



Albergue de Carretera del Circuito Nacional de Firms Especiales

## ENTREVISTA

Ángela Pérez Gallardo, Jefa COEX

## RUTAS TÉCNICA

Propuesta de nueva metodología de  
Análisis de Riesgo en Túneles de  
Carretera: Metodología ATC

Consideraciones para la instalación de  
barreras de seguridad y pantallas acústicas  
en las carreteras

M-30: El reto del modelo de gestión de  
infraestructuras estratégicas

## RUTAS DIVULGACIÓN

La necesidad de recomendaciones  
Específicas para carreteras de Baja  
Intensidad de Tráfico

Camión eléctrico: una transformación  
profunda del ecosistema energético y  
logístico europeo

# VII Premio SANDRO ROCCI

## para Jóvenes Profesionales

La **Asociación Técnica de Carreteras** convoca la séptima edición del **Premio Sandro Rocci**, con el objetivo de reconocer el talento joven, fomentar la creación de conocimiento técnico y **dar visibilidad** a las nuevas generaciones que impulsan la **innovación en el ámbito de las carreteras y el transporte**.



### ¿QUIÉN PUEDE PARTICIPAR?

Profesionales menores de 35 años, titulados universitarios, con actividad desarrollada en España y vinculados al sector de la carretera y el transporte.



### ¿QUÉ SE VALORA?

Trabajos técnicos originales, basados en la experiencia profesional, que aporten valor a la comunidad de la carretera y la movilidad.



### PREMIO

- 2.500 €
- Publicación en la revista **RUTAS**
- Afiliación gratuita a la ATC durante un año

Presenta tu trabajo antes del  
**15 de abril de 2026**

[info@atc-piarc.com](mailto:info@atc-piarc.com)

*Impulsa tu carrera.  
Contribuye al futuro de las carreteras.*



**Tribuna Abierta**

- 03 El centenario del Circuito Nacional de Firmes Especiales: cien años de evolución continua en pavimentación**

Valverde Jiménez Ajo

**Entrevista**

- 05 Ángela Pérez Gallardo, Jefa COEX**

**Rutas Técnica**

- 08 Propuesta de nueva metodología de Análisis de Riesgo en Túneles de Carretera: Metodología ATC**

*Proposal of new risk Assessment Methodology for Road Tunnels: ATC Methodology*

Guillermo Llopis Serrano

- 23 Consideraciones para la instalación de barreras de seguridad y pantallas acústicas en las carreteras**

*Considerations for the installation of safety barriers and noise barriers on roads*

Dámaso M. Alegre Marrades, Sergio Corredor Peña, Edgar Lloret Domínguez y Andrés Navarro Cortés

- 36 M-30: El reto del modelo de gestión de infraestructuras estratégicas**

*M-30: The challenge of the strategic infrastructure management model*

Antonio Jesús Tocino de la Iglesia

**Rutas Divulgación**

- 43 La necesidad de recomendaciones específicas para carreteras de Baja Intensidad de Tráfico**

Mónica Laura Alonso Plá

- 53 Camión eléctrico: una transformación profunda del ecosistema energético y logístico europeo**

Arturo Pérez de Lucía

**Cultura y Carretera**

- 56 Algunos Puentes, patrimonio de las obras públicas en Aragón**

Rafael López Guarga

**Actividades del Sector**

- 62 II Jornada de Innovación en Carreteras**

**PIARC**

- 64 17º Congreso Mundial de la Vialidad Invernal, Resiliencia y Descarbonización d**

**ATC**

- 66 Jornada Técnica “Novedades en la redacción de los proyectos y el control de las obras para la mitigación del impacto por ruido de las infraestructuras lineales de transporte**

- 69 Cursos ATC “Firmes y pavimentos: lo que los libros no cuentan”**

- 70 In Memoriam “Justo Borrajo, un ejemplo de ética”**

- 71 Próximos eventos ATC**

- 76 Junta Directiva, Comités Técnicos y Socios de la ATC**



## 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:

Álvaro Navareño Rojo Presidente de la Asociación Técnica de Carreteras (España)

### Vicepresidente Ejecutivo:

Óscar Gutiérrez-Bolívar Álvarez Dirección General de Carreteras, MITMS (España)

### Vocales:

Ana Isabel Blanco Bergareche Subdirectora Adjunta de Circulación, DGT, M. Interior (España)  
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)  
Jesús J. Rubio Alférez Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos (España)  
Javier Sainz de los Terreros Goñi 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  
José Manuel Blanco Segarra Presidente del CT de Financiación  
Luis Azcue Rodríguez Presidente del CT de Vialidad Invernal  
Valverde Jiménez Ajo Presidenta del CT de Firms de Carreteras  
Fernando Pedrazo Majarrez Presidente del CT de Movilidad, Planificación y Diseño  
Manuel Romana García Presidente del CT de Geotecnia Vial  
Paula Pérez López Presidenta del CT de Conservación y Gestión  
Emilio Criado Morán Presidente del CT de Puentes de Carreteras  
Roberto Llamas Rubio Presidente del CT de Seguridad Vial  
Antonio Muruais Rodríguez Presidente del CT de Carreteras Sostenibles y Resilientes  
Mónica Laura Alonso Pla Presidenta del CT de Carreteras de Baja Intensidad de Tráfico  
Álvaro Navareño Rojo Presidente del CT de Dotaciones Viales  
Rita Ruiz Fernández Presidenta del CT de Valor Histórico Patrimonial

