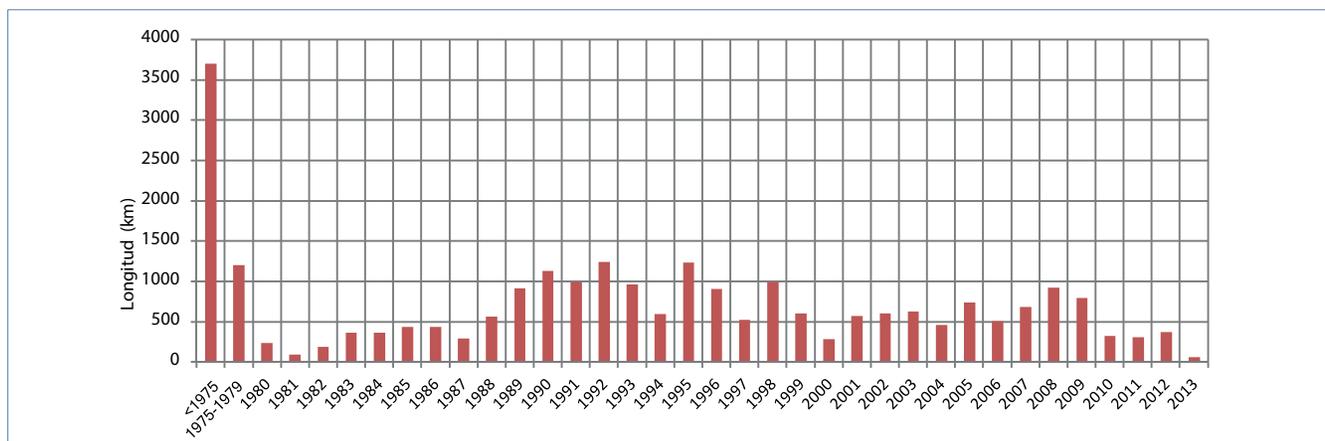


Figura 5. Distribución de la edad de los firmes.

En cuanto a la sección de firme, en la figura 3 se muestra una tabla con las secciones más características existentes en el inventario y con sus espesores medios ponderados, según longitudes inventariadas en el conjunto de la red (figura 4).

La fecha inicial de los firmes (desde que existe o se ha reconstruido) es un punto conflictivo, pues normalmente es difícil conocerla. De los que se tiene información, unos 23.117 km, esa fecha se sitúa como media en 1993. Las calzadas con firmes con fecha inicial no conocida, pero que se sabe que son anteriores a una dada, tienen una longitud de 2.322 km y pueden ser fechados como anteriores a 1970. La distribución según la fecha de los firmes en toda la red inventariada puede apreciarse en la figura 5.

## 2. Valoración de los firmes de la red

Para el cálculo de la valoración del firme de las calzadas, sin considerar los arcenes, se han multiplicado los espesores de los materiales, las longitudes y anchuras de los firmes que figuran en el inventario por sus correspondientes precios. Debe tenerse en cuenta que hay firmes de los que no se tiene información, y que también hay calzadas, vías de servicio, ramales, enlaces, etc. de los que no se tienen

datos, no obstante, se han contabilizado unos 29.000 km de calzada de los que se tienen datos de espesores de firmes, de un total de aproximadamente 30.000 km inventariados.

Para los materiales constitutivos del firme de las calzadas, sin incluir arcenes, en el inventario se contabilizan los siguientes volúmenes, figura 6.

Para la estimación del valor patrimonial de los firmes asfálticos de la RCE se han considerado, por un lado, cuatro tipos de materiales y sus espesores medios para la valoración de la capa de rodadura (mezclas discontinuas tipo BBTM, mezclas bituminosas tipo AC, mezclas bituminosas porosas tipo PA y micro aglomerados en frío MICROF) y por otro, la mezcla tipo AC en base e intermedia. Considerando sus densidades medias, dotaciones y precios oficiales de la base de precios de referencia de la Dirección General de Carreteras, resultan los siguientes importes para los materiales considerados. En la figura 7 siguiente, se aprecia el valor estimado de cada uno de los materiales.

Como se puede comprobar la mayor parte del valor del firme se encuentra en las capas bituminosas, seguidas muy de lejos por las capas de material granular y luego por las capas de suelo cemento y grava cemento. Las capas de hormigón apenas son representativas. El precio

Material	Volumen m <sup>3</sup>
Mezcla Bituminosa (MB)	52.023.865
Hormigón de Firme (HF)	949.121
Hormigón Magro (HM)	264.286
Grava cemento (GC)	5.384.966
Suelo cemento (SC)	12.703.354
Grava escoria (GE)	410.584
Material Granular (MG)	38.672.646

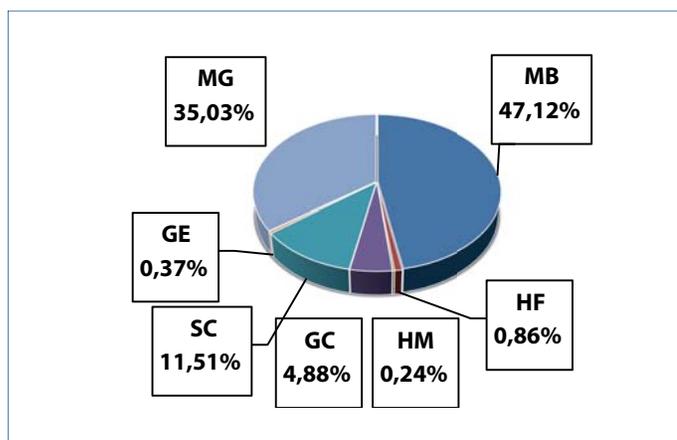


Figura 6. Materiales (m<sup>3</sup>) constitutivos del firme. Distribución en porcentaje.

Material	Volumen m <sup>3</sup>	Precio DGC €/m <sup>3</sup> (*redondeado)	Importe
MBC. Mezcla bituminosa discontinua (BBTM)	2.568.705,22	134,06	344.351.346,07 €
MBC. Mezcla bituminosa (AC)	4.319.974,32	120,74	521.573.286,69 €
MBC. Mezcla bituminosa porosa (PA)	1.481.100,25	112,68	166.890.376,33 €
MBC. Micro aglomerados en frío (MICROF)	213.719,61	131,94	28.198.512,36 €
MBC. Mezcla bituminosa AC (en capa base e intermedia)	43.440.365,40	112,80	4.900.071.479,18 €
Hormigón de firme (HF)	949.121,08	172,76	163.970.157,78 €
Hormigón magro (HM)	264.285,66	79,14	20.915.567,13 €
Grava cemento (GC)	5.384.965,91	23,68	127.515.992,63 €
Suelo cemento (SC)	12.703.354,27	21,81	277.060.156,61 €
Material granular (MG)	38.672.646,10	18,19	703.455.432,52 €
Grava escoria (GE)	410.584,10	35,98	14.772.815,92 €
<b>La suma total asciende a</b>			<b>7.268,78 M €</b>

Figura 7. Valor de los materiales de las diversas capas de firme y valor total (sin arcenes).

Valoración de los firmes		
Materiales	Calzadas únicas	Calzadas múltiples
Mezcla bituminosa discontinua (BBTM)	101.590.083,78 €	242.761.262,29 €
Mezcla bituminosa (AC)	354.476.737,03 €	167.096.549,67 €
Mezcla bituminosa porosa (PA)	16.333.105,25 €	150.557.271,08 €
Micro aglomerados en frío (MICROF)	24.219.038,85 €	3.979.473,51 €
Mezcla bituminosa AC (en capa base e intermedia)	2.034.101.678,75 €	2.865.969.800,43 €
Hormigón de firme (HF)	27.064.355,28 €	136.905.802,50 €
Hormigón magro (HM)	6.043.606,03 €	14.871.961,10 €
Grava cemento (GC)	35.059.610,84 €	92.456.381,80 €
Suelo cemento (SC)	29.998.451,87 €	247.061.704,73 €
Material granular (MG)	415.673.783,07 €	287.781.649,46 €
Grava escoria (GE)	11.721.167,90 €	3.051.648,02 €
<b>La suma total asciende a</b>	<b>3.056,28 M€</b>	<b>4.212,49 M€</b>

Figura 8. Valor de los materiales de las diversas capas de firme y valor total según tipo de calzada.

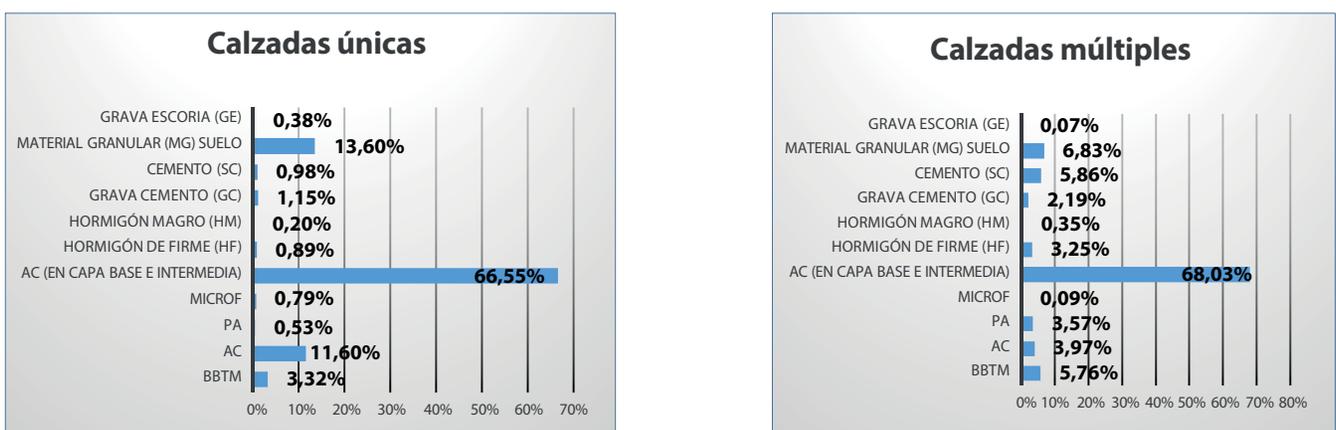


Figura 9. Porcentaje representativo del valor de las diversas capas de firme según el tipo de calzada.

	Valor firme calzadas M €	Valor firme arcenes M €	Valor total del firme y arcenes	Longitud calzadas (*)	Precio medio €/km
Calzadas únicas	3.056,28	735,32	3.791,60	13.479	281.297,03
Calzadas dobles	4.212,49	1.168,68	5.381,17	15.583	345.323,30
<b>Total</b>	<b>7.268,78</b>	<b>1.904,00</b>	<b>9.172,77</b>	<b>29.062</b>	<b>315.627,81</b>

Figura 10. Valor total del firme, incluido los arcenes, y precio medio del Km según tipo de calzada.

medio  $m^2$  es de 31,37 €/m<sup>2</sup>, si este dato se desgrega en calzadas únicas y calzadas múltiples se puede comprobar que el coste por m<sup>2</sup> es de 28,62 €/m<sup>2</sup> en calzadas únicas y de 33,72 €/m<sup>2</sup> en calzadas múltiples. Esta diferencia es debida a que las calzadas múltiples en general son las que soportan mayores tráfico y tienen una mayor sección del firme. En la figura 8 se presenta la valoración de los diferentes materiales del firme de calzadas únicas y calzadas múltiples.

Si se compara el valor de las diferentes capas del firme (figura 9) se puede ver que en calzadas únicas las mezclas bituminosas y el material granular suponen la práctica totalidad de su valor, mientras que en las calzadas múltiples el peso de las capas rígidas es mucho mayor.

Para la valoración del firme de los arcones se ha supuesto que el precio unitario de los mismos es el 60% del precio de las calzadas, este dato se ha obtenido a partir del estudio realizado de varias secciones del catálogo de firmes. Por lo tanto para la valoración total se ha tomado el valor del firme de la calzada en cada tramo y se ha multiplicado por la anchura de los arcones, por su longitud y por 0,6 (figura 10).

Como conclusión se puede decir que el valor de los firmes de la RCE, excluyendo las carreteras en régimen concesional, de acuerdo a método de reposición de red, es de unos 9.172,78 millones de euros con un precio medio de 315.627,81 euros por kilómetro. Obtenido este valor, podría realizarse una extrapolación, en función del tipo de carretera, a otras redes españolas, para tener una aproximación del valor de los firmes en España.

### 3. Valoración de las obras de paso

Para realizar una correcta valoración patrimonial de las obras de paso es fundamental tener un amplio y detallado conocimiento de las mismas. Por este motivo en el año 1985, desde la DGC, se empezó a realizar un primer inventario informático específico de todas las estructuras de luz superior a los 4 m y que se terminó en 1993. Desde esta fecha y hasta ahora este inventario se ha venido actualizado, adaptando a las nuevas tecnologías y mejorando de acuerdo a las necesidades y a la experiencia en su explotación desde la Subdirección General de Conservación. A finales de los años 90 se puso en marcha el sistema de gestión de puentes, SGP. Gracias al inventario y a las inspecciones periódicas que se realizan sobre las obras de paso, tenemos un amplio conocimiento no solo del número y ubicación de las obras de paso sino también de sus principales características y su estado de conservación.

Es necesario tener un conocimiento detallado de cada uno de los elementos que componen la estructura para que con las series históricas de datos reales sobre la dura-

bilidad y la vida útil de cada uno de los elementos se puedan, además, hacer estudios más precisos sobre la depreciación del valor de las obras de paso con el tiempo y las necesidades de actuación.

A continuación se realiza una descripción de los datos y valores de los que se dispone en el Sistema de Gestión de Puentes para estimar el valor económico de esta parte de la infraestructura.

#### 3.1 Valor económico

Actualmente la Red de Carreteras del Estado bajo gestión directa (excluyendo las de régimen concesional) cuenta con aproximadamente 21.941 obras de paso con una luz superior a los 3 m, de las cuales un 11,52% son estructuras de grandes dimensiones (tienen una longitud superior a los 100 m, o una altura de pila superior a los 25 m, o una luz superior a los 40m), un 45,13% son puentes (luzes mayores de 10m) y un 43,35% son pontones (luzes comprendidas entre 3m y 10m), según se muestra en la figura 11.

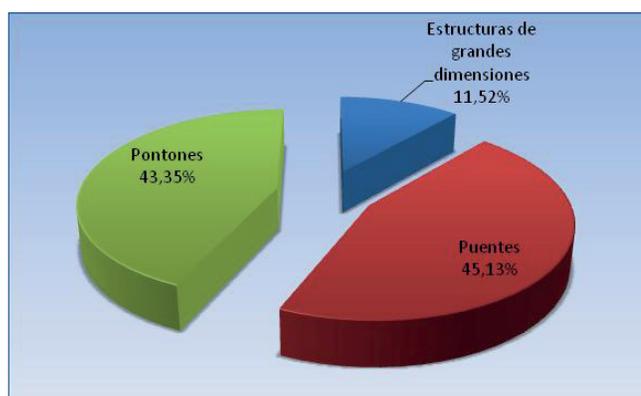


Figura 11. Distribución de las estructuras según su clase en la RCE.

La longitud total de estas estructuras es de 1.016 km aproximadamente con una superficie de 14.786.928.40 m<sup>2</sup> de tablero. Esto supone aproximadamente un 6% de la superficie de calzada total de la RCE de gestión directa.

Con estos datos y si se toma un valor de coste de reposición medio de 850 €/m<sup>2</sup> se obtiene, en una primera estimación, que el valor de las obras de paso de más de tres metros de la RCE es de 12.600 millones de euros aproximadamente.

Si en lugar de un valor de coste medio de reposición único para todas las estructuras, se toman diferentes valores según se trate de estructuras de grandes dimensiones, puentes o pontones y se multiplica por las superficies correspondientes a cada una de las tipologías (figura 12), se obtiene que la valoración estimada para las estructuras de grandes dimensiones es de 8.934 millones de euros, para los puentes es de 3.154 millones y para los pontones 938 millones, con un total de 13.026 millones.

	Superficie m <sup>2</sup>
Grandes puentes	7.444.842.25
Puentes	5.256.600.19
Pontones	2.085.485.97

	Precio reposición €/m <sup>2</sup>	
	Rango	Medio
Grandes puentes	800-2000	1200
Puentes	500-800	600
Pontones	300-600	450

Figura 12. Superficie de tableros de obras de paso según tipología y valor medio de reposición de obras de paso según tipología. Fuentes propias Ministerio de Fomento.

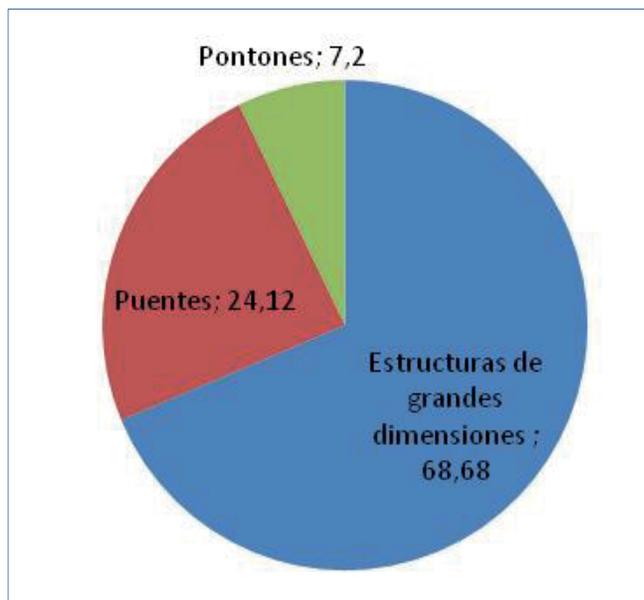


Figura 13. Distribución del valor de reposición de las estructuras según su clase.

Es necesario resaltar la importancia de las estructuras de grandes dimensiones ya que aunque solo representan el 11.52% del número de obras de paso, su valor alcanza el 68.58% del total, mientras que los pontones que representan el 43.35 suponen el 7.20%, figura 13.

En el caso de que se quisiera estimar el valor patrimonial mediante el método del inventario permanente sería necesario determinar el valor de la depreciación anual que se estima para la obra de paso.

Podríamos usar como referencia el valor de los 100 años que marca la IAP-11 como vida útil para la cual se debe proyectar la estructura. Sin embargo este dato tiene un carácter genérico y no es muy preciso para calcular la depreciación de la estructura porque no se tiene en cuenta que dentro de la estructura existen una serie de elementos con una vida útil significativamente inferior como son las juntas, los aparatos de apoyo y los pretiles.

De acuerdo con los datos del Sistema de Gestión de Puentes en las obras de paso de la RCE existen 317.430.23 m de juntas, 263.272 aparatos de apoyo y 2.505.269.91 m de sistemas de contención.

Dentro de los elementos de conexión como son las juntas y aparatos de apoyo existe una variada tipología con significativas diferencias en cuanto a coste y a vida útil de cada uno de los diferentes tipos. En la figura 14 siguiente, se pueden ver los porcentajes de los principales tipos de juntas y aparatos de apoyo existentes en la Red de Carreteras del Estado.

Aunque el valor de estos elementos no representa un porcentaje elevado de la estructura, sí tiene una gran influencia en cuanto a la tasa de depreciación de la misma y sus necesidades de conservación, por lo tanto si se quiere conocer la pérdida de valor patrimonial de una obra de paso de manera precisa, no se puede realizar con un valor fijo que no tenga en cuenta las particularidades de la misma.

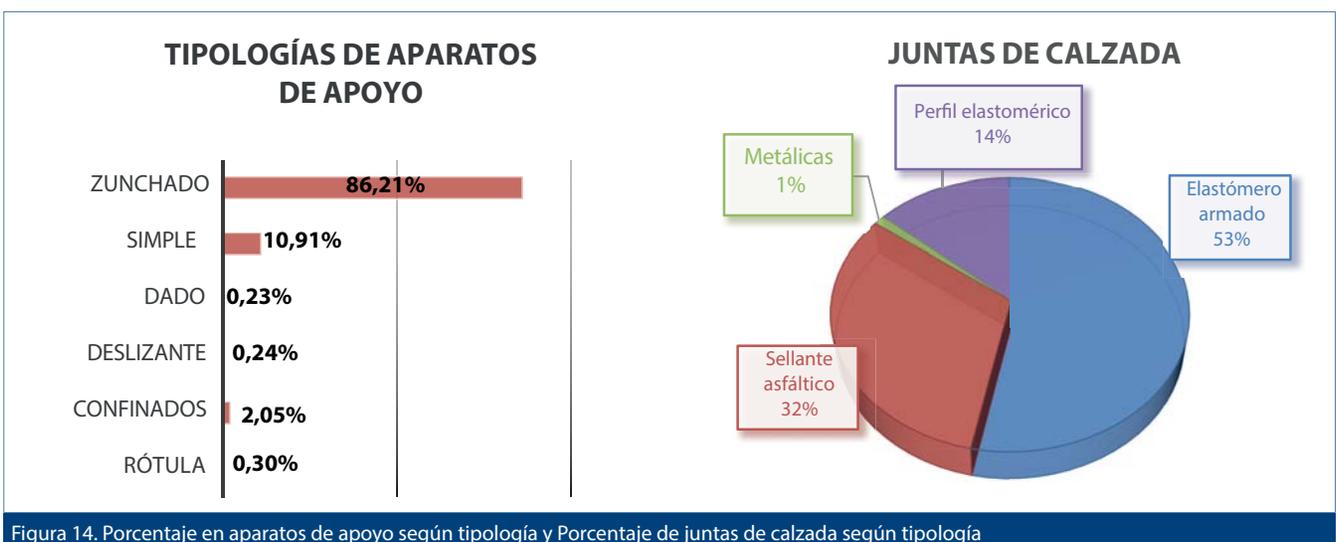


Figura 14. Porcentaje en aparatos de apoyo según tipología y Porcentaje de juntas de calzada según tipología

Es necesario destacar que, aunque el valor de la depreciación física de la estructura y las necesidades de conservación están relacionadas, no son equivalentes. Este hecho es debido a dos motivos, el primero es que en la fase de conservación, al tratarse de elementos en servicio, al actuar sobre los mismos es necesario realizar una serie de trabajos para mantenimiento del tráfico que no son necesarios en la fase inicial de obra y que por lo tanto no están dentro del valor patrimonial. El otro motivo que se da, sobre todo en las obras de paso, es que el valor de reposición de algunos elementos, como los aparatos de apoyo, es muy superior al de ejecución durante la fase de obra por la necesidad de disponer de nuevos medios auxiliares.