### Redacción, Maquetación, Diseño,

### Producción y Gestión Publicitaria:

Asociación Técnica de Carreteras  
Tel.: 91 308 23 18 ♦ info@atc-piarc.com

### Arte Final, Impresión y Distribución:

Huna Comunicación (Huna Soluciones Gráficas S. L.)  
Tel.: 91 029 26 30 ♦ www.hunacomunicacion.es

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

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

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



Nº 206 ENERO - MARZO 2026

# RUTAS

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN TÉCNICA DE CARRETERAS

Ilustración de portada:

Albergue de Carretera del Circuito Nacional de Firms Especiales, Aranda de Duero en 1935.

Foto: ARCHIVO MÁXIMO LÓPEZ

# El centenario del Circuito Nacional de Firmes Especiales: cien años de evolución continua en pavimentación



**Valverde Jiménez Ajo**

*Presidenta Comité Técnico C7/8 "Firmes"*

**E**n 1926 la red estatal de carreteras tenía una longitud aproximada de 71.000 kilómetros. El plan concebido por la Comisión Nacional de Obras Públicas del entonces Ministerio de Fomento pretendía actuar sobre unos 4.000 kilómetros, que constituían el sistema más esencial de comunicaciones del país. Este plan, conocido como Circuito Nacional de Firmes Especiales (CNFE), se programó para un periodo de cinco años, entre 1927 y 1932, con una inversión anual de 400 millones de pesetas. Supuso el primer esfuerzo sistemático para modernizar la red de carreteras en España y adaptarla a las exigencias del automóvil.

El CNFE fue creado por el Real Decreto-Ley de 9 de febrero de 1926, cuya exposición de motivos reflejaba con claridad el espíritu de la época: fomentar el turismo, mejorar la seguridad de la circulación, eliminar los baches y el polvo y, sobre todo, cambiar el sistema técnico de construcción de los firmes para adaptarlo a la intensidad y condiciones del tráfico moderno. Aunque no permitía abordar la transformación completa de la red, sí aspiraba a reformar y conservar las comunicaciones principales y los itinerarios de mayor valor estratégico, histórico y artístico.

El Circuito, concebido a partir de una selección estratégica de tramos de interconexión regional, marcó un punto de inflexión en la ingeniería de caminos española. Introdujo nuevas tipologías de firmes, impulsó la normalización técnica, contribuyó a la consolidación de la red radial y facilitó el desarrollo del turismo incipiente, al mejorar

la accesibilidad por carretera a los principales núcleos y enclaves del país.

A finales del siglo XIX, el firme que se había convertido en un estándar europeo en la construcción de carreteras era el macadam. Estaba formado por una base de piedra de machaqueo de árido grueso de tamaño 40-80 mm, sobre la que se extendía un recebo de material fino formado por detritus de cantera o suelos poco arcillosos. Este tipo de firme se construyó en numerosas carreteras españolas para soportar el intenso tráfico de carros. Otra solución generalizada en tramos con gran tráfico era el adoquinado, muy costoso, así como el hormigón blindado, en el que solo se labraba la cara vista.

Durante los años 1924 y 1925 se intensificaron en España los ensayos de nuevos firmes: hormigones hidráulicos, alquitranados, asfaltados, tarmacados, empedrados, etc. En este contexto, la Administración adoptó dos decisiones clave: la realización de una inspección general extraordinaria sobre el estado de los firmes y el envío de comisiones de ingenieros al extranjero para conocer de primera mano las nuevas soluciones técnicas, que pasarían a denominarse firmes especiales en contraposición al macadam tradicional.

A partir de 1926, las actuaciones del CNFE se concretaron en la ejecución de macadams con riegos bituminosos, tanto superficiales como profundos, que representaron cerca del 75 % de los tramos. También se construyeron adoquinados y hormigones blindados, así

como, en menor medida, hormigones asfálticos, hormigones hidráulicos y otras soluciones entonces incipientes.

Tras los graves daños sufridos por la red viaria durante la Guerra Civil, la aprobación de la nueva Instrucción de Carreteras en 1939 permitió poner en marcha el Plan Peña, que estandarizó la nomenclatura de las carreteras y estableció nuevos criterios para el diseño del trazado y la señalización. Sin embargo, la escasez de recursos económicos impidió una mejora sustancial de los firmes hasta la década de 1950.