#### 4. El patrimonio puntual y lineal de carreteras

En sentido amplio, la puesta en valor de las infraestructuras, no se circunscribe exclusivamente a los bienes inmuebles singulares y puntuales tales como puentes, pavimentos, presas, acueductos o estaciones ferroviarias, sino que nos hablan del conjunto, del sistema integral, concepto de gran riqueza para establecer sistemas de valoración, protección y gestión en relación con los planteamientos de la UNESCO establecidos en la Convención del Patrimonio Mundial desde 1972 a 2005, que articulan los patrimonios emergentes del patrimonio industrial, la arquitectura del movimiento moderno y el patrimonio inmaterial en base a los paisajes culturales y los itinerarios culturales.

Basta señalar, como ejemplo de conjunto integral, el Camino de Santiago que fue declarado en 1987 "Primer itinerario cultural europeo" y en 1993 "Patrimonio de la Humanidad" por la Unesco.

Ambos estaban referidos a los 750km del camino francés (de Roncesvalles a Santiago por Logroño, Burgos y León) y ha sido ampliado por la Unesco en 2015 en otros 1.500km referidos a 4 caminos de Santiago situados en el norte (Costero, Primitivo, Liébana e itinerario del País Vasco y Rioja); como otros itinerarios propuestos a la Unesco en 2017 y todavía no aprobados figuran la Via de la Plata (1998), Cañadas de la Mesta (2007) y Calzadas Romanas (2007); mientras que el único puente en España declarado Patrimonio de la Humanidad por la Unesco es el Puente de Vizcaya, puente colgante que une las dos márgenes de la ría de Bilbao, que ni siquiera es un puente de carretera.

Puede decirse que en estos momentos existe un ambiente favorable a la conservación y estudio del patrimonio tanto singular como integral en España. La Ley General del Patrimonio Histórico de España (Ley 16/85) permite declarar sitios y paisajes de interés cultural, y apoyándose en ella o, en ocasiones, desarrollándola con leyes específicas propias, algunas Comunidades han protegido áreas

mineras, molinos, fábricas, o canteras; y movidos por los criterios empleados por la Unesco para definir el Patrimonio empieza a abrirse a España la valoración de los caminos y carreteras.

Si nos ceñimos estrictamente a las infraestructuras viarias, surgen dos tipos de elementos patrimoniales:

1. Obras y elementos singulares (puentes, túneles, muros, equipamientos que constituyen el patrimonio puntual).
2. Caminos y carreteras que constituyen el patrimonio lineal.

Así como el primero, y en particular el estudio de puentes, goza en España desde hace tiempo de reconocimiento, catalogación y estudios (E.Ribera, C.Fdez Casado, J.A. Fdez. Ordoñez y los trabajos de catalogación de puentes históricos en la cátedra de estética de ingeniería UPM, inventario de puentes de 1940 ROP, Inventario de puentes de 1960 dentro del inventario de carreteras, actualmente trabajos del comité de puentes relacionados con el patrimonio de la ATC, etc) no ha sucedido lo mismo con la valoración integral de carreteras y más aun de caminos o cañadas hasta que la Unesco ha comenzado a ponerlos en valor.

Ello es debido a que las recomendaciones para la valoración patrimonial van más dirigidas a considerar elementos arquitectónicos singulares por lo que resulta de inmediato la elección de obras tan importantes como los puentes mientras que es más complejo analizar el valor de infraestructuras integrales cuyo valor patrimonial radica en la comunicación social y cultural entre distintas comunidades y no en su valor arquitectónico.

En línea con otros países europeos España ha comenzado a estudiar su Patrimonio Industrial en múltiples ámbitos, aunque no es el de las carreteras.

Los principios rectores del Plan Nacional de Patrimonio Industrial en España, ultimado y puesto en marcha entre los años 2001 y 2002, se enmarcan en la asunción por parte del Estado español de la necesidad de preservación y conservación del rico legado histórico conservado en el país como consecuencia de la industrialización. Un legado muy especial no suficientemente valorado todavía que presenta riesgos evidentes de destrucción y que en muchos casos está amenazado de desaparición en virtud de esa falta de concreción de su valor para nuestra historia más reciente. El Plan nace con el propósito de articular las bases que concreten esa protección, conservación y recuperación para el futuro. El documento del Plan entiende por "patrimonio industrial" el conjunto de elementos de explotación industrial, generado por las actividades económicas de cada sociedad que responde a un determinado proceso de producción y a un sistema tecnológico concreto caracterizado por la mecanización dentro de un determinado sistema socioeconómico.

En este sentido, destaca la reciente elaboración del "Plan de identificación, protección y puesta en valor del

**patrimonio histórico cultural ferroviario (PHCF)**”, por la Fundación de los ferrocarriles españoles en 2016, en el ámbito de sus estatutos. Ha sido realizado al amparo de la vertiginosa transformación técnica y modernización del ferrocarril en España, y del impulso al desarrollo metodológico que se ha dado en diferentes países al concepto de Patrimonio Industrial, así como a la sensibilización que aparece ya en muchos sectores de la sociedad en lo que se refiere al conjunto del Patrimonio Histórico.

### 5. Patrimonio puntual o singular. Puentes, tuneles y otros.

Establecer el valor patrimonial (histórico-artístico, cultural, industrial, etc.) es una tarea compleja, con pocas reglas de carácter general que atiendan a la especificidad de las Obras Públicas, y donde uno de los principales referente son las Cartas Europeas que están más orientadas al patrimonio arquitectónico.

Sin embargo con carácter general, dado que no es el objeto de este artículo profundizar en este aspecto, y existe una abundante bibliografía al respecto, se podría decir que tienen un valor patrimonial histórico artístico aquellos puentes singulares, que constituyan ejemplos representativos de su época, por su autoría, su situación, sus cualidades técnicas, su relación con acontecimientos históricos, etc

Un ejemplo sería el puente sobre el río Navia, poco conocido en realidad, que se puede ver en la figura 15, y que es uno de los primeros puentes metálicos que se construyeron en España de esas dimensiones con hierro pudelado y de los pocos puentes carreteros de estas características que perduran hoy día, y prestan un servicio adecuado.

Otros ejemplos de puentes de singular valor, y en servicio para vehículos, son el puente de Alcántara (en Cáceres), el puente de Triana (en Sevilla), el puente internacional de Tuy, carretero y ferroviario, o puentes de las colecciones de

Mendizábal, de Zafra, de Ribera, o realizaciones de Torroja, o los puentes de altura estricta de C. Fernandez Casado, y una diversidad de obras más actuales, de gran trascendencia, que no son objeto de este texto.

Por otro lado, fuera del ámbito de los puentes, existen otros elementos de las carreteras que merecen igualmente un estudio y una catalogación como son por ejemplo las “casillas de peones camineros” que siguen siendo, incluso, patrimonio del Estado.

Es por lo tanto necesario hacer una identificación de los bienes susceptibles de esta catalogación en el ámbito de las carreteras, al amparo de un plan de protección específico para las mismas. En dicho estudio multidisciplinar deberán tenerse en cuenta datos históricos, datos técnicos, datos sociológicos y datos del entorno y paisaje, para obtener una visión del conjunto que permita valorar globalmente y poner en valor los distintos elementos de las carreteras, incluidas las obras de paso.

### 6. El patrimonio lineal. Los caminos históricos

Así como el estudio de los caminos históricos y del transporte por carretera ha dado lugar a trabajos relevantes (Santos Madrazo, Uriol Salcedo, Gonzalo Menéndez Pidal, José M<sup>a</sup> Menéndez y recientemente Javier Rodríguez Lázaro, José M<sup>a</sup> Coronado Tordesillas y Rita Ruiz Fernández, Isaac Moreno Gallo ) no ha sucedido lo mismo, hasta tiempos recientes, con la actuación de las distintas administraciones en defensa y puesta en valor de todos los caminos históricos que constituyen un patrimonio lineal de primera magnitud.

La Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento ha participado en distintos momentos en la identificación y descripción de los caminos históricos. Merece reseñarse el tomo dedicado a caminos históricos (José M<sup>a</sup> Menéndez 2004) dentro del Plan General de Carreteras 1984-1991 así como los estudios históricos que figuran en el tomo de Transporte por carretera del Atlas Nacional de España (IGN 1995, 2005 y 2015. Coordinador: Pedro Galán Bueno) y fundamentalmente los trabajos que se llevaron a cabo dentro del Plan Sectorial de Carreteras 2007-2012 como desarrollo del Plan Estratégico de Infraestructuras del Transporte (PEIT) 2005-2020 del Ministerio de Fomento con el título “Identificación de caminos históricos en España y su confluencia y conflicto con la red de carreteras del Estado” (febrero 2007, Pedro Galán Bueno Director y Coordinador, con la participación de la cátedra de transporte de la Escuela de Caminos de Ciudad Real, del Concejo de la Mesta, de la Asociación de amigos del Camino de Santiago y de todas las Unidades y Demarcaciones de carreteras).

Este trabajo se llevó a cabo en cumplimiento de los objetivos siguientes del PEIT:



Figura 15. Puente sobre el río Navia N.634 p.k 524+380.

- Impulsar una política de conservación y mantenimiento del patrimonio de infraestructuras (objetivo 3.1)
- Promoción de los modos de transporte no motorizados (punto 6.10.4)

El Plan sectorial de carreteras fijó como objetivo 5 el siguiente:

Recuperar el patrimonio histórico manteniendo su continuidad con independencia de la RCE. Para ello propone:

1. Definir, identificar y valorar el patrimonio viario histórico.
2. Identificar puntos de coincidencia de los caminos históricos con la RCE
3. Dar continuidad a los itinerarios históricos cuando resultan afectados por las carreteras del Estado, mediante eliminación de puntos y tramos de conflicto, la mejora de la calidad de las infraestructuras y un adecuado dispositivo de señalización.
4. Mejorar la seguridad vial en las carreteras mediante la segregación de circulación no motorizada y la mejora de la señalización.

La participación activa de organismos implicados en el estudio y revitalización de los caminos (concejo de la mesa en las cañadas, vías verdes, Camino de Santiago, Parques Nacionales, caminos naturales, itinerario de largo recorrido (GR) y corto recorrido (PR), caminos naturales y Ruta de Don Quijote) y de equipos de investigación con propuestas de actuación (Cátedra de Transporte de la Escuela de caminos de Ciudad Real) y de todas las Unidades y Demarcaciones de Carreteras responsables de la explotación y seguridad de la Red de Carreteras que identificaron los puntos en conflicto y aportaron soluciones a los mismos, permitió culminar un trabajo en el que a nivel provincial se identificaron los caminos y los puntos de conflicto con la RCE, se cuantificaron los usuarios y se propusieron soluciones, algunas de las cuales se llevaron a cabo junto a una señalización específica.

**Se exponen a continuación los tipos de caminos históricos más relevantes en España, cuyo conocimiento es básico para conservar, valorar y explotar un patrimonio lineal único en Europa.** Esta singularidad de España, sin parangón en el resto de Europa, unida a la ausencia de fundaciones ligadas a la carretera, como suele suceder en otros modos de transporte, hace que tanto la investigación del patrimonio lineal como las propuestas de uso de carreteras desafectadas no estén a la altura de su importancia real.

### 6.1 Las calzadas romanas

El imperio romano estableció una red viaria con centro en Roma que permitía en primer lugar el fácil movimiento de tropas para el dominio y control del territorio y después para facilitar el movimiento de mercancías tanto para abastecer acuartelamientos como para suministrar materias primas a la cabeza del imperio. Esta viario era complementario del marítimo que para largas distancias

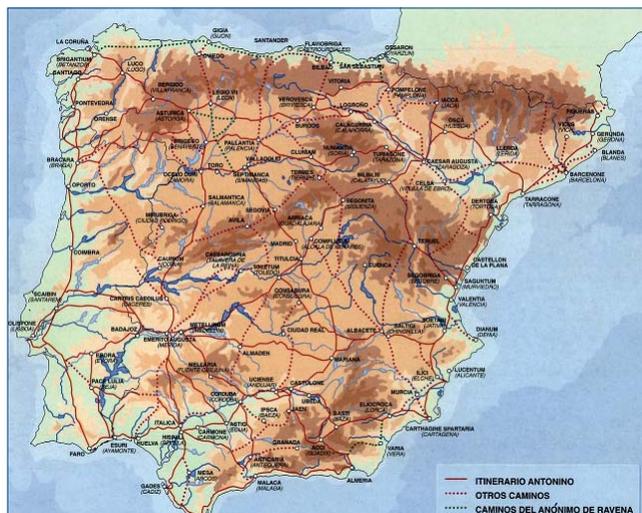


Figura 17. Mapa de calzadas romanas en la Península Ibérica.



Figura 18. Calzada romana del Puerto del Pico en Ávila.

fue el modo de transporte más eficiente hasta la llegada del ferrocarril. Por ello de los diez nudos de la red viaria desarrollada en la península, tres correspondían a grandes puertos (Tarragona, Cartagena y Cádiz) en el que se producía el intercambio modal.

La estructura policéntrica del viario posibilitó un control militar efectivo sobre el territorio. Solo las vías más importantes, y tramos con fuertes pendientes, contaban con superficie pavimentada y con las capas interiores tratadas ("statumen, rudus y nucleus"). En el resto, en general, se hacía una explanación sobre un terreno consolidado.

La red viaria en el siglo III d.c contaba con 30.000 km, figura 17, de los cuales solo 8.000 pueden considerarse vías principales, cifra que resulta muy próxima a la que recoge el itinerario Antonino para Hispania que fijaba en la península 34 vías principales (de las 372 vías que enlazaban todo el imperio) que sumaban 10.000km.

Desde el punto de vista patrimonial además de las calzadas en sí cabe destacar todos los elementos que son imprescindibles para su funcionamiento como los puentes, los componentes constructivos del firme, del trazado (muros),

del saneamiento (tajeas), del equipamiento (miliarios, hitos laterales), de servicios para posibilitar el transporte (civitates, mansiones, mutationes) ornamentales (arcos) etc.

## 6.2 Vías medievales. El Camino de Santiago

Desde el punto de vista patrimonial el Camino de Santiago constituye la vía medieval más importante de Europa desde el siglo IX que es cuando se produce la invención (descubrimiento) de la tumba del apóstol. A través de los distintos caminos se produjo un auténtico intercambio de culturas, se establecieron burgos y ciudades, se consolida el arte románico y posteriormente el gótico, se produjo una verdadera articulación territorial de Europa y generó los mayores movimientos de personas en el continente. En el siglo XII se estima que hubo 500.000 peregrinos que suponían aproximadamente el 10% de la población peninsular. La estancia de los extranjeros que hacían el camino francés era superior a 2 meses contando la ida y vuelta.

Dada la fortísima demanda, el camino principal incorporó progresivamente las mejoras constructivas de la época tanto en lo que afectaba a la propia carretera como en los pasos (puentes), trazado y firmes dado que el recorrido se efectuaba según la disponibilidad económica del peregrino en todos los medios disponibles de la época (carros, carruajes, sillas, caballo y a pie); además en la necesaria creación y dotación de las ciudades con iglesias, comercio, albergues, monasterios, hospitales, etc.

El camino se mantuvo pujante hasta la reforma luterana (1529) y se hundió tras las desamortizaciones del siglo XIX (Mendizábal 1834 y Madoz 1855) que coinciden con la aparición del ferrocarril, que cambió radicalmente el tiempo y calidad de las comunicaciones.

Hay que esperar al último cuarto del siglo pasado en que el Camino de Santiago francés (Roncesvalles, Pamploña, Logroño, Burgos, León, Santiago) es declarado "Primer itinerario cultural europeo" (1987) y "Bien Patrimonio de la Humanidad" por la Unesco en 1993 para que se incentive la demanda en este y en otros caminos. La ampliación de

esta distinción de la Unesco en 2015 a otros 4 caminos de Santiago (1.500km, costero, primitivo, Liébana e interior del País Vasco y Rioja) incrementó el interés, protección y demanda de todos los caminos.

En el último año (2017) se registraron en Santiago 301.000 personas que habían hecho más de 100 km. En 2016 el 56% eran extranjeros y el 63% habían elegido el



Figura 20. Mapa de los Caminos de Santiago en Europa



Figura 19. Mapa de los Caminos de Santiago en la Península Ibérica.

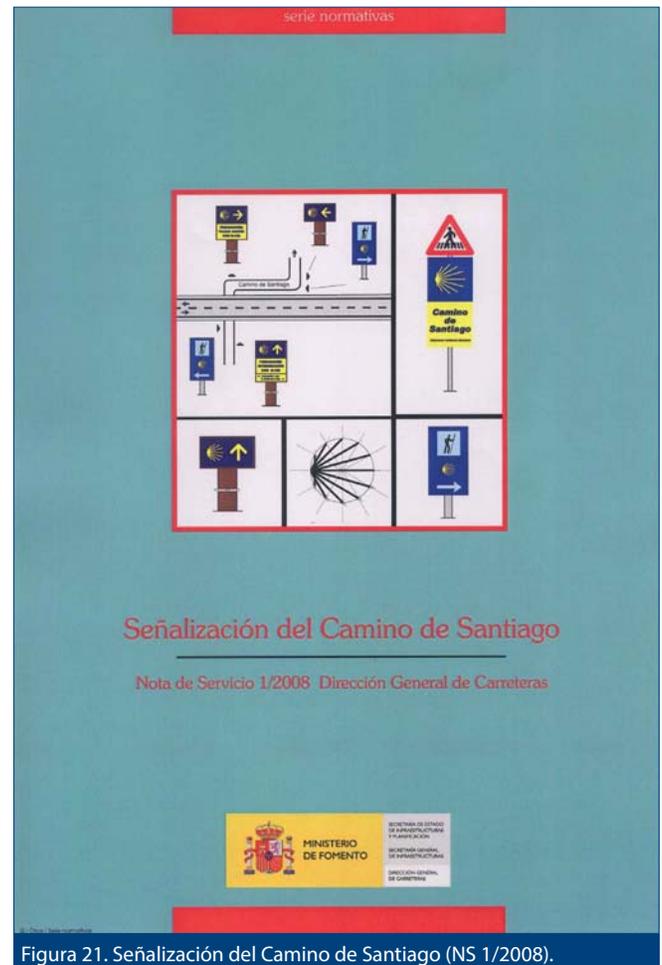


Figura 21. Señalización del Camino de Santiago (NS 1/2008).



Figura 22. Junto a la flecha amarilla, señalización común de todos los caminos, las CCAA han dispuesto una propia. En este caso la concha en un hito de piedra junto a Sahagún.



Figura 23. Puente de la Reina, sobre el río Arga, construido al servicio de los peregrinos en el Camino de Santiago.

camino francés lo cual atendiendo a los puntos de partida nos permite estimar en unos 100 millones de kilómetros (viajeros-kilometro) la longitud total recorrida en el conjunto de caminos a lo largo del año.

La red actual (2018) catalogada y señalizada en España está constituida por 52 caminos que suman 13.000 km.

El Instituto Geográfico Nacional ha publicado en versión papel y digital este plano, figura 19, así como el de los caminos existentes a lo largo de Europa, figura 20, (diciembre 2017) en el que se recogen los 286 caminos y 31 rutas marítimas del continente que suman 80.483 kilómetros.

La Dirección General de Carreteras (DGC) hizo un estudio de todos los puntos y tramos en conflicto entre los caminos y la RCE detectándose 457, sobre los que se propusieron actuaciones y en todos ellos se llevó a cabo una señalización específica de acuerdo con la nota de servicio 1/2008 (figura 21) desarrollada al efecto de cumplir con los objetivos señalados en el PEIT y que posteriormente fue seguida por otras muchas comunidades autónomas en la red de su competencia.