Un punto de inflexión se produjo con el tratado firmado en 1953 con los Estados Unidos, que dio lugar a la construcción de las bases conjuntas hispano-norteamericanas. Este acuerdo permitió a los técnicos españoles conocer soluciones más avanzadas, especialmente en el ámbito de los pavimentos, gracias a los viajes de ingenieros de la Dirección General de Carreteras para estudiar los métodos constructivos empleados en aquel país.

En 1960 se construyó la variante de Boceguillas (Segovia), en la carretera N-1, primer firme en España con capa de base de zahorra artificial de granulometría continua, que supuso una alternativa eficaz al macadam, relegado desde entonces a carreteras de menor entidad. Poco después, en 1964, se ejecutó por primera vez una capa de base de grava-cemento en la autopista A-6, entre los puntos kilométricos 18 y 40, configurando un firme semirrígido especialmente adecuado para tráfico pesados.

Desde mediados de los años cincuenta, las emulsiones bituminosas fueron sustituyendo progresivamente a los betunes asfálticos en los tratamientos por penetración y en los riegos con gravilla. La crisis del petróleo de 1973 aceleró esta tendencia y favoreció el desarrollo de soluciones en frío, como las mezclas abiertas y las lechadas bituminosas, cuyo uso se extendió de forma notable en la red secundaria durante los años setenta.

El empleo de mezclas bituminosas en caliente se generalizó con las actuaciones desarrolladas en el marco del Programa REDIA (Red de Itinerarios Asfálticos), iniciado en 1967. Posteriormente, el Plan de transformación de los firmes de macadam permitió revestir, entre 1973 y 1978, más de 21.000 kilómetros de antiguas carreteras, de modo que prácticamente toda la red estatal pasó a contar con algún tipo de revestimiento asfáltico, materializando el objetivo planteado medio siglo antes con el CNFE.

En 1979 se iniciaron en la Escuela de Ingenieros de Caminos de Santander los estudios para el desarrollo de nuevas mezclas bituminosas de rodadura, con un impacto notable tanto en España como en otros países. Entre las aportaciones más relevantes destacan las mezclas

bituminosas porosas y el impulso al uso de betunes modificados con polímeros, cuyo empleo se extendió durante las décadas siguientes por su mejor comportamiento frente al envejecimiento y las variaciones térmicas.

Las técnicas de reciclado surgieron también en los años setenta, impulsadas por la crisis energética, con el objetivo de reducir el consumo de áridos, aprovechar el ligante existente y mejorar el balance energético de las rehabilitaciones.

Destacar también la incorporación en el siglo XXI de los microaglomerados en caliente de granulometría discontinua a la práctica española, ofreciendo excelentes prestaciones funcionales.

En cuanto a los firmes de hormigón, su uso continuado en España se inicia en 1971 con la autopista Sevilla-Cádiz. Entre 1973 y 1978 se ejecutaron más de 200 kilómetros en la autopista del Mediterráneo, y en 1976 se construyó el pavimento continuo de hormigón armado de la autopista Oviedo-Gijón-Avilés, que en 2026 cumple cincuenta años en servicio con un comportamiento estructural satisfactorio. Aunque la construcción de pavimentos de hormigón se redujo a partir de los años noventa, destaca la reciente ejecución del tramo Yecla-Caudete de la autovía A-33, inaugurado en 2024.

Finalmente puede afirmarse que, a lo largo de estos cien años, los firmes y la ingeniería de firmes en España han sabido responder a las necesidades de cada etapa histórica. Aunque a menudo se percibe que los cambios actuales son especialmente rápidos, también lo fueron en otros momentos igualmente disruptivos, como la aparición del automóvil o como lo es hoy la irrupción del vehículo autónomo y conectado.

El centenario del CNFE no solo invita a mirar al pasado, sino también a reflexionar sobre los retos actuales de los firmes viarios. La ingeniería de pavimentos se encuentra en un nuevo punto de inflexión, marcado por la necesidad de compatibilizar las exigencias funcionales y estructurales con criterios de sostenibilidad, eficiencia y reducción de la huella de carbono. Las soluciones basadas en el reciclado, la reutilización de firmes existentes, la reducción de temperaturas de fabricación o el análisis del ciclo de vida representan, en realidad, una evolución natural del mismo espíritu que impulsó el CNFE hace cien años: adaptar los firmes a las necesidades reales del tráfico y de la sociedad.

Así, como entonces, los firmes del presente y del futuro están llamados a responder a un nuevo paradigma en el que la durabilidad, la seguridad y la funcionalidad deben ir necesariamente acompañadas de la sostenibilidad y la eficiencia, garantizando que la red viaria siga estando a la altura de los desafíos de su tiempo. ❖

# Ángela Pérez Gallardo

Jefa Coex



Por Álvaro Navareño

Ángela Pérez Gallardo es ingeniera técnica de obras públicas por la Universidad Politécnica de Madrid, (2005-2009). Lleva toda su vida laboral dentro del sector de la conservación de carreteras: 10 años como Jefa de Operaciones y 5 años trabajando como Jefa Coex en sectores de Madrid, en la Autovía A-6 y en la Autovía A-1. Actualmente es Delegada de Conservación de Carreteras en la empresa API Movilidad SA.