### 6.3 Vías pecuarias y cañadas reales

España dispone de una red única en el mundo de las vías pecuarias y que tiene sus orígenes documentados 4.500 años a. C. y que continúan hasta una vez estabilizada la península, cuando Alfonso X reconoce en 1273 los derechos a la transhumancia de los pastores agrupados bajo el Concejo de la Mesta. Esta actividad registró cada año cerca de tres millones de cabezas transhumantes en la península durante el periodo 1450-1550 incrementándose paulatinamente a partir de 1750 para llegar a 5 millones de cabezas al final del Siglo XVIII.

En el siglo XX la presencia del ferrocarril y posteriormente de los camiones redujo a mínimos esta actividad pero incrementándose su importancia en la articulación del territorio y en su participación en la confección de itinerarios en la naturaleza en una sociedad progresivamente urbana.

El objetivo de la transhumancia era unir los puntos fríos del norte de la península (agostaderos) con los más cálidos del sur (invernaderos) donde pasaba el invierno el ganado para ser devuelto en la primavera a su sitio de procedencia. En su recorrido disponían de descansaderos para animales,



Figura 24. Mapa de las Grandes Cañadas Reales de la Mesta.

abrevaderos, majadas para la noche con chozos para los pastores. Además se podían producir labores de esquilaes y lavado de la lana.

En conjunto hay 125.000 km de vías pecuarias que ocupan una superficie de 420.000 Has. Casi el 1% de la superficie nacional; y afecta a 3.881 municipios de España.

Las vías pecuarias se dividen en 3 tipos: cañadas (75 m), figura 24, cordeles (37,5 m) y veredas (20 m). De todos ellos hay 9 cañadas de singular importancia y protección que son las 9 cañadas reales y cuya longitud total aproximada

es de 6.000 km y que comunica el noroeste con el suroeste de España.

La ley 3/1995 de 23 de marzo indica, en su artículo 2, que las vías pecuarias son bienes de dominio público y en consecuencia inalienables, imprescriptibles e inembargables.

En cuanto al trazado y ubicación hay que indicar que, aunque muchas cañadas coinciden con un itinerario de calzada romana y pueden compartir los puertos de montaña, las cañadas emplean las zonas bajas buscando el agua y los pastos mientras la calzada romana precisa la altura por cuestiones de defensa.

A la importancia ecológica, histórica, ganadera y social de las vías pecuarias se añade la que tiene para la población los itinerarios a pie y en medios no motorizados. Surge así el aprovechamiento con estos fines de la gran cantidad de estas vías bien desde las comunidades autónomas responsables de su mantenimiento, procediendo a su señalización así como a la administración central a través del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA) viene desarrollando desde 1993 el Programa de Caminos Naturales que hasta la fecha ha acondicionado y señalizado cerca de 10.000 km de los cuales una parte importante son vías pecuarias.

Igualmente la Federación española de montaña tenía señalizados y catalogados más de 29.000 km en 2018 de los itinerarios GR (gran recorrido) a los que hay que añadir los 30.000 de PR (pequeño recorrido de 50 km), más los 2.600 km de SL (sendero lineal), y que aprovechan en parte el patrimonio que veníamos señalando en apartados anteriores. (Antonio Turno Arnal. Director de Senderismo de la Federación Española de Montaña. Seminario José Antonio Cimadevila Covelo de Estudios Jacobeos. Madrid. 2010 e información de 2018). Actualmente, en 2018, la federación española de deportes de montaña y escalada, FEDME, tiene un buscador de 29.000 km de senderos y espera alcanzar los 40.000 km a finales de año. (<http://misendafedme.es/buscador-de-senderos-homologados>).

## 6.4 Los caminos históricos en desuso. Los caminos reales

La historia de nuestras carreteras coincide en señalar la fecha de 1761 bajo el reinado de Carlos III la del comienzo de la planificación y de la construcción de un nuevo sistema viario que establecía una estructura radial que uniera el centro de la península con sus seis extremos empezando por los de Cataluña, Andalucía, Galicia y Valencia dando lugar al origen de la legislación sobre carreteras en España. Poco antes se habían construido los 16 km del puerto del León entre Guadarrama y el Espinar (1749) y los 71 km que separaban Reinosa de Santander (1752) con una pavimentación que facilitaba el transporte de viajeros y mercancías seguras.

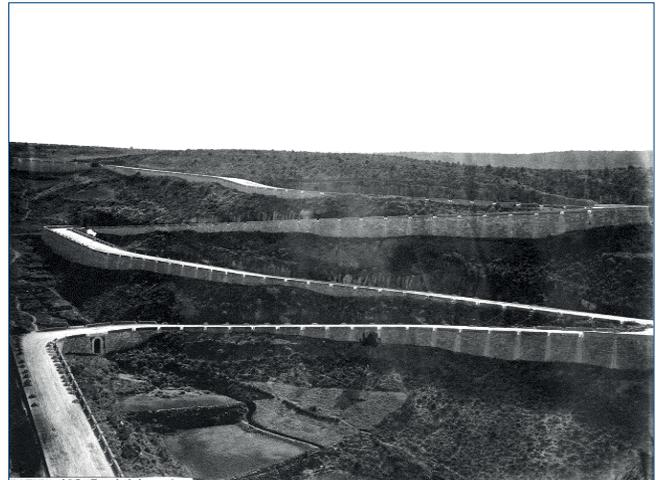


Figura 25. Trazado de la carretera N-III.



Figura 26. Zigzag de las cabrillas (Puerto de Contreras) en la carretera N-III.

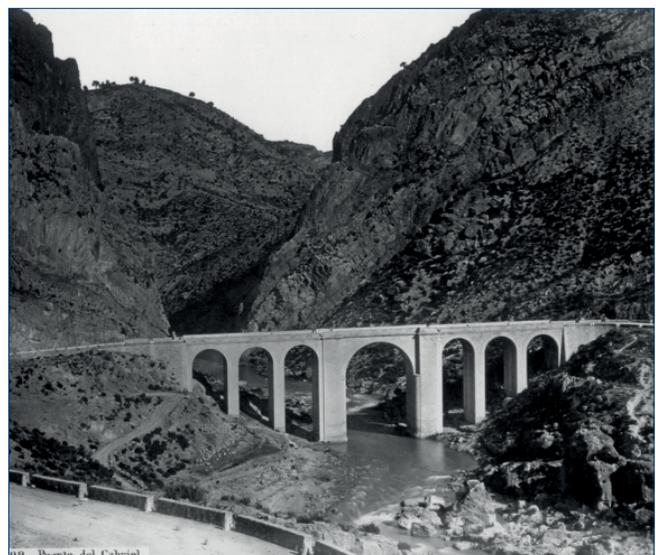


Figura 27. Puente sobre el río Cabriel en la carretera N-III.

En 1855, año de la primera memoria del Ministerio de Fomento, había 16.031 km de carreteras del estado, que pasaron a 36.300 en el cambio de siglo, además de 6.832 km de carreteras de las Diputaciones y 19.300 km de caminos vecinales. Hasta 1900, fecha de la matriculación del primer vehículo a motor, los firmes eran fundamentalmente de macadam, los vehículos eran carros, carretas y diligencias, la velocidad pequeña, los radios podían llegar a 8-10 m y las pendientes alcanzaban el 12% buscando una correspondencia entre desmontes y terraplenes para minimizar los costes (Uriol Salcedo. Historia de los Caminos de España, Tomo I pág 187)

El siglo XX trae aparejado la presencia progresiva de vehículos a motor junto a la aparición del hormigón para las bases y el asfalto para las capas de rodadura. Ello produce unos cambios radicales en las características de diseño del firme y trazado con los que progresivamente y a través de los distintos Planes (Firmes Especiales 1926-1939; Plan de Obras Públicas 1940, Plan de Modernización 1950, Plan de Obras Públicas 1960, Plan REDIA 1967, Plan de Autopistas de Peaje y los Últimos Planes de carreteras y sobre todo el Plan 1984-1991 que actuó íntegramente sobre toda la Red Estatal (RIGE, 20.000 km) una vez efectuada la transferencia de 60.000 km a las recién creadas CCAA y la modernizó hasta el punto de ponerse en cuanto a dotaciones por encima del resto de países de Europa.

Lo que produjo que todas las carreteras construidas con anterioridad se convirtieran en vías de servicio o directamente en desuso y constituyeran un patrimonio lineal de un valor histórico, tecnológico y social extraordinario, puesto que los materiales de construcción, la tecnología, el trazado, los equipamientos para carros y diligencias, etc., eran radicalmente diferentes a los que se iniciaron con el Siglo XX.

Entre otros tramos podemos destacar el de Contre-ras en la antigua N-III, el camino Real de Reinosa, el de Despeñaperros y cientos de rectificaciones de trazado que hacen que los tramos originales queden en desuso y sean magníficos ejemplares constructivos (cruce del río Jarama en Arganda con un puente metálico cerca del PK 20 de la N-II, o el puente en la N-III sobre el río Cabriel proyectado por Lucio del Valle en 1845 o el paso por el arroyo de Valdeazores (Jaén) en la N-IV actualmente en desuso y proyectado por Carlos Lemaur en 1777, etc)

De igual manera y en una segunda fase debiera realizarse un catálogo de todas las obras emprendidas en la pri-

mera mitad del Siglo XX que después fueron modificadas por los planes posteriores.

Hay que reseñar que la labor de catalogación general de tramos en desuso o vías de servicio de poco tráfico es una tarea sencilla partiendo del primer plano topográfico (1ª edición del IGN) y del mapa actual de carreteras, y que precisaría la participación activa de las unidades de carreteras para completar unas fichas con las características, estado del firme y estructuras, uso actual, accesos, posibilidades de uso y recuperación, etc.

Al tiempo debería prepararse una señalización específica de lugares de interés patrimonial, histórico y turístico para acceder desde las carreteras principales y posibilitar su recorrido y visita de los elementos constituyentes.

Esta visión se aplicó en el ferrocarril en 1995 con el estudio y publicación de las vías ferroviarias abandonadas, "líneas ferroviarias susceptibles de usos alternativos" MOPTMA en el que se inventariaron 7.600 km y que dio lugar a un programa específico denominado "VIAS VERDES" dirigido desde la Fundación de los Ferrocarriles Españoles y que cuenta entre otros con la financiación del MAPAMA dentro del programa de Caminos naturales ya reseñado en este artículo que ha llevado a tener en uso 123 itinerarios con una longitud de 2.600 km rehabilitados.

Por otra lado comentábamos en el artículo anterior al hacer la valoración económica del Patrimonio de Carreteras que en la actualidad todo el viario municipal (128.179 km urbano y 361.519 km interurbano) permanece sin actualizar desde 1998, principalmente el segundo, que ha sido sometido a grandes cambios gracias a las ayudas europeas y de las administraciones. Este viario cumple una función territorial y ambiental fundamental porque da accesibilidad a todos los núcleos y puntos de interés y actividad facilitando la accesibilidad a los mismos. Difícilmente se puede cuantificar su valor si previamente no se tiene catalogada y descrita dicha red.

El trabajo de catalogación, valoración y puesta en servicio llevado a cabo con las vías de ferrocarril en desuso debe servir de ejemplo y acicate a las distintas administraciones de carreteras para poner en valor el patrimonio lineal y singular que guardan. Es importante, urgente y factible.

## 7. Conclusiones

La estimación del Valor Patrimonial de la RCE es una tarea compleja, pues afecta a distintos ámbitos como el económico, histórico, cultural así como administrativos (Ministerios- Fomento, MAPAMA- CCAA, Diputaciones y Ayuntamientos, u otros organismos) y metodológicos, que también admite distintos puntos de vista.

Atendiendo al aspecto estrictamente económico el valor patrimonial de la Red de Carreteras Española en 2016, sin incluir ayuntamientos, ha sido estimado en 170.766 millones de euros de 2017. Cifra que superaría los 200.000 millones si se incluyera y actualizase el viario urbano. El valor económico de la RCE se cifró en 90.465 millones de euros 2017; de los que corresponden a la red actual sin peaje 73.416 millones.

En este artículo se ha realizado una **valoración del patrimonio de la Red de Carreteras del Estado en gestión directa**, a partir del inventario existente de firmes y de obras de paso. Se ha obtenido que para los firmes el valor patrimonial es de aproximadamente 9.172 millones de euros mientras que para las obras de paso mayores de 3 m de luz es de aproximadamente 13.026 millones de euros. Este estudio podría completarse añadiendo los demás elementos de la carretera. Tarea que hoy en día es posible debido al uso extendido de sistemas de gestión en la infraestructura.

Finalmente, es importante también señalar que es preciso estimar las necesidades de conservación de las carreteras sobre la base objetiva que supone su inventario y los reconocimientos del estado de los elementos; hoy día se ha demostrado que esto es posible. No resulta fiable, por lo tanto, utilizar, sin más, un porcentaje del valor patrimonial como base para determinar el presupuesto de conservación, puesto que cada elemento de la carretera plantea escenarios de conservación muy distintos.

Atendiendo a otras consideraciones, se ha analizado someramente (ya que hay numerosos estudios sobre esta materia) el patrimonio puntual de carreteras y se ha abordado también la puesta en valor del patrimonio lineal de carreteras, constituido por un conjunto de caminos históricos de los cuales España tiene un patrimonio único en el mundo.

Las vías romanas principales suman 8.000 km, hay 13.000 km de caminos medievales ya señalizados como Camino de Santiago, y hay 125.000 km de cañadas de las cuales 6.000 km constituyen las 9 cañadas reales norte –

sur y que empiezan a tener un uso y aprovechamientos diferentes al que fueron concebidas.

Finalmente un patrimonio lineal importante son los caminos históricos (carreteras) en desuso. Iniciados en 1761, cuyo valor patrimonial puntual y lineal es muy elevado, y al igual que ha sucedido con el FFCC está necesitado de una inmediata catalogación para proceder a señalar específicamente para uso y aprovechamiento social y cultural, similar al que actualmente tienen los caminos medievales y cañadas.

**La Red de Carreteras de España**, con todos los elementos que la forman más el entorno en el que se circunscribe, **constituye un importante legado histórico en sí mismo** que debe ser preservado, conservado, analizado y valorado en el marco de un plan específico que permita identificar bienes de importancia histórica, cultural, industrial o paisajística entre otras, así como acometer actuaciones de protección.

*Sirva este artículo como homenaje a todos aquellos que hicieron, valoraron y conservaron los caminos a lo largo de la historia.*

## Agradecimiento

Agradecimiento a la colaboración de Jose María Coronado y a José Antonio Ortiz por las fotografías aportadas para este artículo.

## Referencias bibliográficas

- Acueductos romanos. Carlos Fernández Casado. Informes de la construcción, ISSN 0020-0883, Vol. 23, Nº. 227, 1971, págs. 45-84
- Análisis y valoración del patrimonio histórico de las carreteras españolas, 1748-1936 Autores: Francisco Javier Rodríguez Lázaro, José María Coronado Tordecillas, Rita Ruiz Fernández y Juan Garcilaso de la Vega Muñoz Editorial: CEHOPU, Madrid 2007
- ASEFMA. Las necesidades de conservación de los firmes de las carreteras españolas.
- Atlas Nacional de España (IGN 1995, 2005 y 2015) Transporte por carretera. Coordinador: Pedro Galán Bueno.
- Criterios de intervención en puentes de fábrica. ATC 2014.
- El camino de Andalucía: itinerarios históricos entre la Meseta y el Valle del Guadalquivir. Susana Arbáizar González, Teresa Sánchez Lázaro, José María Menéndez Martínez, Almudena Fontanals Pérez de

- Villamil, María Mercedes Gil García. Madrid : Centro de Publicaciones, Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, 1993. ISBN 84-7433-936-7.
- El concepto de patrimonio: el patrimonio industrial o la memoria del lugar. Mercedes López García. Abaco: Revista de cultura y ciencias sociales, ISSN 0213-6252, Nº 1, 1992 (Ejemplar dedicado a: Arqueología industrial), págs. 9-12
  - El valor patrimonial del ferrocarril español: sus singularidades y condicionantes. Mercedes López García. Siglo y medio del ferrocarril en España, 1848 - 1998: economía, industria y sociedad / Javier Vidal Olivares (ed. lit.), Miguel Muñoz Rubio (ed. lit.), Jesús Sanz Fernández (ed. lit.), 1999, ISBN 84-88675-62-3, págs. 1027-1032.
  - Evolución histórica de los itinerarios del noroeste en la Comunidad de Madrid. José María Menéndez Martínez, Teresa Sánchez Lázaro, Luis Marceñido Ferron Madrid : Consejería de Política Territorial, D.L. 1990. ISBN 84-451-0183-8
  - Historia de los Caminos de España hasta el Siglo XX. Jose Ignacio Uriol Salcedo. Ed. Colegio de Caminos Canales y Puertos.2001
  - Historia de los Caminos de España Siglos XIX y XX. Jose Ignacio Uriol Salcedo. Ed. Colegio de Caminos Canales y Puertos.2001.
  - Historia del puente en España. Carlos Fernández Casado. Informes de la construcción, ISSN 0020-0883, Vol. 32, Nº. 317, 1980, págs. 57-100
  - Identificación de caminos históricos en España y su confluencia y conflicto con la red de carreteras del Estado. Plan Sectorial de Carreteras 2007-2012 (PEIT 2005-2020) . Pedro Galán Bueno Director y Coordinador, con la participación de la cátedra de transporte de la Escuela de Caminos de Ciudad Real, del Concejo de la Mesta, de la Asociación de amigos del Camino de Santiago y de todas las Unidades y Demarcaciones de carreteras. Estudio consultable en la Biblioteca General y en el Centro de Documentación del Transporte dependiente de la Dirección General de Organización e Inspección del Mº de Fomento.2007.
  - Inventario de puentes ferroviarios. Jose Luis García Mateo, Miguel Jiménez Vega, Domingo Cuéllar Villar. Fundación de los Ferrocarriles españoles. Ed. Doce Calles. 2004.
  - José Antonio Martín-Caro Alamo. Puentes de Fabrica. Los puentes ferroviarios dentro del patrimonio industrial. ADIF. Madrid. 2013.
  - Justo Borrajo, Jesús Rubio 1987. La Planificación de las carreteras en España. Ministerio de Fomento. Dirección General de Carreteras. Guía para la actualización del inventario de firmes de la Red de Carreteras del Estado. 2011
  - Ministerio de Fomento. Nota de servicio 1/2008. Dirección General de Carreteras. Señalización del Camino de Santiago.
  - Ministerio de Fomento. Dirección General de Carreteras. Guía para la realización del inventario de obras de paso en la Red de Carreteras del Estado.2009
  - Ministerio de Fomento. Dirección General de Carreteras. Guía para la realización de inspecciones principales de obras de paso en la Red de Carreteras del Estado. 2009
  - Ministerio de Fomento. Dirección General de Carreteras. Inventario de características geométricas y de equipamiento. Manual de síntesis.
  - Ministerio de Fomento. Dirección General de Carreteras. Inventario de la Red de Carreteras del Estado.2008
  - León: catálogo de puentes anteriores a 1936. José Antonio Fernández Ordóñez, Tomás Abad Balboa, Pilar Chías Navarro. Madrid: Biblioteca CEMOPU, D.L. 1988. ISBN 84-7506-242-3
  - Ley 3/1995 de 23 de marzo de vías pecuarias. Plan de identificación, protección y puesta en valor del patrimonio histórico cultural ferroviario. Fundación de los Ferrocarriles españoles.2016.
  - Patrimonio cultural de las carreteras y caminos históricos. Pedro Manuel Galan. 1er congreso internacional de Carreteras, Cultura y Territorio 2010. Coruña.
  - Plan General de Carreteras 1984-1991
  - Seminario José Antonio Cimadevila Covelo de estudios Jacobeos. Madrid. 2010. Conferencia de Antonio Turmo Arnal. Director de Senderismo de la Federación Española de Montaña.
  - Valorización de las vías romanas. Isaac Moreno Gallo. Ingeniería y territorio, ISSN 1695-9647, Nº. 92, 2011 (Ejemplar dedicado a: Restauración de la obra pública), págs. 62-69.
  - Vías romanas: ingeniería y técnica constructiva. Isaac Moreno Gallo. Madrid: CEDEX-CEHOPU, 2004. ISBN 84-7790-404-9. ❖

# ON THE ROAD AGAIN

## El rock en la carretera o viceversa



On the road again: rock and road

**Cayetano Roca Giner**

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

En la década de los 50 del pasado siglo, diversos cambios de envergadura variada empezaron a converger, para acabar cristalizando en un cambio radical, de esos que significan un antes y un después.

Quizás donde el nuevo escenario se hizo más visible fue en la música aunque de hecho todo vino unido y bien unido.

La película *The blackboard jungle*, fielmente traducida al castellano como *Semilla de maldad*, rodada en 1955 y dirigida por Richard Brooks sobre una novela de Evan Hunter, estaba protagonizada por Glenn Ford. A la hora de buscar una canción para los créditos tomaron la decisión, sumamente sensata, de consultar a un experto, el hijo del propio Ford, que propuso una canción de la cara b de

un single que, por lo tanto, había pasado desapercibida.

A raíz de su aparición en esta película la canción, grabada en 1954, alcanzó la suficiente popularidad como para plantarse en julio del 55 en el número 1 de la más prestigiosa lista de éxitos norteamericana, el *Billboard*. La canción era *Rock around the clock* y sus intérpretes *Bill Haley and his Comets*<sup>1</sup>.

Era la primera vez que un rock alcanzaba este puesto y podemos decir que, tal como cantarían después *Danny and the Juniors*<sup>2</sup>, el rock había llegado para quedarse.

En esos mismos años, en el 57, Jack Kerouac publicaba su obra cumbre y una de las biblias de su generación, *On the road*.

La música rock se convertía en el

lenguaje universal de la juventud y la carretera en el símbolo de una nueva forma enfocar la vida para una parte de la sociedad occidental. Era obligado pues que música y carretera<sup>3</sup> se entremezclaran.

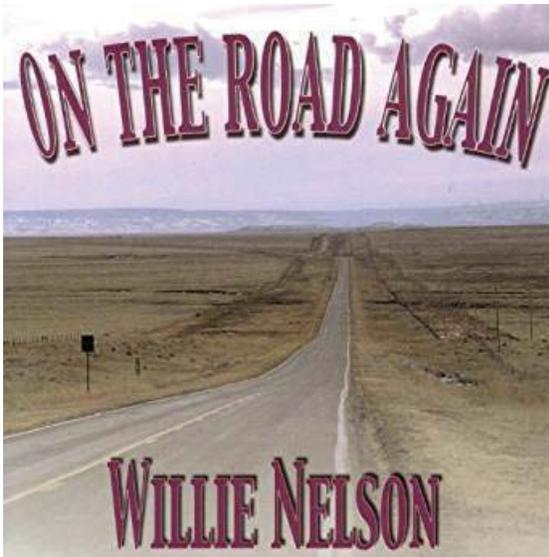
La carretera presenta una característica que la hace especialmente

1 No es nuestro tema, pero indiquemos que la canción fue considerada lo suficientemente escandalosa como para que la película fuera retirada del festival de Venecia a petición de la embajada norteamericana!

2 Y otros muchos, como Alex Chilton en *Thirteen: Rock and roll is here to stay*

3 Como dirá posteriormente una famosa canción, algo parecido pasará con los *trains and boats and planes*, pero ese es otro cantar.





Portada del single *On the road again* de Willie Nelson



Bruce Springsteen, autor de *Thunder Road*

ilegales. Y que, por cierto, incluía otra canción, ésta del gran Ray Charles: *Hit the road Jack!*

Para culminar este juego de multirrelaciones, el propio Kristofferson señalaba como fuente de inspiración de la canción la película *La strada*, de Fellini que, como es sabido, trata del deambular de un pequeño circo por las carreteras de Italia. Y en la que el camino recorrido representa el peso del destino, una de las principales metáforas presentes en estas músicas pop(ulares).

Cuando Stanley Donen quiere analizar la trayectoria vital de una pareja, recurre al mismo recurso narrativo y nos ofrece una de sus grandes películas, *Two for the road*<sup>8</sup>. Y efectivamente, vemos a los protagonistas recorriendo carreteras diversas y con diferente poderío, en función de su momento vital y de su status económico y social. No es lo mismo cuando son estudiantes que cuando son profesionales prestigiados. Y los recorridos espaciales se combinan con los temporales, a través de los flashbacks que utiliza Donen como otro recurso descriptivo.

Por no mencionar el debut de Spielberg como director en 1971 en la inquietante *Duel* que, con la misma fidelidad habitual, se tradujo en nuestro país como *El diablo sobre ruedas*, en la que un enigmático camión persigue sin causa suficien-

temente justificada a un conductor por unas carreteras ubicadas en un paisaje desértico y despoblado.

Cine, literatura, música... ¡y carreteras!

La atracción de la carretera es fuerte, muy fuerte y la tendencia a volver a ella, irresistible. ¿Cuánto? Hemos tomado como título de este relato el de *On the road again*. Evidentemente, lo hemos escogido como homenaje a una unión música/carretera a través de una canción. ¿Pero cuál? Pues no es tan fácil de definir. Sabemos que un mismo título puede amparar una canción original y las versiones que de ella se han podido hacer posteriormente. Pero el imán de la carretera es tan potente que sucede todo lo contrario: un mismo título aplica a canciones muy diferentes. Así, podemos escuchar el *On the road again* de Willie Nelson, el de Canned Heat, el de Barrabas... Incluso un gallo, Bernard Lavilliers, compone una canción en francés pero cuyo título vuelve a ser el inglés mencionado y ¡así aparece en la letra de la canción!

### TODO PUEDE PASAR

A lo largo de la carretera y bien sea en un coche o en un camión o en ambos, o incluso andando o en autostop, cualquier cosa puede suceder.

La carretera como metáfora de

libertad pero también de destino desconocido, de incertidumbre, de desolación, de violencia,...

Cuando alguien se lanza a ella, no sabe muy bien donde puede ir a parar: una serie de canciones míticas en la historia del rock nos ayudan a verlo: desde la *Thunder Road* de Bruce Springsteen a la *Highway to hell* de AC/DC o la *Long and winding road* al *Drive my car*, ambas de The Beatles.

Y aquella en la que John Denver imploraba *Take me home, country roads*.

O la gran canción *I drove all night*, de otra artista subvalorada, aunque con éxito comercial, Cindy Lauper y que en la canción dice: *I had to escape, the city was sticky and cruel*<sup>9</sup>.

Y así, todo lo que podía pasar, pasó, acompañado de músicas directas, enérgicas, melancólicas, tristes... Música de y para la carretera.

Y para cerrar por el momento, recordemos lo que decía un entusiasmado Loquillo:

"Yo para ser feliz quiero un camión" ❖

<sup>8</sup> Excepcionalmente, el título castellano se parece al original: *Dos en la carretera*.

<sup>9</sup> De la calidad de la canción da cuenta de que fue versionada por gente tan grande y diferente como Roy Orbison y Miles Davis.

# 18ª Jornada Técnica SEMSIG-AETESS

## Control e Instrumentación en Obras Geotécnicas

Organizadas conjuntamente por la Sociedad Española de Mecánica del Suelo e Ingeniería Geotécnica (SEMSIG) y la Asociación de Empresas de la Tecnología del Suelo y Subsuelo (AETESS), el pasado 22 de febrero de 2018 tuvo lugar la 18ª Sesión de las Jornadas Técnicas SEMSIG-AETESS, en esta ocasión dedicada al tema de “Control e Instrumentación en Obras Geotécnicas”. El tema elegido para esta decimoctava sesión fue seleccionado por el Comité Organizador en atención a las opiniones recibidas de los asistentes a sesiones anteriores, y con el ánimo de dar cabida a un tema tan importante en todas las obras geotécnicas. Ante un contenido tan amplio y diverso, el Comité Organizador ha querido contar en este programa con los agentes que están implicados en todas las fases de los proyectos geotécnicos: Administración, especialistas y constructores. El objetivo es enriquecer el enfoque y dar a conocer los detalles técnicos más novedosos. En esta ocasión se ha contado además con la colaboración de la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE), siendo inaugurada la sesión por el Presidente de la Confederación, D. Raimundo Lafuente Dios.

En la mesa de diseño participaron D. José Luis García de la Oliva, del Laboratorio de Geotecnia del CEDEX, con una ponencia de título: “Instrumentación de obras ferroviarias: patologías y comportamiento de las diferentes capas de asiento”; D. Antonio Soriano, con la ponencia titulada “La auscultación. Elemento esencial de la seguridad de presas”; y D. Joaquín Jimenez Labadie, de ACCIONA, quien habló de “Proyecto Hidroeléctrico de “Site C”: Instrumentación y tratamientos del terreno en British Columbia (Canadá)”.



18ª JORNADA TÉCNICA SEMSIG-AETESS  
Control e Instrumentación  
en Obras Geotécnicas  
Madrid, 22 de febrero de 2018

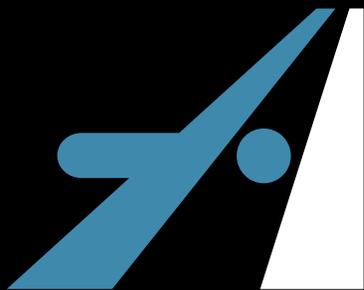
La mesa de ejecución fue organizada por AETESS y se eligieron 5 temas, que fueron presentados conjuntamente por las empresas especialistas:

- Control del empotramiento de pilotes en roca. Gustavo Armijo Palacio. Geocisa; Eduardo Manzano Arroyo. Grupo Terratest.
- Control y Registro de parámetros en tratamientos del terreno; Eduardo Martínez García. Menard España; José Polo Narro y Javier Rojo Cordero. Site; Enmanuele Carvajal. Keller Cimentaciones.
- Pruebas de carga en cimentaciones profundas. Rafael Gil Lablanca. Rodio-Kronsa.

- Especificaciones y control del hormigonado tremie en pilotes y pantallas. José Luis Arcos Álvarez. Rodio-Kronsa; Eduardo Manzano Arroyo. Grupo Terratest.
- Instrumentación en obras de tratamiento del terreno. Belén Rodríguez Caballero. Keller Cimentaciones; Ernesto Hontoria García. Geocisa.

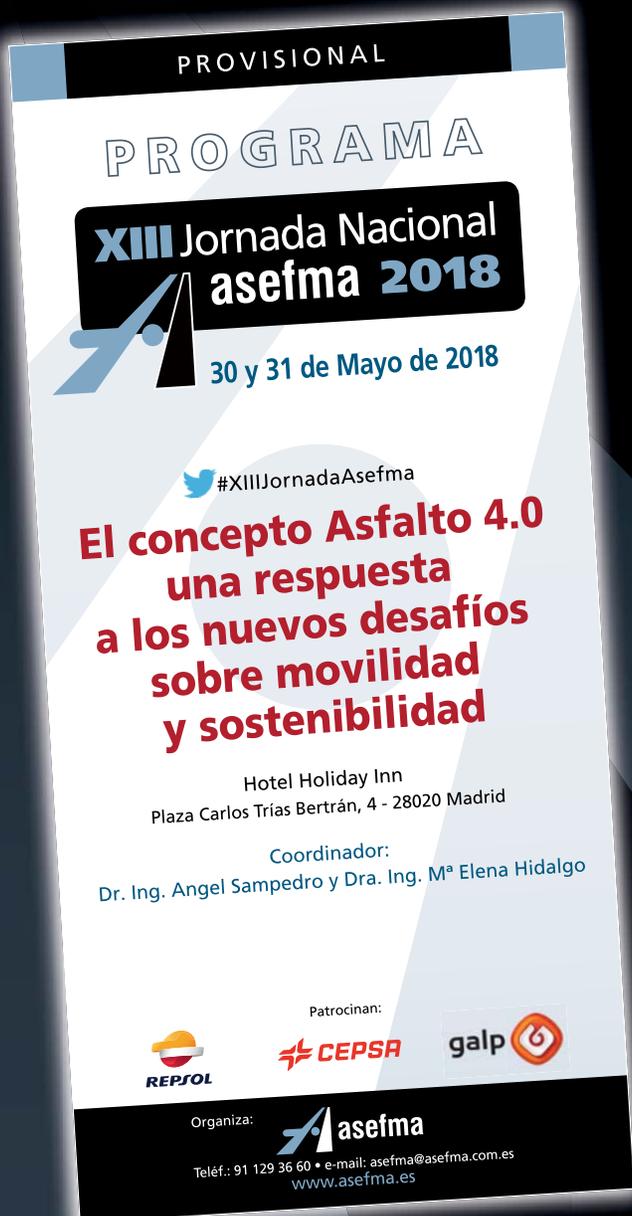
Después del descanso tuvo lugar la presentación del libro: “Un Paseo desde el Pasado al Presente Geotécnico Español”, escrito por el Profesor Carlos Oteo Mazo. La presentación corrió a cargo del Director el CEDEX, D. José Trigueros Rodrigo. Un ejemplar de dicho libro fue entregado a los asistentes inscritos, junto con la documentación de la Jornada.

Tras las dos mesas, de diseño y de ejecución, tuvieron lugar sendos coloquios con animada participación. La Jornada contó con más de 200 participantes. ❖



Madrid, 30 y 31 de Mayo de 2018

# XIII Jornada Nacional asefma 2018



## El concepto Asfalto 4.0 una respuesta a los nuevos desafíos sobre movilidad y sostenibilidad

### INSCRIPCIONES

La inscripción debe formalizarse en:  
[asefma@asefma.com.es](mailto:asefma@asefma.com.es)

tras haber realizado el ingreso en la Cuenta Corriente:  
Bankinter 0128 0013 29 0100041983

Inscripción on-line a través de:  
[www.itafec.com](http://www.itafec.com)

Síguenos en Twitter  [#XIIIJornadaAsefma](https://twitter.com/XIIIJornadaAsefma)



# asefma

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE FABRICANTES  
DE MEZCLAS ASFÁLTICAS (ASEFMA)

Avda. General Perón, 26  
28020 Madrid  
[www.asefma.es](http://www.asefma.es)

T.: +34 911 293 660  
F.: +34 911 293 566  
E.: [asefma@asefma.com.es](mailto:asefma@asefma.com.es)

# VIII Jornada de Ensayos de ASEFMA

El pasado 27 de febrero de 2018 tuvo lugar la VIII Jornada de Ensayos para mezclas bituminosas en el Salón de Actos del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Coordinada por las licenciadas Lucía Miranda y María del Mar Colás, dejó patente el gran interés del sector por mejorar la tecnología de pavimentación asfáltica y el importante trabajo de las empresas participantes por satisfacer la demanda de innovación del sector.

En la sesión inaugural, D. Julio Vaquero, en representación de la Dirección Técnica de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento, manifestó su satisfacción de que ASEFMA promueva un evento en el que tanto administraciones públicas, empresas, centros tecnológicos, universidades y laboratorios de control encuentren un foro de debate que ayude a mejorar las prestaciones de las carreteras. Por su parte, el presidente de ASEFMA, D. Juan José Potti, agradeció que el Ministerio acoja como suyos los objetivos de la jornada y elogió el interés que sigue despertando esta Jornada entre los técnicos del sector.

La primera sesión comenzó con la intervención de D. Alberto Bardesi, Director de la ATC, quien presentó la plataforma [www.normativadecarreteras.com](http://www.normativadecarreteras.com) como una continuación al trabajo desarrollado por [www.carreteros.org](http://www.carreteros.org). Dicha web ofrece un amplio catálogo de documentación sobre legislación, normativa y diferentes documentos técnicos relacionados con las carreteras así como con un potente motor de búsqueda.

En la segunda sesión de trabajo se expusieron algunas de las comunicaciones presentadas en la XII Jornada Nacional de Asefma referentes a Metodologías aplicadas a la evaluación de las características de las mezclas asfálticas.

La primera presentación de esta sesión 2 fue realizada por Miguel del Sol del LabIC (Universidad de Granada) que trató sobre el análisis de la resistencia a la fisuración por fatiga de mezclas bituminosas fabricadas con polvo de NFU indi-

cando que tales mezclas presentan una vida de servicio similar a la de las mezclas de referencia, fabricadas con betunes modificados con polímeros.

La siguiente presentación la realizó José Simón (CHM), sobre Pavimentos asfálticos reflectantes para la mitigación del cambio climático en la que se expuso que las mezclas con áridos claros, granulometría continua, pocos huecos y menor tamaño de árido son más reflectante.

La última presentación de esta sesión fue realizada por José Ramón López (PAVASAL,) sobre el Comportamiento y evolución de las características superficiales de las mezclas bituminosas ultradelgadas AUTL que contribuyen a una reducción de costes y un menor impacto ambiental, aportando un elevado CRT (>80 a los tres años), lo que las convierte en una solución muy idónea en determinadas obras de conservación de carreteras.

En la sesión 3 y con el título "Análisis y defectos de la aplicación de las metodologías de ensayos en la caracterización de materiales bituminosos", se expusieron cuatro presentaciones todas ellas relacionadas con métodos de ensayo aplicados a las mezclas bituminosas.

Las dos primeras presentaciones fueron realizadas por representantes de la Universidad Politécnica de Cataluña, D. Ramón Botellas y Dña. Teresa López, ambas relacionadas y cuyo contenido se basa en el estudio del comportamiento de los productos bituminosos frente a las deformaciones con aplicación de cargas, aplicando el método EBADE.

La siguiente presentación realizada por D. Pablo Álvarez (BECSA), versó sobre el estudio realizado sobre la medida de la densidad aparente, relacionado con la estimación de los huecos, y sobre todo cuando estos son elevados como es el caso de las mezclas tipo BBTM 11B.

La sesión concluyó con una presentación por parte de Dña. Carmen Calvo, del Laboratorio de la Junta de Castilla y León, sobre un estudio realizado dentro de ALEAS para el análisis del método de resistencia a deformación permanente



según la norma UNE EN 12697-22. En este trabajo se ha realizado una recopilación de datos de deformación en pista de diferentes tipos de mezclas fabricadas tanto con betunes convencionales como modificados.

La cuarta sesión, presentada por Dña. Carmen Calvo trató sobre la medida de adherencia entre capas, y en ella se expusieron los resultados del estudio realizado en ALEAS sobre el ejercicio de intercomparación con el dispositivo A y con el dispositivo B de la norma NLT-382, analizando las diferencias obtenidas en resistencia al esfuerzo cortante y los coeficientes de variación obtenidos con cada dispositivo.

La última sesión presentada por D. Emilio Moreno (Repsol), se basó en la exposición de los métodos de ensayo que en la actualidad existen para el estudio del envejecimiento de mezclas bituminosas según las normas UNE EN 12697-45 y 12697-52. Ambos métodos de ensayo, todavía se encuentran en fase de estudio y adaptación por parte de los laboratorios, pero son importantes a tener en cuenta para poder evaluar, a nivel de laboratorio, la durabilidad de las mezclas bituminosas y estimar su periodo de vida.

La jornada finalizó con una presentación de las actividades que desde ALEAS se están realizando dentro de los diferentes grupos de trabajo creados, y para los que se anima la participación de empresas y laboratorios.

En definitiva, las temáticas de actualidad, y la gran calidad y solvencia de los ponentes, han proporcionado a la Jornada de Ensayos de ASEFMA la vitola de evento técnico de referencia en el mundo de la pavimentación asfáltica. ❖

# XV Congreso Internacional de Vialidad Invernal en Gdansk



De izquierda a derecha: Paweł Adamowich, alcalde de Gdansk; Claude Van Rooten, presidente de PIARC; Director General Adjunto GDDKIA, Iwona Stępień - Kotlarek; Ministro Adamczyk; Andrzej Kasprzak - Feria Internacional de Gdansk Co / AMBEREXPO Presidente de la Junta

## Durante cuatro días la ciudad polaca de Gdansk se convirtió en la capital de la Vialidad Invernal

Más de 1.000 asistentes de 42 países asistieron al XV Congreso Internacional de Vialidad Invernal, celebrado este año en Gdansk (Polonia) del 20 al 23 de febrero de 2018. Entre ellos, representantes de cuatro Ministerios de Transportes (Polonia, Japón, Lituania y Montenegro) y numerosos directores de carreteras. Con más de 139 presentaciones orales, 170 en pósters, 52 expositores - incluyendo 12 pabellones nacionales o regionales - y 21 de los mejores conductores de máquinas quitanieves del mundo que compitieron en una tradicional carrera de obstáculos, el Congreso de este año fue un verdadero éxito.

Durante cuatro días, Gdansk se convirtió en la capital mundial de la Vialidad Invernal. Cuatro días de intensa actividad durante los cuales se discutieron, durante las sesiones técnicas y las sesiones de póster, temas como la optimización de la infraestructura vial y la gestión de la movilidad en condiciones invernales.

Los asistentes de 42 diferentes países compartieron sus experiencias y sus preocupaciones sobre el futuro del sector y sobre los cambios que están teniendo lugar actualmente. Entre los temas discutidos se incluyeron la reducción de la contaminación, la mejora de la comunicación con los

usuarios de la carretera, el despliegue de nuevas tecnologías para optimizar los recursos de los gestores de la red de carreteras y de los Estados.

“Garantizar un servicio de Vialidad Invernal seguro y eficiente para los usuarios” y “Proporcionar una Vialidad Invernal en un contexto de desarrollo sostenible” cautivó a quienes asistieron a la Sesión de Apertura, inaugurada por Frederick G. (Bud) Wright, Director Ejecutivo de la Asociación Estadounidense de Funcionarios de Autopistas Estatales y Transporte (AASHTO), que pronunció un discurso inaugural sobre “El transporte importa: no importa el cli-

ma". Siguiendo en esta dirección, los Ministros de Transporte de Polonia, Japón, Lituania y Montenegro, junto con funcionarios de alto nivel de Canadá-Québec, el Reino Unido, Eslovaquia y Letonia debatieron sobre las consecuencias del clima extremo en la gestión de la red de carreteras, así como sobre las nuevas formas para comunicarse con los usuarios de la carretera en invierno.