**Cursaste tus estudios en Madrid. ¿Te condicionó esto para estudiar Obras Públicas?**

Quando estudiaba en el instituto y llegó el momento de decidir, nunca me planteé estudiar fuera de Madrid. Tenía claro que quería una ingeniería y aquí tenía todas las opciones. Además, siempre me atrajo especialmente la idea de estudiar en la Universidad Politécnica de Madrid.

**Te gustaban las estructuras, transportes, hidráulica, urbanismo ¿conocías el sector de la conservación de carreteras? ¿cómo llegaste a él?**

Si soy sincera, en la carrera no recuerdo que estudiáramos nada relacionado con la conservación y el mantenimiento de las infraestructuras. Tampoco pensé en ello al terminar. Cuando eres joven, lo que más te llama la atención es

construir algo nuevo: una autovía, un viaducto... lo que suena más espectacular.

Al acabar el proyecto fin de carrera empecé como becaria en el Canal de Isabel II y, poco después, vi una oferta en InfoJobs para Jefe de Operaciones. Apliqué sin mucha esperanza, pero pasé todo el proceso y entré en el Sector M 6, como jefa de operaciones de la Autovía A 6, en el centro de conservación de Las Rozas.

**¿Crees que puede resultar atractivo ahora para los nuevos alumnos de ingeniería este sector? ¿Hacen las empresas y las administraciones pedagogía de la conservación?**

¡Claro que sí! ¿Qué voy a decir yo? Llevo toda mi carrera profesional en este sector y me encanta. Es un trabajo que combina la carretera con la oficina; tiene momentos de tensión —episodios de nieve, accidentes graves— en los que tienes que tomar decisiones rápidas y asumir la responsabilidad. Y, además, siempre lo he vivido como un servicio al usuario: ayudamos a la gente que circula por la vía.

En cuanto a la pedagogía, creo que se ha avanzado mucho en los últimos años, pero todavía queda camino por recorrer. Aún hay mucha gente que desconoce todo el trabajo y todo el equipo que hay detrás de cada carretera.

**Llevas muchos años de experiencia en empresas de conservación, y en sectores de conservación, y como Jefa COEX y de operaciones, aunque actualmente estés ya en temas de gestión. Los centros de conservación, centros operativos, para mucha gente son lugares desconocidos. ¿Nos**

**puedes decir brevemente qué agenda de trabajos tiene una Jefa Coex y o de operaciones en un día “normal”? ¿Cuánta gente podemos decir que depende de ti?**

No creo que existan dos días iguales para un Jefe COEX. No es lo mismo un día de agosto, con poco tráfico, que un día de nieve en Somosierra; o un vuelco de camión que corta la calzada frente a un simulacro de incendio en un túnel.

En un día “normal”, el Jefe COEX coordina al equipo técnico —entre cuatro y cinco personas, entre ingenieros y técnicos— para organizar las operaciones del contrato. Al final del día se revisa con el encargado cómo han ido los trabajos para planificar la noche o el día siguiente.

Y siempre surgen temas nuevos: un proyecto, un informe de estado, la revisión de una estructura... y, por supuesto, la gestión del personal: sindicatos, representantes, solicitudes de trabajadores, etc.

En una conservación todo el equipo depende del Jefe Coex, con los técnicos tienes el día a día, y con el personal de obra, aunque el encargado sea quien lo gestione a diario, el responsable siempre es el Jefe Coex.

**¿Los días con incidencias significativas cuales pueden ser? ¿Y cómo los afrontas, es decir, los ves venir, hay cierta previsión o a veces no es posible? ¿Ha sido alguna especialmente relevante para ti, que recuerdes más?**

Siempre ocurre algo: un camión volcado, un incendio... y, por supuesto, la nieve. Los accidentes no se pueden prever; suceden cuando suceden. Para las nevadas contamos con herramientas de predic-

ción —pronósticos privados, AEMET— aunque no siempre aciertan.

Nunca olvidaré mi primera guardia. Era un martes de enero, alrededor de las once de la noche. Estaba en casa, en pijama con un té, cuando me avisaron de que tres camiones habían chocado en la curva de La Berzosa. Al llegar había niebla, lloviznaba y hacía muchísimo frío. Uno de los camiones cargaba leche y había volcado, dejando toda la calzada cubierta. Coordinamos con Guardia Civil la señalización y la gestión del tráfico, y tardamos horas en limpiarlo.

Esa fue la primera de muchas: el camión de kiwis de Villalba, el de cerdos en el pk 24, el motorista del pk 9, un camión con alijo de drogas...

Y, cómo no, ¡Filomena! A los que nos gusta la vialidad invernal, Filomena nos marcó. Fue agotador, pero también muy gratificante cuando recogíamos a personas atrapadas en paradas de autobús y las llevábamos hacia Madrid.

**Ahora tengo que hacerte alguna pregunta “amigable”, pero interesante ¿cómo llevas las relaciones con la administración? Es decir, has notado muchas diferencias entre unos directores de contratos y otros. O ¿Entre demarcaciones o administraciones de carreteras ahora como Delegada?**

Para mí nunca ha sido un problema (o eso creo, ja, ja). Es cierto que el director del contrato es el cliente, pero con todos con los que he trabajado el trato ha sido siempre de colaboración, de buscar soluciones conjuntas para ofrecer el mejor servicio. Al tratar a diario, la relación termina siendo muy cercana y sencilla. Al final, todos somos personas, y el roce hace el cariño.



**¿Qué le dirías a una joven ingeniera que duda si entrar en el mundo de la conservación?**

Que lo pruebe. Es un trabajo muy dinámico, con mucha responsabilidad, donde se aprende cada día y donde tu trabajo tiene impacto directo en la vida de los usuarios. Además, ofrece estabilidad y diversidad de funciones. Yo no lo cambiaría por nada.

**Relativo a lo que supone un “servicio de conservación de carreteras”, personal, materiales, operaciones, incidentes y accidentes, vialidad, inventarios, comunicaciones ¿crees que hay ámbito de mejora? ¿se te ocurre algún aspecto, supongo que además del presupuestario?**

Siempre hay margen de mejora. Desde que empecé en el sector, hace unos 15 años, la conservación ha cambiado muchísimo, y en mi opinión para mejor. Se ha tecnificado, se han estandarizado procedimientos, los materiales y los

equipos han mejorado, y la planificación es más completa. Ya no solo cambiamos señales o reparamos biondas: señalizamos obras de manera más avanzada, instrumentamos estructuras, analizamos puntos conflictivos...

Pero para seguir mejorando es necesaria más inversión. Sin ella, todo avanza más lento.

También creo que debemos mejorar como usuarios. Hay que concienciarnos de que las carreteras son de todos. Se llenan de basura, muchos accidentes se deben al incumplimiento de normas, hay vandalismo en muros, pantallas y señales... Y, con nieve, la mayoría ignora los avisos de paneles y de AEMET.

**Por último, ahora ya como Delegada de Conservación, y con tu perspectiva ¿cómo ves las carreteras? Qué elementos crees que necesitan principal inversión a medio plazo.**

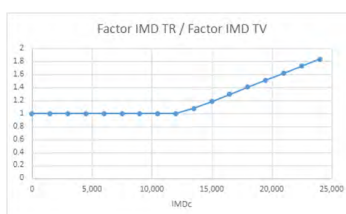
Tenemos una red extensa y muy capilar. Los modelos actuales de conservación son eficaces y efi-

cientes, pero hace falta inversión. En mi opinión, lo primero es el firme, como estamos viendo con las lluvias de los últimos años.

Debemos ser conscientes de que nada es eterno: firmes, estructuras, sistemas de contención, drenaje... Los sistemas de drenaje no se ven y son esenciales. El agua es el gran enemigo de la carretera, y hay que canalizarla bien y mantener limpias arquetas, colectores, rejillas y cunetas.

Y hay que mencionar al personal, cada vez resulta más difícil encontrar trabajadores para la obra, y debemos hacer el sector más atractivo para ellos. Sin trabajadores formados y que conozcan el sector, no podremos seguir avanzando. ❖

# Propuesta de nueva metodología de Análisis de Riesgo en Túneles de Carretera: Metodología ATC



## Proposal of new risk Assessment Methodology for Road Tunnels: ATC Methodology

### Guillermo Llopis Serrano

*Jefe de la Demarcación de Carreteras del Estado en la Comunidad Valenciana  
Miembro del Comité de Túneles de la ATC.*

La Metodología de Análisis de Riesgo en Túneles de la red de carreteras del Estado de España, más conocida por su acrónimo MARTE, fue aprobada por la Autoridad Administrativa de estos túneles en mayo de 2012.

Esta metodología contempla dos métodos de análisis de riesgo diferentes: el Método General y el de Mercancías Peligrosas. Este último basado en el Modelo de Evaluación Cuantitativa de Riesgos de Mercancías Peligrosas o DG QRAM, desarrollado por la OCDE y PIARC entre 1997 y 2001, que está en proceso de actualización y mejora.

Desde la aprobación de la MARTE, se han realizado infinidad de análisis de riesgo en túneles, tanto en fase de proyecto, construcción, como en explotación, siendo lógicamente esta última la fase de los túneles en la que mayor cantidad de análisis de riesgo se han llevado a cabo.

Transcurrida una década de su aprobación, en el seno del Comité de Túneles de la Asociación Técnica de Carreteras (ATC) se formó un grupo de trabajo en el ciclo 2020-2023 con el objeto de revisar la metodología MARTE, considerando la experiencia acumulada en su aplicación.