Aparte del programa técnico, en el Congreso hubo más de cincuenta stands, numerosas firmas de diversas marcas y equipos de Vialidad Inver-

nal. Varios Comités Nacionales de la Asociación Mundial de la Carretera, como Canadá, República Checa, Francia, Italia, Japón, Polonia, Eslovaquia y Corea del Sur, estuvieron presentes. También participaron Abu Dabi, China, Noruega y representantes de la Asociación Nórdica de la Carretera.

El Congreso fue también una gran oportunidad para exhibir el exitoso Campeonato Internacional de Quitanieves, que se celebró por primera vez en Québec en 2010, con una segunda edición como parte del Congreso de 2014 en Andorra. Los asistentes dis-

frutaron de las magistrales demostraciones realizadas por los más expertos conductores de ocho diferentes países. Los ganadores de esta tercera edición fueron los austríacos Gerard Vock y Bertram Unger (en el primer y tercer puesto, respectivamente) y el alemán Reiner Dunker. Ante todo, el evento fue una gran oportunidad para rendir homenaje al trabajo realizado por las mujeres y hombres que gestionan nuestras redes viales, en el campo bajo cualquier condición meteorológica y las mantienen seguras.

Durante el Congreso también se celebró la reunión del Comité Técnico de la Asociación Mundial de la Carretera sobre Vialidad Invernal (TC B.2). Además, CEDR y AURORA eligieron el Congreso de la Asociación Mundial de la Carretera para celebrar sus propios Talleres de Trabajo que completaron el programa de sesiones.

### Proporcionando un servicio vial sostenible y seguro

En los últimos cuatro años, desde el XIV Congreso Internacional de Vialidad Invernal en Andorra en febrero de 2014, nuestro conocimiento y experiencia se han ido ampliando a la vez que el tráfico vial iba creciendo, junto con la demanda de movilidad. Ser capaces de garantizar un servicio de Vialidad Invernal efectivo sigue siendo un ejercicio difícil como pudimos ver a través de diversas presentaciones. Podrán encontrar todas las conclusiones técnicas en los números 375 y 377 de la revista *Routes / Roads* de la Asociación Mundial de la Carretera a las que se puede acceder de forma gratuita en [www.piarc.org](http://www.piarc.org). Las actas del Congreso también estarán disponibles próximamente en la página web de la Asociación Mundial de la Carretera.

El foco está puesto ahora sobre Canadá, y más concretamente sobre Calgary en Alberta, sede del próximo Congreso de Vialidad Invernal de la Asociación Mundial de la Carretera, que se celebrará en 2022. ❖



Frederick G. (Bud) Wright, Director Ejecutivo de la Asociación Estadounidense de Funcionarios de Autopistas Estatales y Transporte (AASHTO)



Durante el Congreso se celebró el tercer Campeonato de Máquinas de Quitanieve

Más información en: [www.piarc.org/es](http://www.piarc.org/es)  
Fotografías obtenidas en: [www.flickr.com/photos/piarc](http://www.flickr.com/photos/piarc)



**Jesús Díaz Minguela**  
Vicepresidente  
Asociación Técnica de Carreteras

**E**n un magnífico día de verano de febrero en Valencia, la Asociación Técnica de Carreteras ha organizado una Jornada sobre “SOLUCIONES SOSTENIBLES PARA CARRETERAS CON CONGLOMERANTES HIDRÁULICOS” en la *Universitat Politècnica*, a la que asistieron más de un centenar de técnicos.

En la misma, tras una pequeña reflexión sobre las ya clásicas técnicas de mejora de los suelos y del reciclado con cemento de las carreteras existentes, soluciones ambas absolutamente amigables con el medio ambiente, se analizaron dos técnicas diferentes de empleo del hormigón en firmes de carretera: los pavimentos de hormigón compactado con rodillo y los refuerzos delgados de hormigón con losas cortas. Mientras, se dio una pequeña pincelada para conocer cómo optimizar el consumo de recursos analizando todo el Ciclo de Vida de estos Firmes. Así, el sec-

tor de la carretera está viviendo un importante proceso de mejora de la sostenibilidad, avanzando hacia una economía circular, lo que supone, de una u otra manera, reutilizar todos los materiales empleados huyendo de las típicas soluciones de rehabilitación que obligan a acumular unas capas sobre otras.

Inicialmente, Ismael Ferrer, Ingeniero jefe de la Demarcación de Carreteras del Estado en la Comunidad Valenciana, nos aleccionó más sobre la importancia de la carretera en la sostenibilidad que sobre “LA IMPORTANCIA DE LA SOSTENIBILIDAD EN LAS CARRETERAS” (como se denominaba su presentación), debido principalmente al papel central de la carretera en la movilidad de personas y mercancías.

La relevancia de esta movilidad en el desarrollo sostenible, donde se requieren siempre procesos cíclicos y no lineales, ha quedado claramente

expuesta. El concepto de desarrollo sostenible y movilidad en el que intervienen personas, alianzas o prosperidad, afecta a todo nuestro planeta en el que debemos proteger los recursos y el clima para generaciones futuras.

Sin duda, la carretera va a seguir jugando un papel central en la movilidad en las próximas décadas. Por ello, tras una presentación de cifras que pone en relieve la importancia del transporte por carretera (superior al 87% de las personas y el 94% de las mercancías) o el porcentaje de energía consumida (solo el 1,1%), puso en relieve la necesidad de una estrategia sostenible (establecida en España en 2007) que abarque la sostenibilidad ambiental y el marco en el que España y Europa actúan (la Estrategia Europa 2020 y el Plan Estatal de Investigación para el Transporte y las Infraestructuras incluyen como objetivo integrar la innovación). Se re-

quieren carreteras eficientes, seguras y respetuosas con el medio ambiente y el paisaje (que generen menores emisiones contaminantes), pero siempre integradas en el conjunto total del transporte. En este camino ya se están dando importantes pasos, aplicando iniciativas orientadas a la sostenibilidad, como la coordinación intermodal, los carriles específicos BUS-VAO, el empleo en firmes de los neumáticos fuera de uso o cualquier residuo de otras industrias, las estabilizaciones con cemento de los suelos, las medidas de integración y los programas de vigilancia ambiental, los mapas de ruido o la técnica del reciclado de firmes. Pero debemos hacer mucho más, seleccionando las alternativas que den lugar a las menores emisiones y al menor consumo de materias primas, es decir debemos introducir los procesos de evaluación como son el análisis de ciclo de vida (ACV) y los costes de dichas alternativas (ACCV).

El desarrollo sostenible es un compromiso ineludible y tendremos que seguir trabajando en una concepción más integral de la carretera que, como dijo Ismael, ha jugado y seguirá jugando un papel fundamental.

Posteriormente, Rafael Rueda, Director del Área Levante del IECA, realizó ciertas "RECOMENDACIONES PARA LA ESTABILIZACIÓN Y MEJORA DE SUELOS CON CEMENTO Y PARA EL RECICLADO IN SITU CON CEMENTO DE FIRMES". Ambas técnicas son similares, pero mientras que la primera persigue el aprovechamiento de los suelos existentes en la traza, la segunda busca el aprovechamiento de las carreteras (no hay que olvidar que la red de carreteras es el mayor depósito de áridos que tiene un país y con esta técnica "lo que es de la carretera se queda en la carretera").

Al analizar los estabilizados expuso las ventajas técnicas (destaca que se logran mezclas durables de alta capacidad de soporte), medioambientales (es la única técnica que la



Inauguración de las Jornadas a cargo de (de izquierda a derecha): Ismael Ferrer, Ingeniero jefe de la Demarcación de Carreteras del Estado en la Comunidad Valenciana, Eugenio Pellicer Armiña, director de la EICCP de la UPV y Jesus Díaz Minguela, director técnico de la Jornada

normativa permite en el caso de suelos inadecuados o marginales lográndose cierta integridad paisajística) y económicas (especialmente por los altos rendimientos que se logran), repasó la normativa (a los suelos mejorados con cemento o cal SEST-1 y SEST-2 se les exige capacidad de soporte mediante el índice CBR y a los suelos estabilizados con cemento SEST-3 se les exige cierta resistencia), la historia de las estabilizaciones (las primeras aplicaciones datan de 1962 en los caminos del antiguo IRYDA llamado entonces Instituto Nacional de Colonización) y citó posteriormente un gran número de campos de aplicación como caminos, carreteras, aeropuertos, plataformas portuarias, plataformas del ferrocarril o del tren de alta velocidad, cimentaciones de grandes estructuras, presas o incluso parques termosolares.

Además expuso otras características, que están incluidas en el PG-3, para que el estabilizado quede correctamente realizado y cerrado sin segregaciones como el tamaño máximo del árido (inferior a 80 mm) o el contenido de finos, terminando este campo con las estabilizaciones mixtas, cal más cemento, donde explicó para que se utiliza cada conglomerante.

Respecto a la técnica del reciclado, Rafael indicó que consiste en una

técnica de rehabilitación de firmes que permite mejorar la capacidad de soporte del mismo y aunque suele hacer milagros, no corrige otros problemas debidos a otras razones como los correspondientes a un mal drenaje. Tras un análisis de la normativa (el Ministerio de Fomento ha publicado la Orden Circular 40/2017 con los nuevos capítulos de reciclado del PG-4), la historia de esta técnica (comentó varias publicaciones como el originario Manual IECA de firmes reciclados in situ con cemento de 1999) o la ley de fatiga y cálculo de secciones obtenida en la tesis doctoral del que suscribe, recomienda evitar segregaciones con un contenido mínimo de mortero o finos (aportados si es necesario), respetar bien el plazo de trabajabilidad y la ejecución de las obras (barriando bien la superficie al terminar). Por último, destacó las etapas del reciclado diferenciando entre las etapas previas y las de ejecución de las obras, así como el control de las mismas, para finalizar marcando la importancia y dependencia en este tipo de unidades de la densidad, la resistencia del material y el espesor de la capa.

Tras el famoso dicho de los masai "la tierra no la heredamos de nuestros padres, sino que la tomamos prestada para nuestros hijos" citado por Is-

mael Ferrer y bajo la denominación de "ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA DE LOS FIRMES (ACVF) Y SUS COSTES (ACCV)", Marcos Perelli y Laura Parra, ambos del Centro de Estudios del Transporte CEDEX, nos han comentado que los ACV y ACCV son herramientas de evaluación que pretenden abarcar todas las fases del bien y permiten comparar varias opciones para seleccionar la más conveniente desde el punto de vista medioambiental o económico. Tras analizar la normativa existente, las etapas, impactos principales y comentarnos las incertidumbres en el proceso debido a la subjetividad inherente, destacan la complejidad que hay en carreteras para definir la unidad funcional y poder así comparar dos estudios distintos. La mayoría de las metodologías existentes se circunscriben únicamente al firme y no cubren la totalidad de las etapas de su ciclo de vida.

Laura, tras indicar los tres pilares de la sostenibilidad (el social, el económico y el medio ambiental), se plantea como llevar una contabilidad en estos campos, es decir, cómo se pueden medir los impactos, indicando que los ambientales se pueden medir con el Análisis de Ciclo de Vida, el económico, por el de sus costes (ACCV) pero los impactos sociales solo pueden medirse en el ámbito académico.

Tras un análisis DAFO de fortalezas y debilidades, indica que se trata de un camino que no resultará fácil, pero sí que es necesario.

Marcos posteriormente aplica el ajuste al caso de las carreteras, indicando que requieren dicho estudio porque no hay dos carreteras iguales, analizando el ciclo de vida del firme desde la cuna hasta el momento en el que se aplican las técnicas de rehabilitación o el cambio de uso (fin de vida). Diferencia entre las fases de construcción y explotación o uso (que según la categoría de tráfico, serán unas u otras las causas que más influye en las emisiones de efecto

invernadero), requiriéndose más impactos que los utilizados clásicamente.

Además deben considerarse los costes de administración que deben ocupar todos los costes asumidos por terceros y no solo los de construcción. Se deben analizar las etapas constructiva, de mantenimiento y de uso (sin omitir la resistencia a la rodadura, la carbonatación del hormigón, la lixiviación, el desgaste de los neumáticos o el albedo y no solo el consumo de combustible de los vehículos), así como considerar la etapa de fin de vida que coincide con el momento en que la carretera sea rehabilitada, reciclada o remplazada por otra nueva.

Rápidamente y apremiado por el tiempo, pasó por encima de las herramientas, aplicaciones (ya hay una Declaración Ambiental de Producto DAP para un tramo de carretera), la normativa disponible, el etiquetado ambiental, la contratación pública verde o ecológica y el marco jurídico, para finalizar con las actividades medioambientales de la ATC: en breve se publicará una monografía del estado del arte del análisis ambiental y de costes del ciclo de vida de firmes y pavimentos, estando programada una jornada específica al respecto para noviembre de este año 2018.

Posteriormente, José María Merino y Carlos Tarín de Cemex España

Operaciones nos han presentado diferentes aplicaciones de "PAVIMENTOS DE HORMIGÓN COMPACTADO CON RODILLO EN VIAS DE BAJA INTENSIDAD DE TRÁFICO", en las que España hay importantes experiencias en los años 80 y 90. En palabras del propio Jose María "son aplicaciones de soluciones viejas para tiempos nuevos".

Para iniciar, son planteadas las razones que harán que este tipo de hormigones sean ampliamente utilizados en el futuro, destacando la rapidez de colocación, el coste competitivo, que no lleva armadura, su inmediata apertura al tráfico, que resulta reciclable y además es durable. Se trata de un material polifacético pues comparte características con los hormigones vibrados, con los suelos y con el asfalto.

Tras presentar sus ventajas y principales características, entre las que destaca la posibilidad de fabricación en cualquier tipo de planta (centrales continuas, discontinuas, dosificadoras e incluso de asfalto como se ha utilizado en un camino en El Ejido en Almería), la puesta en obra con cualquier extendidora de mezcla bituminosa (destacando las dotadas de equipos que logran precompactar) o el corte de juntas (pudiéndose realizar en fresco con soft-cut o tras el inicio de fraguado del hormigón), dio un repaso a las alternativas de



Laura Parra y Marcos Perelli, mostraron una visión del necesario "Análisis de ciclo de vida de los firmes (ACVF) y sus costes (ACCVF)"

dimensionamiento (indicando que la desaparición en la normativa se debe a los problemas ocasionados por el inadecuado tratamiento de la juntas) y a las aplicaciones. Entre estas, destacan su empleo en aparcamientos, aéreas para el autobús, carreteras y refuerzos cubriendo todos los campos posibles desde caminos y vías ciclistas hasta accesos para vehículos pesados, puertos, naves, áreas logísticas, áreas de servicio, bases de polígonos industriales y un largo etcétera de aplicaciones.

Carlos comentó al final una experiencia local de construcción de un vial de hormigón compactado para vehículos pesados en la fábrica de cemento de Alicante. Con un tráfico de unos 500 vehículos pesados al día, la solución empleada consiste en 23 cm de hormigón compactado HC33 (de 33 Mpa de resistencia a flexotracción) sobre diferentes apoyos (10 cm de HC20 sobre zahorra o la carretera existente). Para tráficos medios y ligeros se han aplicado 13+13 cm de HC33 y 16 cm de HC20 respectivamente. El resultado hasta la fecha (1 año desde su realización) es magnífico.

Por último, Sergio Carrascón, Coordinador WG3 Pavimentos de Hormigón del CEN TC227, nos ha presentado la comunicación "REFUERZOS DELGADOS DE HORMIGÓN SOBRE TODO TIPO DE CARRETERAS. EXPERIENCIAS ESPAÑOLAS" centrándose en las cuatro rotondas que, para tráfico muy pesado (categoría T00, el Ministerio de Fomento ha pavimentado en la N-II en la Junquera. En este proyecto de rehabilitación estructural del firme, y tras el deterioro del pavimento que los camiones realizaron tras los 3 proyectos precedentes de rehabilitación con mezcla bituminosa llevados a cabo en los últimos 15 años, se utilizó la técnica de losas cortas de hormigón (de 2,25 a 2,5 m). Se trata de la pavimentación de estas glorietas con un espesor de 12 cm de hormigón de resistencia a flexotracción de 5 MPa, al que se le



Jose María Merino, gerente de pavimentos e infraestructuras de CEMEX España Operaciones, Jesus Díaz Minguela, director técnico de la jornada y vicepresidente de la ATC e Ismael Ferrer, Ingeniero jefe de la Demarcación de Carreteras del Estado en la Comunidad Valenciana, durante la lectura de conclusiones y clausura de la Jornada

añadieron 4 Kg/m<sup>3</sup> de fibras estructurales plásticas de 25 mm de longitud. Ante las dificultades para lograr la topografía necesaria en cada punto de las glorietas, el hormigón se extendió a mano en lugar de con laser como estaba previsto, terminándose con un cepillado final como textura.

Entre las conclusiones prácticas destaca:

- La necesidad de disponer más de 9-10 cm de espesor de hormigón en estos casos de tráfico muy pesado.
- El empleo de fibras estructurales cortas (dimensiones de 25 mm no crean problemas)
- El serrado de losas cortas de no más de 2,25 - 2,50 m de longitud.
- El serrado de al menos la mitad del espesor de la capa

Finalmente Rafael Rueda expuso y comentó diferentes obras de refuerzo delgado de hormigón realizadas en esta Comunidad (muchas de ellas con solo 8 cm), destacando:

- Plataforma reservada para el TRAMP en Castellón
- Refuerzo de hormigón adherido en el boulevard de Peguera en Calviat (Mallorca)
- Refuerzo de hormigón sobre hormigón de calles en Beniparrel (Valencia).

- Pavimento desactivado en la remodelación de la calle Tord en Marratxi (Mallorca)

Entre la documentación se entregó también el *Manual de estabilización de suelos con cemento o cal* publicado entre ANCADE, ANTER e IECA.

La jornada tuvo el objetivo de analizar en detalle las posibilidades que ofrecen todas estas técnicas en las que se emplean conglomerantes hidráulicos, obteniendo soluciones suficientemente contrastadas que pueden constituir una respuesta adecuada frente a cualquier situación. Confío en que los asistentes recibieron suficiente información y una alta perspectiva del amplio abanico de posibilidades que ofrecen las diferentes técnicas que emplean conglomerantes hidráulicos en firmes de carretera y los criterios necesarios de sostenibilidad que pueden constituir una respuesta adecuada frente a cualquier situación, logrando soluciones de rodadura cómoda, segura y confortable.

Agradeciendo a los patrocinadores (Cemex, Eiffage y Lafarge-Hocim), a la Universidad Politécnica de Valencia su colaboración se dio por concluida esta jornada de la ATC con el ánimo de volvernos a encontrar próximamente en otra nueva jornada. ❖



El pasado 6 de marzo de 2018, en el Centro de Estudios y Técnicas Aplicadas, CETA (CEDEX), C/ Alfonso XII, nº3 de Madrid, tuvo lugar esta Jornada organizada por la ATC; contó con la asistencia de unas 240 personas, aforo completo, entre profesionales y técnicos de la materia.

Comenzó el programa técnico con la presentación, por parte de D. José Trigueros, director del CEDEX, D. Jesús Santamaría, director técnico de la DGC y D. Alvaro Navareño, presidente del comité de puentes de ATC. Señalaron que hacía ya 5 años desde que se celebraron unas jornadas sobre adaptación de sistemas de contención en puentes, y que fruto de la experiencia acumulada en este tiempo surgía la necesidad de organizar las presentes jornadas. Dieron la bienvenida y las jornadas quedaron inauguradas tras unas breves palabras.

La charla inaugural estuvo a cargo de D. Carlos Azparren, de la Dirección General de Carreteras del Mº de Fomento, y versó a cerca de “considera-

ciones sobre los sistemas de contención en puentes y su marco normativo”. Su exposición trató sobre aspectos normativos y presentó además una serie de videos relativos a ensayos a escala real de sistemas de contención, donde se apreciaba la funcionalidad y eficacia de algunos sistemas. Acabó concluyendo que los sistemas de contención deben ensayarse, inevitablemente, y deben poseer el marcado CE. Además el sistema comprende la parte superior o parapeto visto, el anclaje y el zócalo sobre el que se ancla. Además de esto, para colocarlos en las carreteras del estado es preciso que cumplan los requisitos del artículo 704 del PG3.

### Sesión 1

Estuvo moderada por D. Roberto Llamas, Coordinador de seguridad vial de la DGC, y dedicada a la seguridad vial y pretilos de puentes.

En primer lugar D. Miguel Arranz, de AECOM, expuso su ponencia sobre “auditorías de seguridad vial en puen-

tes”. Señaló que es precisa una visión global de la seguridad vial, desde la fase de proyecto. Además indicó una serie de aspectos que se contemplan prioritariamente en las auditorías de seguridad vial, como son: la anchura de trabajo y la deflexión dinámica, la transición de los sistemas de contención, la longitud mínima, así como los sistemas de protección de motociclistas si los hay. Finalmente comentó que las auditorías de seguridad no son una comprobación de la normativa, sino que van más allá de su estricto cumplimiento.