Fruto de ese trabajo, tras la revisión de la MARTE, se realizó una propuesta de nueva Metodología de Análisis de riesgo en Túneles de Carretera, denominada Metodología ATC que, tomando como punto de partida el Método General de la MARTE, corrige y complementa todos los aspectos que se han identificado como problemáticos en su aplicación.

En este artículo, tras recordar los antecedentes, estructura y características de la MARTE, se detallan los principales aspectos de la MARTE que se modifican en la Metodología ATC, así los problemas que se persigue solventar con ello.

The tunnel risk assessment methodology of the Spanish state road network, better known by its acronym in Spanish MARTE, was approved by the Administrative Authority of these tunnels in May 2012.

This methodology considers two different risk analysis methods: the General Method and the Dangerous Goods Method. The latter is based on the Quantitative Risk Assessment Model for Dangerous Goods or DG QRAM, developed by the OECD and PIARC between 1997 and 2001, which is in an updating and improving process.

Since the approval of MARTE, countless risk assessments have been carried out on tunnels, in the

project phase, construction, and in operation, the latter being logically the tunnel phase in which the greatest number of risk assessments have been carried out.

A decade after its approval, a working group was formed within the Tunnels Committee of PIARC in Spain (ATC) during the 2020-2023 cycle. The purpose of this group was to review the MARTE, considering the experience accumulated in its application.

In this article, after reviewing the background, structure, and characteristics of MARTE, it details the main aspects of MARTE that are modified in the ATC Methodology, as well as the problem each change seeks to address.

## Prólogo

*(Por Rafael López Guarga, Presidente del Comité de Túneles de la ATC)*

A raíz de los incendios en los túneles de Montblanc y Tauern en 1999 y posteriormente Gotardo en 2000 se promulgó la Directiva 2004/54/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, 29 abril, sobre requisitos mínimos de seguridad para túneles de la red transeuropea de carreteras que fue traspuesta al ordenamiento jurídico español mediante el RD 635/2006, de 26 de mayo, sobre requisitos mínimos de seguridad en los túneles de carreteras del Estado.

En su Capítulo IV "Análisis de riesgo" se establecen los factores que afectan a la seguridad que deberán tenerse en cuenta, así como que su contenido y resultados deberán incluirse en el Manual de Explotación. Para ello el artículo 12 indica que todos los análisis de riesgo que puedan realizarse, su ámbito de aplicación seguirá obligatoriamente una metodología detallada y bien definida, en consonancia con las normas de buena práctica disponibles, que será aprobada por la Autoridad Administrativa.

Por otra parte el Capítulo V establece la posibilidad de solicitar la excepción de determinadas medidas por condicionantes debidamente justificados o la instalación de determinados equipamientos o procedimientos de seguridad innovadores que proporcionen una potencia equivalente o mayor que las tecnologías previstas en el RD, justificándose las medidas que vayan a adoptarse mediante el correspondiente análisis de riesgo en el que se deberán validar las medidas alternativas propuestas y evidenciar el mantenimiento de los niveles de seguridad análogos a los que se obtendrían en caso de no aplicarse la excepción.

En este marco fue aprobada, en mayo de 2012, para los túneles de carretera del Estado una Metodología de Análisis de Riesgo denominada coloquialmente MARTE que es la que se viene aplicando para los túneles de nueva construcción y en los proyectos de rehabilitación de los existentes, disponiéndose ya de una amplia experiencia de más algo más de 10 años.

En base a esta experiencia, por parte del Comité Técnico de Túneles de la Asociación Técnica de Carre-

teras, ATC, se planteó ya hace tres ciclos de trabajo la necesidad de analizar las fortalezas y debilidades derivadas de la utilización de esta Metodología, creándose un Grupo de Trabajo constituido por técnicos especialistas en la materia, pertenecientes a diferentes organismos y empresas de ingeniería, al objeto de elaborar y recomendar una propuesta de Metodología a partir de las lecciones aprendidas durante su aplicación en los proyectos nuevos y de adaptación al RD 635/2006, adaptando, aclarando, y en algunos casos complementando, la redacción original, con el objetivo de que sirva de herramienta para aquellos proyectos en los que se presenten dificultades a la hora de llevar a cabo los estudios de análisis de riesgo.

El artículo que aquí se recoge es un resumen actualizado de la Metodología propuesta por la ATC, herramienta que pretende establecer un nuevo punto de partida, de recomendaciones y de apoyo a los proyectistas que se vean en la necesidad de utilizarla.

## LA MARTE

### APROBACIÓN

Para llevar a cabo el análisis de riesgo de un túnel es necesario seguir una metodología que defina tanto el procedimiento de cálculo del riesgo, como los criterios que permitan determinar si éste es o no aceptable. Por ello, la Directiva 2004/54/CE, de 29 de abril de 2004, sobre requisitos mínimos de seguridad para túneles de la red transeuropea de carreteras, establece que los Estados miembros deben garantizar que los análisis de riesgo en túneles de cada país se llevan a cabo siguiendo una metodología detallada y bien definida, así como informar a la Comisión Europea de la metodología aplicada, en un plazo de 5 años desde la entrada en vigor de la directiva.

En cumplimiento de la directiva, aunque con algo de retraso sobre el plazo fijado, en mayo de 2012 la Autoridad Administrativa de los túneles de carreteras del Estado en España aprobó la Metodología de Análisis de Riesgo en Túneles de la red de carreteras del Estado, más conocida por su acrónimo MARTE.

### MÉTODOS DE ANÁLISIS DE RIESGO

La MARTE es de obligado cumplimiento en todos los análisis de riesgo llevados a cabo en los túneles pertenecientes a la Red de Carreteras del Estado. Además, a falta de una metodología propia, también se ha aplicado para análisis de riesgo de túneles de otras Administraciones autonómicas y locales españolas.

La metodología se compone a su vez de dos métodos de análisis de riesgo en túneles de carretera, el Método General y el Método de Mercancías Peligrosas.

### Método General

El Método General, como su propio nombre indica, será el que se aplique con carácter general en la realización de análisis de riesgo en túneles. Este método tiene por objeto definir una herramienta que permita llevar a cabo el análisis de riesgo de un túnel cuando concurra alguna de las circunstancias previstas en la normativa, con la excepción de aquellas relacionadas con la circulación de vehículos de transporte de mercancías peligrosas.

El Método General se basa en la comparación del túnel objeto de estudio con un túnel de referencia, denominado túnel virtual. El análisis de riesgo está enfocado a analizar el nivel de riesgo de un túnel ante una serie de escenarios de incendio predeterminados, al considerar que son estas situaciones las que entrañan un mayor riesgo para los usuarios.

Para determinar el riesgo del túnel analizado se deben realizar unos cálculos paralelos comparando, las potenciales consecuencias que los escenarios de incendio considerados tendrían sobre los usuarios del túnel real, que es el túnel objeto de estudio, con las consecuencias que tendrían esos mismos escenarios en el túnel virtual.

El túnel virtual tiene el equipamiento que establece el Real Decreto 635/2006 en función del tipo de túnel (longitud, tráfico...). Por lo que, el túnel virtual tiene unas características de diseño y unas medidas de seguridad que se consideran adecuadas o de referencia, de acuerdo con lo dispuesto en la reglamentación aplicable al respecto.

El Método General de análisis de riesgo en túneles se basa, a su vez, en la integración de tres modelos, cada uno de los cuales trata de producir un determinado aspecto del riesgo del túnel, para llegar finalmen-

te a cuantificar el riesgo en el túnel analizado. Estos modelos son:

- Modelo de riesgo del túnel. Trata de reproducir el riesgo de accidente que da lugar a un escenario de incendio en el túnel analizado en función de sus características de diseño, equipamientos y explotación. Para ello, se contemplan una serie de escenarios de accidente, todos ellos desencadenantes de incendios en el interior del tubo, y se parametrizan mediante una serie de factores todas las características del túnel.
- Modelo de ventilación. Tiene por objeto simular el comportamiento de los humos producidos por un incendio en el interior del túnel en función de la ventilación, natural o artificial, disponible.
- Modelo de comportamiento de los usuarios. Persigue reproducir el comportamiento de los usuarios durante la evacuación del túnel por sus propios medios, o auto-evacuación, una vez que se ha producido un accidente que da lugar a un incendio.

### Método de Mercancías Peligrosas

El segundo método de análisis de riesgo que se propone en la MARTE tiene por objeto estudiar y evaluar el posible paso de mercancías peligrosas por el interior del túnel, por ello se ha denominado Método de Mercancías Peligrosas.

El método se basa en el empleo del modelo DG QRAM ("*Dangerous Goods Quantitative Risk Assessment Model*") – Modelo Cuantitativo de Evaluación del Riesgo de Mercancías Peligrosas), desarrollado por la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico) y la Asociación Mundial de la Carretera (PIARC).

Previamente a la aplicación del modelo se deben determinar una serie de parámetros que tienen en cuenta la accidentabilidad y medidas de seguridad disponibles en el túnel. Los resultados del cálculo se representan en un diagrama F/N, en el que:

- El eje de ordenadas  $F(n)$ , representa la frecuencia anual de ocurrencia de accidentes con  $n$  víctimas
- El eje de abscisas  $N$ , representa el número de víctimas

Estos resultados se comparan con los criterios de aceptación que son unas rectas límite representadas sobre este mismo diagrama.

## REVISIÓN DE LA MARTE

En los diez años de aplicación de la MARTE se han detectado multitud de puntos susceptibles de mejora, bien por tratarse simplemente de erratas; porque el texto no es lo suficientemente claro, dando lugar a diferentes interpretaciones de los analistas; bien porque es deseable completar la definición de los parámetros contemplados en los modelos, consiguiendo así una mayor homogeneización de los análisis; bien porque la modelización contemplada en la MARTE puede ser mejorada con las herramientas disponibles hoy en día; o bien porque los modelos no contemplan en el cálculo alguna situación con una considerable relevancia, como la congestión.