A continuación, Dña. Sandra Sanchís, de INDUSTRIAS DUERO, trató sobre “fabricación de pretilos de puentes”. Su presentación trató sobre el proceso de diseño y sobre los requisitos que deben cumplir los pretilos. Fundamentalmente unas “Normas de producto”, la norma UNE EN1317, incluyendo las tareas para el marcado CE para comercializar el producto, y unos “Criterios de implantación”, entre ellos la orden circular 35/2014 y el artículo 704 del PG3.

A continuación tuvo lugar una primera mesa redonda bajo el título "El mercado CE en sistemas de contención de estructuras" con D. Gonzalo Arias como moderador; y participantes D. Antonio Amengual (de Road Steel Engineering SL), D. Josep Antonijuan (de GLS), D. Sergio Corredor (de SIMEPROVI) y D. Roberto Llamas (de la DGC). El moderador lanzó varias preguntas a la mesa.

La primera de ellas, sobre la longitud, mínima de los ensayos, en relación con puentes de poca longitud donde es precisa su instalación. Los participantes, señalaron que ensayar longitudes de sistemas menores de 20m es prácticamente imposible, por longitud y características de los vehículos y los propios ensayos. Y señalaron en este sentido que es necesario realizar una transición cuidadosa y gradual entre el sistema de contención del puente y el existente en la carretera, fuera del puente. No hay actualmente en España una norma sobre dicha transición. Está en desarrollo una norma experimental a nivel europeo, que probablemente para 2019 vea la luz. Si bien en Francia, por ejemplo, ya hay alguna certificación de algún tipo de transición.

La segunda cuestión fue si se estaba usando el ensayo propuesto en el anexo 2 del documento editado por la ATC en 2013 "Adecuación de sistemas de contención a puentes existentes". Sergio Corredor y Antonio Amengual señalaron que sí, si bien es un ensayo puntual, de la zona, pero no del sistema completo o entorno.

Tras esta mesa redonda hubo un descanso para el café.

## Sesión 2

Estuvo moderada por D. Joaquín Moraleda, subdirector adjunto de Proyectos de la DGC, y dedicada al Proyecto de Sustitución o Nuevos Pretiles.

D. Tomas Ripa, de la empresa LRA, trató sobre "el proyecto de sustitución de pretiles". Empezó señalando, en primer lugar, que para realizar una actuación de sustitución de un pretil por otro sistema con marcado CE debería



Inauguración de las Jornadas a cargo de (de izquierda a derecha): D. Jesús Santamaría, director técnico de la DGC, José Trigueros, director del CEDEX y D. Alvaro Navareño, presidente del comité de puentes de ATC y director técnico de la Jornada.

ser necesario realizar un proyecto. Insistió durante su ponencia que los proyectistas debían conocer las fuerzas del impacto, derivadas de los ensayos a escala real y que los fabricantes tendrían que señalar cómo se han obtenido las cargas. Por un lado, se podrían conocer las fuerzas máximas con el ensayo de péndulo, también las medidas reales en pista, pero además sería bueno tratar de obtener la resistencia en dirección transversal y longitudinal al eje del pretil. Propuso la idea innovadora de realizar algunos ensayos en pista con los anclajes "debilitados", al objeto de conocer el comportamiento del vehículo ante esta nueva configuración del sistema, e investigar así en el conocimiento teórico del funcionamiento de los sistemas. Señaló también que es importante el "buen juicio del proyectista" y que éstos puedan realizar las comprobaciones de los anclajes del sistema tanto a nivel puntual, como a nivel global en la estructura; puesto que resulta fundamental en puentes existentes que no haya un colapso del tablero de la zona del impacto.

D. Gonzalo Arias, de la empresa INES, trató sobre "la durabilidad de pretiles. Incidencia de la vialidad invernal en pretiles". Sobre durabilidad en pretiles metálicos, señaló que estos deben estar galvanizados, con especial énfasis en las zonas de importante vialidad invernal. Presentó un estudio de costes de reparación de pretil metálico,

mediante tratamiento anticorrosión in situ, desmontaje y galvanización en caliente en taller, o sustitución de nuevo pretil. Determinando que para determinados niveles de contención son comparables varias alternativas en coste. En cuanto a los pretiles de hormigón, señaló que el hielo y deshielo y la adición de fundentes, NaCl, en las carreteras, con cordones de nieve en bordes de carriles, dañan a los pretiles de hormigón. Se produce un descascarillado y fisuración interna que progresa con el tiempo. Hizo hincapié durante toda su presentación en la protección del zócalo, o base de anclaje de hormigón, que alberga al pretil, ya que está igualmente expuesto a los agentes climáticos, como requisito para que todo el sistema sea duradero (no solo la parte visible del pretil)

D. Ignacio Pulido, de la empresa IDEAM, habló sobre "el proyecto de nuevos pretiles". Presentó un interesante estudio sobre elección de sistema de contención en las principales carreteras de la península, en función del tráfico, señalando que en general los puentes necesitan niveles de contención H3 y H4b. En carreteras secundarias, con bajo tráfico, en cambio sería necesario H2. Sin embargo, matizó que en los casos de accidente muy grave (OC35/2014) el supuesto "eventualmente" queda muy abierto, y parecen supuestos lógicos para accidentes muy graves. Expuso la gran variedad de sis-

temas y detalles de anclaje. Señaló que las administraciones debieran proponer la realización de “detalles tipo de anclaje” al modo de “usb” con la idea de que en un futuro resulte más sencilla la adaptación a futuros sistemas, sustitución y la revisión o la colocación de nuevos pretiles. Indicó que deberíamos ir a sistemas que transmitan el menor esfuerzo posible a los tableros. Habló también de la problemática de las longitudes de instalación y anclajes en zonas de estribos y losas de accesos.

D. Francisco Gonzalez, de la empresa BETAZUL, trató sobre “anclajes químicos para la instalación de nuevos pretiles”. Señaló que había dos tipos iniciales de anclajes, mecánicos y adherentes (a su vez, cementosos y químico). Distinguió las fases del anclaje químico: perforación, limpieza, introducción de la resina, introducción de la barra. Habló de su experiencia con el anclaje de barras en hormigón endurecido. Expuso un estudio experimental que había realizado de las condiciones de ejecución de los anclajes, con 348 anclajes ensayados. Las principales conclusiones fueron, que en hormigón vibrado, al anclaje presenta mayor carga máxima, pero menos desplazamiento que en hormigón autocompactante. La mejor herramienta para perforar es el martillo de aire, frente al martillo eléctrico de barrena, y a la máquina de corte con corona de diamante. El diámetro casi no afecta a la carga, pero sí al desplazamiento, que es mayor si aumenta proporcionalmente. La resina epoxi pura presenta los mejores resultados frente a resina epoxi-acrilato y mortero cementoso, siendo además el material adhesivo menos afectado por otras variables.

Terminó la sesión con una segunda mesa redonda, moderada por D. Javier León, profesor de la ETSICCP UPM, con los ponentes: D. Santiago Rodón (de Autopistas), D. Antonio Amengual (de Road Steel Engineering SL), D. Sergio Corredor (de SIMEPROVI), D. Tomás Ripa (de LRA), y D. Alberto de Prado (de CI-DAUT). El moderador lanzó las siguientes preguntas: ¿ha habido muchas sali-

das, golpes o accidentes en puentes de carretera o autovías? ¿hay estadísticos? Santiago Rodón señala que sí han tenido accidentes con golpes en sistemas de contención, aunque no se tiene una estadística tan precisa en tableros de estructuras. Recuerda algún vuelco en carretera, pero el sistema de contención la contuvo. Sergio Corredor, señala que en el comité europeo CTN 135, no se trabaja con estos datos tampoco, e indica, que en España no hay muchos pretiles que fallen por su nivel de contención. Antonio Amengual, indica que no conoce estadísticos, pero que hay países donde cualquier ensayo se considera válido para cualquier anclaje diseñado. Alberto de Prado, hace un inciso, y comenta desde su experiencia en España, que según cada fabricante, se elige ensayar en un pequeño “voladizo” o sobre “muro”. Lo cual condiciona en gran medida la rigidez del sistema, y la colocación de los postes que finalmente dictamine cada fabricante.

La siguiente pregunta fue, ¿piensa el fabricante en el tablero?

Antonio Amengual señaló que sí deberían pensar en la estructura, y que la losa debe estar descrita y documentada por cada fabricante, en donde se ensayó. Indica que el fabricante debe ser responsable del parapeto visible del pretil, del anclaje y de la losa al mismo tiempo. Alberto de Prado indica que la Norma de ensayo no dice nada sobre el zócalo del ensayo.

La última pregunta es sobre si ¿son representativas las pistas de ensayos?

Tomás Ripa indica que todos los tableros de puentes no se pueden modelizar y que por ello se necesita saber las fuerzas del impacto procedentes del ensayo del fabricante y conocer las características de los zócalos sobre los que se ensaye.

¿Se concibe alguna otra forma de anclar el pretil? ¿Se puede descontextualizar el cálculo del anclaje?

Tomás Ripa señala que no se debe proyectar empíricamente y se deben entender los mecanismos resistentes. Javier León prioriza la comprensión del fenómeno físico frente al empirismo.

Antonio Amengual señaló que es facultad del fabricante calcular el mecanismo del anclaje, que es inherente al pretil. Tomás señaló que sin embargo si cabría la opción de calcular el zócalo, no el anclaje.

Posteriormente hubo tiempo para el almuerzo.

### Sesión 3

Estuvo moderada por D. Emilio Criado, de la Subdirección de Conservación de la DGC, y dedicada a la exposición de experiencias en sustitución de sistemas de contención en puentes.

A continuación D. Antonio Ruiz-Roso, de la DGC, Demarcación de Extremadura, habló sobre “La sustitución de pretiles en el viaducto de la A-5 en Mérida”.



La Jornada fue un éxito de asistencia entre los profesionales del sector con 240 asistentes, aforo completo.



Se trata de un puente de 550 m de longitud, situado sobre el río Guadiana en la ciudad de Mérida. Se planteó colocar un pretil de mayor seguridad, puesto que había antecedentes de accidentes. Al tener el tablero armadura insuficiente en zona de borde y cara superior de losa se planteó el refuerzo de tablero, mediante hidrodemolición de borde de tablero y parte de la losa. El desvío de tráfico se implantó en el tablero gemelo, libre de la obra. Los problemas ambientales surgidos durante la obra fueron destacables, al existir una especie de aves protegidas que anidaban bajo los faldones del pretil antiguo. Por lo que hubo que adoptar medidas de protección ambiental durante las obras.

D. Roberto Inés, de la DGC, Demarcación de Castilla León Oriental, en su ponencia sobre "la problemática de pretilos en la RCE en Burgos". Expuso tres casos de problemática de pretilos. El primero de ellos, un tramo interurbano en Burgos, con varios kilómetros de reciente construcción con pretilos metálicos sin galvanizar. Al tratarse de una zona con frecuentes tratamientos de vialidad invernal, los pretilos presentan abundante corrosión. Se localizan también problemas de descascarillado y pérdida de material en el zócalo de hormigón. El segundo caso, es el de un puente urbano, de 5 vanos y muros de aproximación de gran longitud. Presentaba escasez de espacio para albergar la nueva viga de cimentación del pretil, y además había que resolver la conexión con los tramos contiguos de barrera doble onda.

El tercer caso fue el de un puente urbano de 1 solo vano, con losa de ensanche que albergaba una acera en mal estado. Presentaba un problema de espacio para situar el zócalo de cimentación entre acera y calzada, además la longitud del pretil era inferior a la mínima ensayada en los sistemas disponibles.

Dña. Belén Peña, de la DGC de la Comunidad de Madrid, expuso su ponencia sobre "la problemática de pretilos en la comunidad de Madrid". Hizo una presentación inicial sobre la red de carreteras de la comunidad de Madrid, y del parque de puentes, que tiene dividido por zonas geográficas. Indicó que tiene una longitud de pretilos de unos 35km. Expuso así mismo el plan estratégico que están poniendo en marcha para la reparación de estructuras en toda la red, basado en la licitación de una serie de contratos de servicio, que permitirán acometer estudios específicos de rehabilitación y efectuar las reparaciones correspondientes. Expuso también algunas experiencias en sustitución de algunos pretilos de puentes.

D. Enrique Arredondo, de la DGC, Demarcación de Madrid, en su ponencia sobre la "problemática de pretilos en puentes en la RCE de Madrid" hizo una descripción del número de estructuras que el Ministerio de Fomento tiene en las carreteras de Madrid, 631 estructuras con 70.291m de pretilos. Recalcó que la OC 35/2014 considera eficaces las instalaciones de sistemas de contención actualmente en vigor. La Demarcación de carreteras de Madrid ha realizado

una priorización de las estructuras con mayor déficit de contención y ha promovido la redacción de proyectos para sustituir sistemas en puentes existentes. Destacó la importancia de estudiar muy bien las afecciones al tráfico y los planes de obra para tratar de minimizar las afecciones. Expuso 4 casos prácticos de obras realizadas recientemente en la Demarcación.

D. Miguel A. Delgado, de la empresa TECYRSA en su exposición titulada "actuaciones de reparación de estructuras". Presentó las actuaciones realizadas en dos puentes: Viaducto del Hondón en la A-30 en Cartagena, Murcia; y Viaducto de Vilavella en la A-52 en Orense. Destacó la importancia en este tipo de obras de la hidrodemolición, de la necesidad de agua que conlleva, y de la generación de residuos que produce. Si la demolición se plantea parcialmente, facilita la recogida de los mismos, y la gestión de la obra.

D. Jose Diego Moar, de la empresa ORION, habló de "actuaciones de reparación de estructuras". Expuso algunos casos prácticos de obras: El viaducto de las Hedradas, en la A-52 en Zamora, estructura del paso superior en Olmedo en la A-6, viaducto de Ruitelán en Lugo y viaducto de Rontegi en Vizcaya; todos ellos fueron obras con sustitución de pretilos en puentes en servicio.

Por último el presidente del comité de puente de la ATC D. Alvaro Navareño clausuró la jornada agradeciendo a los asistentes la participación y esperando que la misma hubiese sido interesante y productiva. ❖

# JORNADA TÉCNICA

## MDSS. LOS SISTEMAS DE GESTIÓN DE VIALIDAD INVERNAL, UNA MEJORA POSIBLE



Madrid

22 de marzo de 2018

El pasado 22 de marzo de 2018, en el Salón de Actos del Instituto de la Ingeniería de España, C/ General Arrando, nº 38 de Madrid, tuvo lugar una Jornada Técnica organizada por el Comité de Vialidad Invernal de la ATC, sobre los sistemas de ayuda a la toma de decisiones en vialidad invernal (MDSS). Contó con la asistencia de unas 200 personas, entre profesionales y técnicos de la materia.

Las palabras de bienvenida corrieron a cargo de D. Jaime López-Cuervo, Subdirector General de Conservación de la Dirección General de Carreteras y versó acerca de la importancia que los trabajos para el mantenimiento de

la vialidad invernal tienen dentro del conjunto de la conservación de carreteras.

Tras estas palabras de bienvenida, dio comienzo la presentación de las distintas ponencias que conformaban el programa técnico.

En primer lugar Dña. Lola Núñez Boyano de FERROVIAL SERVICIOS, expuso su ponencia sobre el "NUEVO PROYECTO PILOTO MDSS DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS", en la que explicó el nuevo proyecto que la Subdirección General de Conservación pretende llevar a cabo en un tramo de Autovía, relativo a la implantación del sistema de ayuda a la

toma de decisiones de VAISALA (Navigator y Manager). Inició la ponencia haciendo una referencia al primer proyecto piloto que se llevó a cabo en los años 2010-2012 en la carretera A-1 (PP.KK. 12 al 76,5), haciendo un resumen sobre las distintas posibilidades que ofrecía el sistema en relación con la posibilidad de disponer de unas predicciones meteorológicas de alta resolución afinadas cada hora, recomendaciones de tratamiento concordantes con el Plan Operativo establecido para el tramo y la posibilidad de llevar a cabo simulaciones para optimizar los tratamientos. También se hizo referencia a los retos que

quedaron pendientes de resolver y la manera en que en el nuevo proyecto se tiene previsto acometer dichos retos. En el transcurso de la exposición se explicaron las distintas fases en las que se ha dividido el proyecto y como se va a acometer cada una de ellas.

A continuación, D. Manuel de Castro, Catedrático de Física de la Tierra en la Facultad de Ciencias Ambientales y Bioquímica de la Universidad de Castilla-La Mancha (ICAM-UCLM), trató sobre “LOS MODELOS DE PREDICCIÓN METEOROLÓGICA PARA LA VIALIDAD INVERNAL”. En su presentación sobre las predicciones meteorológicas explicó, que consisten en modelos numéricos que simulan la evolución del estado atmosférico a partir de un instante inicial.

El proceso operativo consiste en partir de unas condiciones globales, observaciones a escala global, que debidamente tratadas en el modelo numérico, permiten obtener predicciones meteorológicas como resultado. Los modelos utilizados pueden ser globales (Europa) o regionales (Península Ibérica: AEMET), generando predicciones operativas y de conjunto. La obtención de datos climatológicos locales y de las características térmicas en cada tramo de calzada, permiten ajustar las predicciones.

Para realizar los cálculos se divide el área a tratar en celdas, se calculan las variables para cada una de las celdas, la influencia entre ellas y se itera el proceso. La precisión del modelo depende del tamaño de la malla, el número de celdas consideradas y las variables analizadas. Lógicamente, cuanto mayor precisión se desee mayores requisitos de computación serán necesarios para lograr obtener el resultado del modelo con la antelación suficiente para que resulte de utilidad. Debido al número de cálculos necesarios, pequeños errores iniciales introducirán mayores desviaciones cuanto más a futuro sea la predicción.

Tras esta ponencia hubo un descanso para el café.

Dña. Salud Alonso, de METEOGRUP, en su exposición trató sobre



Inauguración de la Jornada a cargo de (de izquierda a derecha): Fernando Luis Martos, presidente de ACEX, Jaime López-Cuervo, subdirector general de Conservación de la Dirección General de Carreteras, Luis Azcue, director técnico de la Jornada y Alberto Bardesi, director de la ATC.

“METEOROLOGÍA EN VIALIDAD INVERNAL. MDSS-METEOGRUP”. Empezó señalando los factores a considerar en vialidad invernal, siendo la formación de heladas, hielo negro y escarcha, así como la acumulación de precipitación sólida, los factores meteorológicos más relevantes; mientras que los factores no-meteorológicos a considerar son las condiciones de contorno (tipo y espesor de pavimento, tipo de suelo bajo pavimento, viaducto, etc.), al dar la respuesta térmica del pavimento por sus características de entorno.

Señalo la importancia de obtener un mapa térmico, que nos permita conocer la respuesta térmica del pavimento en profundidad. Su obtención se realiza mediante un vehículo que lleva instalado un sensor de infrarrojos y un termo-higrómetro, con el fin de medir, la temperatura de la superficie del pavimento y la temperatura y humedad del aire; el vehículo cuenta así mismo con GPS para poder posicionar cada punto de medida.

Las condiciones meteorológicas adecuadas para la medida del mapa térmico son: día previo con cielos poco nubosos o despejados y noche de medida con cielos despejados, siendo necesario que toda la red esté bajo las mismas condiciones meteorológicas, para poder comparar unos puntos de la calzada con otros. Es necesario tener en cuenta que la presencia de nubosidad nocturna a la hora de trazar el mapa térmico hace,

que no todas las zonas presenten las mismas condiciones para la medida y que las características térmicas de la superficie se sean más homogéneas.

El sistema MeteoGrup aplicado a la vialidad invernal (MG-DSS) permite la transformación del pronóstico meteorológico en una decisión de actuación, permitiendo tomar decisiones objetivas, teniendo en cuenta todos los factores, posibilidad o no de formación de heladas, presencia residual y ventana temporal óptima para realizar las tareas preventivas/curativas, considerando como objetivo conseguir una reducción de costes y la realización de los trabajos con garantía de éxito.

D. Miguel Martínez Rodríguez, de la empresa GEONICA, trató sobre “SAFE ROAD. INFORMACIÓN METEOROLÓGICA PARA LA SEGURIDAD EN CARRETERA”. Presentó la compañía y los diferentes sectores cubiertos por los sistemas y soluciones de GEONICA, haciendo especial hincapié en los sistemas de información meteorológica de carreteras (RWIS), elemento clave de ayuda para la toma de decisiones MDSS, sistemas automáticos de difusión de fundentes para prevención de formación de hielo, mini radares meteorológicos y soluciones para la seguridad vial.

Posteriormente, Dña. Florence Girardeau, de la empresa VAISALA, apoyada por D. José Joaquín Lobo, de la empresa DNOTA, presentó primeramente la compañía, para continuar

su exposición hablando sobre el DSS manager Software.

El Sistema permite mejores prácticas en mantenimiento invernal (plazos de tratamientos, selección de material y evaluación de escenarios y su revisión), medida del rendimiento y reducción de costes de mantenimiento. Gracias a su implantación se consigue en materia de seguridad una reducción de accidentes, en movilidad al mantener un Grip más seguro y una mejora en la economía al conseguir un tráfico fluido de mercancías por carretera.

D. Marc Jansen, de la empresa DMI-AEBI SCHMIDT, expuso la ponencia "DMI, SISTEMA DE GESTIÓN DE AYUDA A LA VIALIDAD INVERNAL EN HOLANDA", al no poder asistir D. Rini Donker del Ministry of Infrastructure and Water Management, por problemas de última hora.

En esta presentación se expuso la sistemática que se lleva a cabo en los Países Bajos, para la ejecución de los trabajos para el mantenimiento de la vialidad invernal. Su presentación comenzó haciendo referencia a la singularidad que presentan los Países Bajos por encontrarse bajo el nivel del mar, hecho que sin duda afecta en el mantenimiento invernal.

La red está formada por 3.300 Km de autopistas, 850 Km de carreteras secundarias principales y 326 Km de carriles bici. En lo que respecta al mantenimiento invernal, su organización está estructurada en un primer nivel alrededor de un equipo nacional que realiza las labores de investigación y definición de las líneas maestras, licitación de contratos, responsabilidad general de los trabajos y definición del equipamiento especial a disponer. En el segundo escalón existe un equipo regional que lleva a cabo la operación del día a día del mantenimiento invernal y la operativa de los tratamientos. El siguiente escalón se establece a través de los coordinadores, a los que corresponde la toma directa de decisiones y la coordinación en la ejecución de los tratamientos curativos. Por últi-

mo, se establece un equipo de inspectores que controlan la ejecución de los trabajos.

El sistema establecido utiliza dos sistemas en la ejecución de los trabajos para el mantenimiento invernal. Por un lado el sistema para la gestión de los fundentes: seguimiento en vivo del esparcido, comprobaciones automáticas basadas en indicadores de rendimiento, facturación al contratista, cuestiones legales, etc. Y por otro lado, el sistema automático de extendido de fundentes mediante GPS, que proporciona el guiado del conductor, el ajuste automático de los esparcidos de forma que los tratamientos son siempre idénticos, sin que influya el factor humano.

Según expuso, en la ejecución de los trabajos se aplica el principio PDCA (Plan-Do-Check-Act), como estrategia de calidad. Su espiral de mejora continua requiere de la observación de los resultados obtenidos y conduce a una mejora de la calidad, reducción de costes y aumento de la rentabilidad.

La planificación (Plan) se basa en los índices de rendimiento (KPI's), siendo necesario que los equipos regionales antes de la estación invernal establezcan estos índices, e introduzcan en el sistema de gestión de fundentes los diferentes escenarios posibles, considerando la periodicidad de cada tipo de tratamiento, dosificación y velocidad del esparcido.

En la fase "Do", el coordinador inicia la actuación y selecciona el escenario, área de actuación, y la dosificación, ejecutándose los tratamientos correspondientes. Es posible monitorizar en tiempo real las vías que están siendo tratadas, la duración, la dosificación, la velocidad, etc., y por tanto verificar la actuación realizada, mediante análisis basados en el tiempo, comprobando que el fundente se esparce dentro de los márgenes de tiempo establecidos por contrato, y el área tratada, dado que el coordinador puede verificar sobre un mapa las zonas no tratadas, fase "Check".

Por último, en la siguiente fase, "Act", se procede a aprobar la actuación ejecutada y a determinar el importe de los trabajos realizados.

Con este proceso, ciclo PDCA, se busca una continua mejora del mantenimiento de la vialidad invernal y del control de las actuaciones llevadas a cabo.

Terminó la sesión con un interesante coloquio, moderado por D. Luis Azcue, presidente del Comité de Vialidad Invernal, en el que se produjeron distintas intervenciones por parte de los asistentes.

Por último se procedió a la clausura de la Jornada agradeciendo a los asistentes su participación y esperando que la misma hubiese sido interesante y productiva. ❖



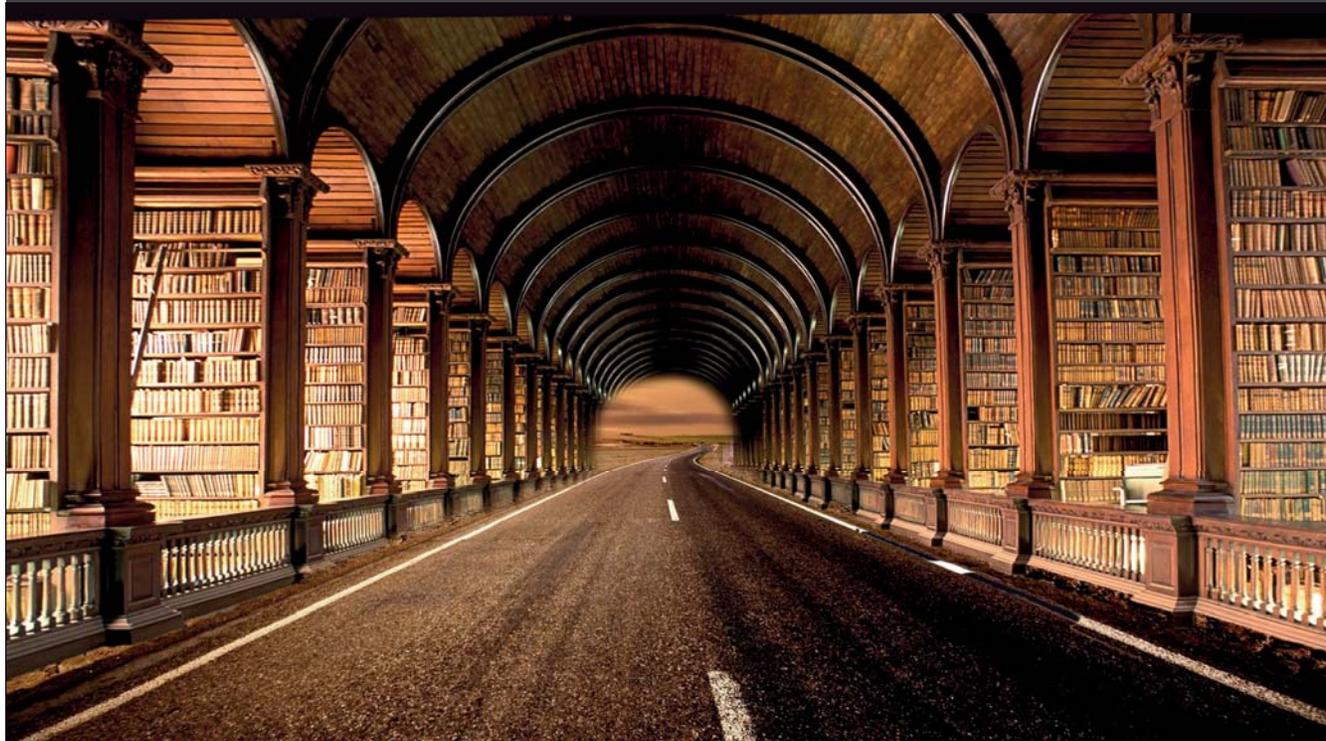
La Jornada completó el aforo con más de 200 personas inscritas. En la imagen, Marc Jansen durante su intervención.

# PRÓXIMOS EVENTOS ATC

La Asociación Técnica de Carreteras tiene previsto para el año 2018 los siguientes eventos:

- **V Premio “Sandro Rocci” para Jóvenes Profesionales.**
- **Jornada Técnica “Carreteras 2+1, una solución con futuro. Homenaje a Sandro Rocci”**  
Madrid, 26 de abril
- **XV Jornadas de Conservación de Carreteras**  
Valencia, 22 al 24 de mayo
- **Jornada Técnica Túneles. Concepción y Ciclo de Vida, un Enfoque Integral**  
Madrid, 12 de junio
- **Simposio Nacional de Firms**  
Madrid, 16 al 18 de octubre

“EL SABER NUNCA HA ESTADO TAN CERCA”



Descubre más en nuestra web:  
[www.atc-piarc.com](http://www.atc-piarc.com)

# V Premio “Sandro Rocci” para Jóvenes Profesionales

En su V edición, el Premio Jóvenes Profesionales toma el nombre Premio “Sandro Rocci”, en reconocimiento a uno de los ingenieros españoles de mayor prestigio y que con mayor entusiasmo dedicó su tiempo a la Asociación Técnica de Carreteras



La Asociación Técnica de Carreteras, Comité nacional español de la Asociación Mundial de la Carretera, convoca un concurso abierto a los jóvenes profesionales que manifiesten un interés en el sector de la carretera y de los transportes.

La finalidad de este premio es promover la realización de trabajos técnicos por los profesionales jóvenes que trabajen dentro del sector de la carretera en cualquiera de los campos de interés de la Asociación Técnica de Carreteras (ATC) y de la Asociación Mundial de la Carretera.

Se crea este distintivo como premio para trabajos realizados por jóvenes profesionales, con el objeto de contribuir a fomentar el interés y la especialización de las nuevas generaciones en el ámbito de la tecnología de carreteras, así como el desarrollo de nuevas ideas en esos campos. También se pretende incentivar la participación de los jóvenes en las actividades de la ATC

Para poder optar a esta distinción se requiere ser titulado universitario, con nivel mínimo de Grado o similar; tener una edad inferior a 35 años a

fecha 1 de enero del presente año; ser socio de la ATC o ser presentado por un socio; además se deberá ser español o haber desarrollado, al menos durante los últimos 5 años, la actividad en territorio nacional.

Se entregará un diploma y el premio estará dotado con una gratificación económica de 3.000 € brutos, una afiliación gratuita durante un año a la Asociación Técnica de Carreteras, y la publicación del trabajo en la Revista RUTAS

Bases del concurso en nuestra web:

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

# JORNADA TÉCNICA

## “CARRETERAS 2+1

### DEBATE DE UNA SOLUCIÓN CON FUTURO”



Históricamente la demanda de tráfico en las vías interurbanas se ha venido resolviendo en nuestro país mediante dos soluciones de diseño: la carretera convencional y la autovía (hoy en día con plenas características de autopista). Esta polarización de las alternativas provoca una importante discontinuidad de las prestaciones para los usuarios de ambas vías, y muy especialmente en los niveles de seguridad. De forma semejante, los costes de construcción también resultan muy diferentes.

Sin embargo, existen hoy en día soluciones técnicas suficientemente contrastadas que pueden constituir una respuesta adecuada frente a situaciones intermedias. Tal es el caso de las que se han venido a denominar “carreteras 2+1”, donde sobre la base de una carretera convencional se incorporan carriles adicionales de adelantamiento y se puede establecer una separación física de los sentidos de circulación.

Desde el punto de vista de la demanda, los tramos de carretera 2+1 pueden cubrir un rango de IMD entre los 7.000-25.000 v/d. En consecuencia, esta nueva solución

permite extender la oferta de una carretera convencional, sin necesidad de llegar a acometer necesariamente la conversión en autovía.

Desde el punto de vista de la seguridad vial, las vías interurbanas acumulan casi el triple de víctimas mortales que las urbanas, siendo la carretera convencional la que concentra de forma amplia el mayor número de fallecidos y, donde más del 25 % de estos, están asociados a choques frontales y fronto-laterales. En los tramos de carretera 2+1 se puede llegar incluso a suprimir completamente la maniobra de adelantamiento con invasión del carril contrario, por lo que resulta evidente, además de ya contrastada, la mejora de seguridad.

Por otro lado, la necesidad de un mejor aprovechamiento de los recursos disponibles, o la ocupación, también obliga a explorar esta nueva solución. Bien planificada, la inclusión de tramos con carriles adicionales de adelantamiento permite actuar de forma progresiva sobre un corredor. Sin embargo, se trata de una solución que debe ser diseñada a la medida de cada problemática atendiendo a factores como

la demanda y su composición; la accidentalidad; los nudos y accesos, el espacio disponible y los márgenes; la constructividad; etc.

Sensible a esta problemática, la revisión de la Norma 3.1-IC de Trazado introdujo como elemento de diseño los carriles adicionales de adelantamiento, dando la oportunidad de actuar donde esta maniobra se encuentre seriamente comprometida por las condiciones orográficas.

La presente jornada constituye una segunda edición de la realizada el 13 de junio de 2017 en Barcelona, donde se tuvo la ocasión de visitar diversos tramos pioneros en la implantación de esta solución en la red de carreteras competencia de la Generalitat de Cataluña.

La jornada tiene pues como objetivo analizar en detalle esta nueva solución y avanzar en el consenso de los aspectos de diseño que todavía requieren de desarrollo. Dentro del programa se ha dado cabida a un homenaje póstumo a D. Sandro Rocci Boccaleri, INGENIERO Y MAESTRO DE INGENIEROS, que ha presidido este Comité hasta fechas recientes con un entusiasmo verdaderamente inagotable.

Sede: Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX), Madrid

Fecha: **26 de abril de 2018**

Director Técnico de la Jornada: Fernando Pedraza. Presidente del Comité de Planificación, Diseño y Tráfico de la ATC

# XV JORNADAS DE CONSERVACIÓN Y EXPLOTACIÓN DE CARRETERAS

## PRESENTE Y FUTURO DE LA CONSERVACIÓN DE CARRETERAS Y LA PRESERVACIÓN DEL PATRIMONIO



Tras una serie de años en que las inversiones destinadas a la conservación y explotación de carreteras pueden ser consideradas como mínimas, se abre una nueva etapa en la que superada, al menos en parte, la crisis económica que ha sufrido el país comienzan a plantearse nuevas actuaciones importantes en carreteras. Prueba de ello es el PIC que lleva aparejado la redacción de nuevos pliegos que incluyen indicadores de estado y de servicio para evaluar la conservación de los tramos. También el avance de la tecnología relacionada con la interconectividad coche-

carretera va a influir en los métodos y enfoques que se le va a dar en el futuro a la gestión de la explotación de carreteras.

Estas jornadas son un punto de encuentro para los profesionales del sector en el que se van a tratar estos temas y se va a exponer los últimos avances en señalización, firmes, estructuras y actuaciones novedosas de conservación de una cierta envergadura.

Además participan en las jornadas las diferentes administraciones de carreteras (que van desde la local a la estatal) que nos explicarán cómo gestionan sus redes y su pro-

blemática específica. A destacar las intervenciones de representantes de EEUU Y Alemania que también expondrán sus sistemas de gestión aplicados a la conservación.

Las jornadas, fieles a la tradición, tienen su espacio reservado a las últimas novedades sobre seguridad vial y vialidad invernal, así como para el uso y defensa de la carretera donde se explicarán las últimas directrices sobre la ley de Carreteras y su futuro Reglamento.

Estas jornadas se van a celebrar en un marco y época inigualables, Valencia entre el 22 y 24 de mayo de 2018.

Para más información:

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

[www.congresosatcpiarc.es/jcoex2018](http://www.congresosatcpiarc.es/jcoex2018)

Sede: Hotel SH Valencia Palace, Valencia

Fecha: **22, 23 y 24 de mayo de 2018**

Director Técnico de la Jornada: Vicente Vilanova. Presidente adjunto del Comité de Conservación y Gestión de la ATC

# JORNADA TÉCNICA TÚNELES. CONCEPCIÓN Y CICLO DE VIDA, UN ENFOQUE INTEGRAL



Hasta los años previos a la última crisis económica, e incluso ahora, el gran desarrollo en España de nuevas infraestructuras del transporte e hidráulicas, llevó consigo la necesidad de construir un número relevante de túneles y obras subterráneas en todo el territorio y especialmente en ámbitos urbanos. Hoy día este protagonismo de los túneles se ha extendido a los proyectos internacionales más relevantes y con gran inversión económica, en los que las empresas españolas participan con acreditado protagonismo y liderazgo.

La explotación y mantenimiento de estos túneles, y no solo su construcción, obligan a afrontar nuevos condicionantes técnico-económicos, acordes con los niveles más exigentes de seguridad y servicio del mundo desarrollado en este comienzo de siglo, con las solicitudes especiales propias de algunos terrenos singulares atravesados, con el mayor rigor en los requerimientos hidrogeológicos y medioambientales, y con las adecuadas condiciones de durabilidad, funcionalidad y seguridad, a lo largo de toda la vida del túnel.

En este contexto conviene, por tanto, exponer experiencias ingenieriles en las fases de proyecto, construcción y mantenimiento de los túneles, de modo que se difundan las nuevas tecnologías y equipamientos, experiencias de comportamiento y últimas normativas, indicando las necesidades de especificaciones técnicas que aún están pendientes de abordar y normalizar.

Esta Jornada Técnica supondrá una oportunidad valiosa tanto de conocer las experiencias de sus cualificados ponentes, como de contraste de planteamientos con los participantes.

## PROGRAMA TÉCNICO

### SESIÓN 1 - DISEÑO GENERAL

- Evolución en el diseño de túneles, Normativa y Análisis de Riesgos
- Interoperabilidad en túneles ferroviarios
- Condicionantes Hidrogeológicos
- Solicitaciones Mecánicas Singulares: Fluencia, Expansividad, Karstificaciones,...

### SESIÓN 2 - CONSTRUCCIÓN

- Metodología BIM
- Revestimiento e Impermeabilización. Túnel de Udalaitz
- Problemas en emboquilles
- Auscultación durante Construcción y Explotación

### SESIÓN 3 - ASPECTOS FUNCIONALES

- Problemática de los Apartaderos
- Elección de los Firmes
- Problemática del Drenaje en Terrenos Calcáreos
- Técnicas e Innovaciones en Iluminación

### SESIÓN 4 - EXPLOTACIÓN Y MANTENIMIENTO

- Concepción enfocada a la Explotación y el Mantenimiento
- Reparación de Obra Civil
- Protección civil y seguridad: Plan de autoprotección en Túneles Ferroviarios
- Protección civil y seguridad: Plan de autoprotección en Túneles de Carreteras
- Ventilación y Seguridad Frente al Fuego

Sede: Salón de Actos del Colegio de Ingenieros de Caminos, Madrid

Fecha: **12 de junio de 2018**

Director Técnico de la Jornada: Pedro R. Sola Casado. Secretario General AETOS

# SIMPOSIO NACIONAL DE FIRMES SNF 2018



**EN RUTA HACIA UNA ECONOMÍA CIRCULAR**

**T**ras un largo periodo de crisis económica y una larga sequía de reuniones técnicas de alto nivel en materia de firmes, la Asociación Técnica de Carreteras ha asumido el compromiso de retomar esta tarea y promover la celebración periódica de un Simposio Nacional en el que la comunidad técnica y científica española pueda poner en común sus avances y propuestas en esta materia.

El Simposio Nacional de Firmes SNF 2018 quiere ser el primero de una larga serie y ha elegido como lema un mensaje unificador para todos los que de alguna forma estamos relacionados con el mundo de los firmes y de la carretera: En ruta hacia una economía circular.

Este lema presenta el atractivo de lo desconocido: emprendemos un camino nuevo que no sabemos hasta dónde nos conducirá; el atractivo de los retos: transformar nuestra forma de consumo lineal (extraer, fabricar, utilizar, y eliminar) a una forma de consumo circular (extraer, fabricar, consumir, compartir, reparar, valorizar, reutilizar); y el atractivo de la seguridad que representa sentirse parte de un grupo, puesto que esta tarea que vamos a emprender necesita de la colaboración participativa de todos, con la importancia de cada una de las pequeñas piezas individuales y la grandeza de todo el conjunto.

Durante estos años el sector se ha transformado profundamente, mejorando y preparándose para dar respuesta a las necesidades de una sociedad y a una forma de vida en continua evolución: nuevos materiales, soluciones más eficientes, menor generación de residuos, sistemas inteligentes de transporte, vehículos autónomos, etc.

Ahora es el momento de hacer un balance de lo aprendido, de recopilar nuestras dudas e inquietudes, de marcarnos nuevas metas y de poner los medios para poder alcanzarlas y dar cuenta de ello en el próximo Simposio.

Para más información:

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

[www.congresosatcpiarc.es/snf2018](http://www.congresosatcpiarc.es/snf2018)

Sede: Madrid

Fecha: **16, 17 y 18 de octubre de 2018**

Director Técnico de la Jornada: Julio José Vaquero. Presidente del Comité de Firmes de la ATC

## Composición de la Junta Directiva de la ATC

<b>PRESIDENTE:</b>	- D. Luis Alberto Solís Villa
<b>CO-PRESIDENTES DE HONOR:</b>	- D. Jorge Urrecho Corrales - D. Gregorio Serrano López
<b>VICEPRESIDENTES:</b>	- D. Jesús Santamaría Arias - D. José María Pertierra de la Uz - D. Jesús Díaz Minguela
<b>TESORERO:</b>	- D. Pedro Gómez González
<b>DIRECTOR:</b>	- D. Alberto Bardesi Orúe-Echevarría
<b>SECRETARIO:</b>	- D. Pablo Sáez Villar
<b>VOCALES:</b>	



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



- Presidente Saliente:
  - D. Roberto Alberola García
- Designados por el Ministerio de Fomento:
  - D. Carlos Bartolomé Marín
  - D. Jaime López-Cuervo Abad
  - D. Jesús Santamaría Arias
  - D. José Manuel Cendón Alberte
  - D. Ángel García Garay
- En representación de los órganos de dirección relacionados con el tráfico:
  - D. Jaime Moreno García-Cano
  - D.ª Ana Isabel Blanco Bergareche
  - D.ª Sonia Díaz de Corcuera Ruiz de Oña
- En representación de los órganos de dirección de las Comunidades Autónomas:
  - D. Luis Alberto Solís Villa
  - D. José Trigueros Rodrigo
  - D. Xavier Flores García
  - D. José María Pertierra de la Uz
  - D. Carlos Estefanía Angulo
  - D. Juan Carlos Alonso Monge
- Designados por los órganos de la Administración General del Estado con competencia en I+D+i:
  - D. Ángel Castillo Talavera
  - D. Antonio Sánchez Trujillano
- En representación de los departamentos universitarios de las escuelas técnicas:
  - D. Félix Edmundo Pérez Jiménez
  - D. José Manuel Vasallo Magro
- Representantes de las sociedades concesionarias de carreteras:
  - D. Bruno de la Fuente Bitaine
  - D. Rafael Gómez del Río
- Representantes de las empresas de consultoría:
  - D. José Polimón López
  - D. Casimiro Iglesias Pérez
  - D. Juan Antonio Alba Ripoll
- Representantes de las empresas fabricantes de materiales básicos y compuestos de carreteras:
  - D. Aniceto Zaragoza Ramírez
  - D. Francisco Javier Lucas Ochoa
  - D. Sebastián de la Rica Castedo
  - D. Juan José Potti Cuervo
- Representantes de las empresas constructoras de carreteras:
  - D. Jorge E. Lucas Herranz
  - D. José Luis Álvarez Poyatos
  - D. Camilo Alcalá Sánchez
- Representante de las empresas de conservación de carreteras:
  - D. Pablo Sáez Villar
- Representante de los laboratorios acreditados:
  - D. Anselmo Soto Pérez
- Representantes de los Socios Individuales de la Asociación:
  - D. Jesús Díaz Minguela
  - D. Rafael Ángel Pérez Arenas
  - D. Manuel Romana García
  - D. Enrique Soler Salcedo
- Entre los Socios de Honor:
  - D. José María Morera Bosch
  - D. Pedro Gómez González
  - D. Francisco Javier Criado Ballesteros
- Nombrado a propuesta del presidente:
  - D. José Luis Elvira Muñoz

## Comités Técnicos de la ATC

### COMITÉ DE VIALIDAD INVERNAL

- Presidente D. Luis Azcue Rodríguez
- Secretaria D.ª Lola García Arévalo

### COMITÉ DE FINANCIACIÓN

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

### PLANIFICACIÓN, DISEÑO Y TRÁFICO

- Presidente D. Fernando Pedraza Majarrez
- Secretario D. Javier Sáinz de los Terreros

### TÚNELES DE CARRETERAS

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

### CONSERVACIÓN Y GESTIÓN

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

### FIRMES DE CARRETERAS

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

### PUENTES DE CARRETERAS

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

### GEOTECNIA VIAL

- Presidente D. Álvaro Parrilla Alcaide
- Secretario D. Manuel Rodríguez Sánchez

### SEGURIDAD VIAL

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

### CARRETERAS Y MEDIO AMBIENTE

- Presidente D. Antonio Sánchez Trujillano
- Secretaria D.ª Laura Crespo García

### CARRETERAS DE BAJA INTENSIDAD DE TRÁFICO

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

## Socios de la ATC

Los Socios de la Asociación Técnica de Carreteras son:

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

### Socios de Honor

- 2005 - D. ENRIQUE BALAGUER CAMPHUIS
- 2005 - D. ÁNGEL LACLETA MUÑOZ (†)
- 2008 - D. JOSÉ LUIS ELVIRA MUÑOZ
- 2008 - D. FRANCISCO CRIADO BALLESTEROS
- 2011 - D. SANDRO ROCCI BOCCALERI (†)
- 2011 - D. JOSÉ MARÍA MORERA BOSCH
- 2012 - D. LUIS ALBERTO SOLÍS VILLA
- 2012 - D. JORDI FOLLIA I ALSINA
- 2012 - D. PEDRO D. GÓMEZ GONZÁLEZ
- 2015 - D. ROBERTO ALBEROLA GARCÍA

### Socios de Mérito

- 2010 - D. FRANCISCO ACHUTEGUI VIADA
- 2010 - D. RAMÓN DEL CUBILLO JIMÉNEZ (†)
- 2011 - D. CARLOS OTEO MAZO
- 2011 - D. ADOLFO GÜELL CANCELA
- 2011 - D. ANTONIO MEDINA GIL
- 2012 - D. CARLOS DELGADO ALONSO-MARTIRENA
- 2012 - D. ALBERTO BARDESI ORUE-ECHEVARRIA
- 2013 - D. RAFAEL LÓPEZ GUARGA
- 2013 - D. ÁLVARO NAVAREÑO ROJO
- 2013 - D.ª MERCEDES AVIÑÓ BOLINCHES
- 2014 - D. FEDERICO FERNANDEZ ALONSO
- 2014 - D. JUSTO BORRAJO SEBASTIÁN
- 2014 - D. JESÚS RUBIO ALFÉREZ
- 2014 - D. JESÚS SANTAMARÍA ARIAS
- 2015 - D. ENRIQUE DAPENA GARCÍA
- 2015 - D. ROBERTO LLAMAS RUBIO
- 2015 - D. FÉLIX EDMUNDO PÉREZ JIMÉNEZ
- 2016 - D. PABLO SÁEZ VILLAR
- 2017 - D. VICENTE VILANOVA MARTÍNEZ-FALERO
- 2017 - D. ÁNGEL GARCÍA GARAY

### Socios Protectores y Socios Colectivos

#### Administración General del Estado

- DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS. MINISTERIO DE FOMENTO
- DIRECCIÓN GENERAL DE TRÁFICO. MINISTERIO DEL INTERIOR
- SECRETARÍA GENERAL TÉCNICA. MINISTERIO DE FOMENTO

#### Comunidades Autónomas

- COMUNIDAD DE MADRID
- GENERALITAT DE CATALUNYA
- GENERALITAT VALENCIANA, CONSELLERIA DE VIVIENDA, OBRAS PÚBLICAS Y VERTEBRACIÓN DEL TERRITORIO.
- GOBIERNO DE ARAGÓN, DEPARTAMENTO DE VERTEBRACIÓN DEL TERRITORIO, MOVILIDAD Y VIVIENDA
- GOBIERNO DE CANARIAS
- GOBIERNO DE CANTABRIA
- GOBIERNO DE NAVARRA. DEPARTAMENTO DE DESARROLLO ECONÓMICO
- GOBIERNO VASCO
- GOBIERNO VASCO. DIRECCIÓN DE TRÁFICO
- JUNTA DE ANDALUCÍA
- JUNTA DE CASTILLA Y LEÓN
- JUNTA DE COMUNIDADES DE CASTILLA - LA MANCHA
- JUNTA DE EXTREMADURA. CONSEJERÍA DE ECONOMÍA E INFRAESTRUCTURAS
- PRINCIPADO DE ASTURIAS
- XUNTA DE GALICIA. CONSELLERÍA DE MEDIO AMBIENTE

#### Ayuntamientos

- AYUNTAMIENTO DE BARCELONA
- MADRID CALLE 30
- AREA METROPOLITANA DE BARCELONA

#### Diputaciones Forales, Diputaciones Provinciales, Cabildos y Consells

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

#### Colegios Profesionales y Centros de investigación y formación

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

## Asociaciones

- AGRUPACIÓN DE FABRICANTES DE CEMENTO DE ESPAÑA, OFICEMEN
- ASOCIACIÓN DE EMPRESAS DE CONSERVACIÓN Y EXPLOTACIÓN DE INFRAESTRUCTURAS, ACEX
- ASOCIACIÓN DE FABRICANTES DE SEÑALES METÁLICAS DE TRÁFICO, AFASEMETRA
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE FABRICANTES DE MEZCLAS ASFÁLTICAS, ASEFMA
- ASOCIACIÓN NACIONAL DE AUSCULTACIÓN Y SISTEMAS DE GESTIÓN TÉCNICA DE INFRAESTRUCTURAS, AUSIGETI
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE EMPRESAS CONSTRUCTORAS DE ÁMBITO NACIONAL, SEOPAN
- ASOCIACIÓN TÉCNICA DE EMULSIONES BITUMINOSAS, ATEB
- FORO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS EN EL TRANSPORTE, ITS ESPAÑA
- FUNDACIÓN REAL AUTOMÓVIL CLUB DE CATALUÑA, RACC

## Sociedades Concesionarias

- ABERTIS AUTOPISTAS ESPAÑA, S.A.
- ACCIONA CONCESIONES, S.L.
- AP - 1 EUROPISTAS, CONCESIONARIA DEL ESTADO, S.A.U.
- AUCALSA, AUTOPISTA CONCESIONARIA ASTUR - LEONESA, S.A.
- AUDENASA, AUTOPISTAS DE NAVARRA, S.A.
- AUTOPISTAS DEL ATLANTICO, CONCESIONARIA ESPAÑOLA, S.A.
- CEDINSA CONCESIONARIA, S.A.
- CONCESIONARIA VIAL DE LOS ANDES, S.A. (COVIANDES)
- SACYR CONCESIONES, S.L.
- TÚNEL D'ENVALIRA, S.A.

## Empresas

- 3M ESPAÑA, S.L.
- A. BIANCHINI INGENIERO, S.A.
- ACCIONA INFRAESTRUCTURAS, S.A.
- ACCIONA INGENIERÍA, S.A.
- ACEINSA MOVILIDAD, S.A.
- AECOM INOCSA, S.L.U.
- A.E.R.C.O., S. A. SUCURSAL EN ESPAÑA
- AGUAS Y ESTRUCTURAS, S.A. (AYESA)
- ASFALTOS Y CONSTRUCCIONES ELSAN, S.A.
- ALAUDA INGENIERÍA, S.A.
- ALVAC, S.A.
- AMIANTIT ESPAÑA S.A.U.
- API MOVILIDAD, S.A.
- ARCS ESTUDIOS Y SERVICIOS TÉCNICOS, S.L.
- AUDECA, S.L.U.
- BARNICES VALENTINE, S.A.U.
- BASF CONSTRUCTION CHEMICALS, S.L.
- BETAZUL, S.A.
- CAMPEZO OBRAS Y SERVICIOS, S.A.
- CARLOS FERNÁNDEZ CASADO, S.L.
- CEPESA COMERCIAL PETROLEO, S.A.
- CHM OBRAS E INFRAESTRUCTURAS, S.A.
- CINTRA SERVICIOS DE INFRAESTRUCTURAS, S.A.
- COMPOSAN OBRAS Y SERVICIOS, S.L.
- COMSA INSTALACIONES Y SISTEMAS INDUSTRIALES, S.L.U.
- CONSERVACIÓN INTEGRAL VIARIA, S.L. (CONSVIA)
- CORSAN - CORVIAM, CONSTRUCCIÓN, S.A.
- CYOPSA - SISOCIA, S.A.
- DRAGADOS, S.A.
- DRIZORO, S.A.U.
- DINÁMICAS DE SEGURIDAD, S.L.
- EIFFAGE INFRAESTRUCTURAS GESTIÓN Y DESARROLLO, S.L.
- ELSAMEX, S.A.
- EMPRESA DE MANTENIMIENTO Y EXPLOTACIÓN DE LA M-30, S.A. (EMESA)
- ESTEYCO, S.A.
- ETRA ELECTRONIC TRAFIC, S.A.
- EUROCONSULT, S.A.
- FCC CONSTRUCCIÓN, S.A.
- FCC INDUSTRIAL E INFRAESTRUCTURAS ENERGÉTICAS, S.A.U.
- FERROSER INFRAESTRUCTURAS, S.A.
- FERROVIAL AGROMÁN, S.A.
- FHECOR INGENIEROS CONSULTORES, S.A.
- FIBERTEX ELEPHANT ESPAÑA, S.L. SOCIEDAD UNIPERSONAL
- FREYSSINET, S.A.
- GEOCONTROL, S.A.
- GEOTECNIA Y CIMIENTOS, S.A. (GEOCISA)
- GINPROSA INGENIERÍA, S.L.
- GPYO INGENIERÍA Y URBANISMO, S.L.
- HIDRODEMOLICIÓN, S.A.
- HUESKER GEOSINTÉTICOS, S.A.
- IDEAM, S.A.
- IDOM CONSULTING, ENGINEERING, ARCHITECTURE, S.A.U.
- IKUSI, S.L.U.
- IMPLASER 99, S.L.L.
- INCOPE CONSULTORES, S.L.
- INDRA SISTEMAS, S.A.
- INES INGENIEROS CONSULTORES, S.L.
- INGENIERÍA Y ECONOMÍA DEL TRANSPORTE, S.A. (INECO)
- INNOVIA COPTALIA, S.A.U.
- INVENTARIOS Y PROYECTOS DE SEÑALIZACIÓN VIAL, S.L.
- KAO CORPORATION, S.A.
- KAPSCH TRAFFICOM TRANSPORTATION S.A.U.
- KELLER CIMENTACIONES S.L.U.
- LRA INFRASTRUCTURES CONSULTING, S.L.
- MATINSA, MANTENIMIENTO DE INFRAESTRUCTURAS, S.A.
- OBRAS HERGÓN, S.A.U.
- PADECASA OBRAS Y SERVICIOS, S.A.
- PAVASAL EMPRESA CONSTRUCTORA, S.A.
- PAVIMENTOS BARCELONA, S.A. (PABASA)
- PROBISA VÍAS Y OBRAS, S.L.U.
- PROES CONSULTORES, S.A.
- PUENTES Y CALZADAS INFRAESTRUCTURAS, S.L.U.
- RAUROSZM.COM, S.L.
- REPSOL LUBRICANTES Y ESPECIALIDADES, S.A.
- RETINEO, S.L.
- S.A. DE GESTIÓN DE SERVICIOS Y CONSERVACIÓN (GESECO)
- S.A. DE OBRAS Y SERVICIOS (COPASA)
- SENER, INGENIERÍA Y SISTEMAS, S.A.
- SEÑALIZACIONES VILLAR, S.A.
- SERBITZU ELKARTEA, S.L.
- SOCIEDAD IBÉRICA DE CONSTRUCCIONES ELÉCTRICAS, S.A. (SICE)
- SGS TECNOS, S.A.
- TALLER, S.A.
- TALLERES ZITRÓN, S.A.
- TÉCNICA Y PROYECTOS, S.A. (TYPASA)
- TECNIVIAL, S.A.
- TECYR CONSTRUCCIONES Y REPARACIONES, S.A. (TECYRSA)
- TEKIA INGENIEROS, S.A.
- TENCATE GEOSYNTHETICS IBERIA, S.L.
- TPF GETINSA EUROESTUDIOS, S.L.
- TRABAJOS BITUMINOSOS, S. L.
- ULMA C Y E, SOCIEDAD COOPERATIVA
- VALORIZA CONSERVACIÓN DE INFRAESTRUCTURAS, S.A.
- VSING INNOVA 2016, S.L.
- ZARZUELA, S.A. EMPRESA CONSTRUCTORA

## Socios Individuales

Personas físicas (53) técnicos especialistas de las administraciones públicas; del ámbito universitario; de empresas de ingeniería, construcción, conservación, de suministros y de servicios; de centros de investigación; usuarios de la carretera y de otros campos relacionados con la carretera. Todos ellos actuando en su propio nombre y derecho.



# RUTAS

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN TÉCNICA DE CARRETERAS



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



Si quiere suscribirse por un año a la revista **RUTAS**, en su edición impresa y digital, cuyo importe es de 60,10 € para socios de la ATC y 66,11 € para no socios (+ I.V.A. respectivamente) rellene sus datos en el formulario de abajo y envíelo por Fax o por correo postal a la sede de la Asociación:  
**C/ Monte Esquinza, 24, 4.º Dcha. 28010 Madrid.**

Si quiere anunciarse en **RUTAS** póngase en contacto con nosotros:  
Tel.: 913082318 Fax: 913082319  
**info@atc-piarc.com www.atc-piarc.com**



La revista **RUTAS** ofrece la posibilidad de publicar aquellos trabajos o artículos del sector de las carreteras que resulten de interés.

Los artículos deberán enviarse por correo electrónico a la dirección **info@atc-piarc.org**

El Comité Editorial de la revista **RUTAS** se reserva el derecho de seleccionar dichos artículos y de decidir cuáles se publican en cada número.

Para más información:  
puede dirigirse a:  
**Asociación Técnica de Carreteras**  
Tel.: 913082318 Fax: 913082319  
**info@atc-piarc.com**  
**www.atc-piarc.com**

Forma de pago:

Domiciliación bancaria CCC nº \_\_\_\_\_  
 Transferencia al número de cuenta: 0234 0001 02 9010258094

Nombre

Empresa  NIF

Dirección  Teléfono

Ciudad  C.P.  e-mail

Provincia  País

Fecha  Firma

# V Premio "Sandro Rocci" para Jóvenes Profesionales

## CONVOCATORIA 2018

Bases del concurso:

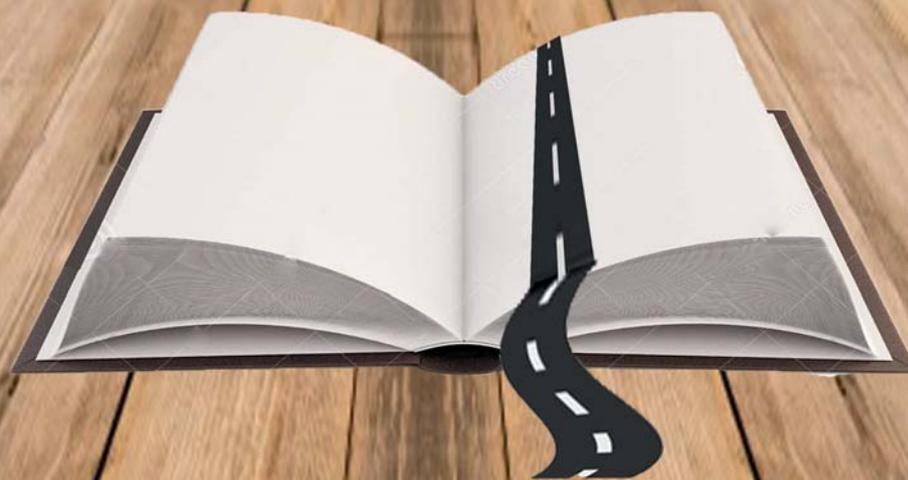
[www.atc.piarc.com](http://www.atc.piarc.com)



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



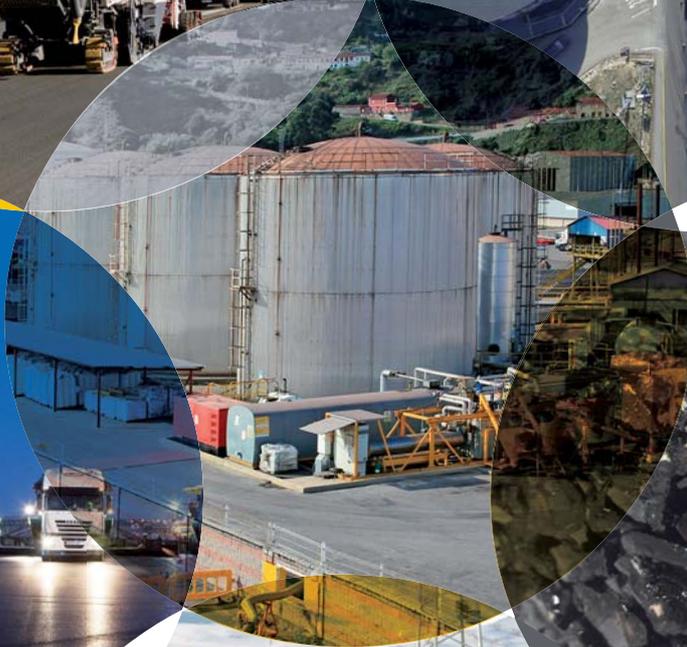
[www.normativadecarreteras.com](http://www.normativadecarreteras.com)



**Legislación y normativa técnica de carreteras**  
**Acceso libre y gratuito**

**Ditecpesa** es una empresa dedicada al desarrollo, fabricación y comercialización de productos asfálticos: betunes asfálticos, betunes asfálticos modificados con polímeros y emulsiones, desde el año 1988. Actualmente está presente en España, Reino Unido, USA, Polonia y Canadá, adaptándose en cada proyecto y mercado a las necesidades del cliente y siempre aportando diferentes soluciones a cada situación. Sus últimos avances tecnológicos están enfocados a los betunes asfálticos nanoestructurados que presentan mejores propiedades mecánicas además de alta resistencia a los agentes climáticos agua, hielo y sal.

Dichos betunes han sido presentados conjuntamente por Ferrovial Agroman, Budimex y Ferrovial Servicios en el PIARC-Polonia. Congreso Mundial Vialidad Invernal.



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

Ditecpesa, APP disponible en:



**ditecpesa**

Una empresa Ferrovial