Esto dio lugar a que, en el seno del Comité de Túneles de la ATC se propusiera para el ciclo 2020-2023 la creación de un grupo de trabajo para la revisión y propuesta de mejora de la Metodología de Análisis de Riesgo en Túneles de la red de carreteras del Estado.

El grupo de trabajo se centró en el Método General de la MARTE, pues-

to que el Método de Mercancías Peligrosas de la MARTE, al estar basado en el modelo DG QRAM desarrollado por la OCDE y PIARC, ya estaba siendo actualizado y mejorado por PIARC.

El contenido de la metodología a revisar se dividió en 7 subgrupos de trabajo:

- Subgrupo 1: debía abordar los apartados 1. Marco normativo, 2. Definición y tipología de análisis de riesgo, 3. Determinación del método a aplicar y 4.4. Criterios de aceptación de la MARTE.
- Subgrupo 2: le correspondía la definición de los escenarios y el posicionamiento del incendio (4 a 4.1.1)
- Subgrupo 3: la determinación de los coeficientes de riesgo del túnel virtual y real, así como del índice de riesgo (4.1.2, 4.1.2.1, 4.1.2.2 y 4.1.2.4)
- Subgrupo 4: el factor corrector del coeficiente de riesgo (4.1.2.3)
- Subgrupo 5: el modelo tabulado de ventilación (4.2 a 4.2.1)
- Subgrupo 6: el modelo unidimensional de ventilación (4.2.2)
- Subgrupo 7: El modelo de comportamiento de los usuarios (4.3)

En este grupo de trabajo participaron activamente, integrándose en uno o más de los anteriores subgrupos de trabajo, las siguientes personas:

- Alberto Cuadrado
- Arturo Muñiz
- Carlos del Álamo
- Guillermo Llopis (líder del grupo de trabajo y coordinador del subgrupo 1)
- Ignacio del Rey (coordinador de los subgrupos 5 y 6)

- José Ramón Ochoa (coordinador del subgrupo 4)
- Juan Manuel Sanz (coordinador del subgrupo 2)
- Justo Suárez
- Lucía Ruiz (coordinadora del subgrupo 3)
- Luis Gil
- Luis Javier Díaz
- Mar Martínez
- Rafael López
- Rafael Sánchez (coordinador del subgrupo 7)
- Raquel Campo
- Sergio Patón

## METODOLOGÍA ATC

A continuación, se van a repasar, siguiendo el índice de la metodología, las principales propuestas de actualización o modificación formuladas por el grupo de trabajo, especificando para una cuál es el problema que tratan de solventar. El resultado de esta MARTE actualizada es la nueva Metodología de Análisis de riesgo en Túneles de Carretera o Metodología ATC:

### 1. Marco normativo

#### AUTOR DEL ANÁLISIS DE RIESGO

En relación con quién debe o puede realizar el análisis de riesgo de un túnel, cuando sea necesario, el artículo 11.2 del R.D. 635/2006 establece que: “*Los análisis de riesgo serán realizados, cuando resulten necesarios, por un organismo funcionalmente independiente del gestor del túnel. El contenido y los resultados de los análisis de riesgo se incluirán en el manual de explotación...*”.

Por otro lado, la MARTE dice que: *“De acuerdo con lo establecido en el Real Decreto 635/2006, el gestor del túnel debe mantener actualizado el manual de explotación y, por lo tanto, será el encargado de elaborar y actualizar el estudio de análisis de riesgo incluido en dicho documento.”*

Al establecer el R.D. 635/2006 que todos los análisis de riesgo se deben incluir en el manual de explotación correspondiente, la MARTE interpreta que esto implica que le corresponde al gestor del túnel la elaboración y actualización de estos análisis. Sin embargo, esto entra en contradicción directa con lo establecido en el real decreto de que los análisis de riesgo se deben realizar por un organismo funcionalmente independiente del gestor del túnel.

Por ello, se elimina el citado párrafo en la Metodología ATC, por ser contrario a lo establecido en el R.D. 635/2006.

### **NIVEL DE SEGURIDAD EQUIVALENTE**

El artículo 14.1 del R.D. 635/2006 establece, con respecto al procedimiento de solicitud de excepción, que el gestor del túnel deberá solicitar autorización de la autoridad administrativa justificando debidamente, entre otros, el siguiente extremo: *“Las medidas de reducción de riesgo alternativas que vayan a adoptarse o a reforzarse con objeto de garantizar al menos un nivel equivalente de seguridad, incluida su comprobación mediante el correspondiente análisis de riesgo.”*

Asimismo, en el 14.2 se dice, con respecto a los túneles no ubicados en la red transeuropea de carreteras, que: *“La solicitud se acompañará de un estudio de análisis de riesgo en el que se deberán justificar las razones que motivan la excepción, las medidas alternativas propuestas y el mantenimiento de niveles de seguridad en*

*el túnel análogos a los que se obtendrían de no aplicarse la excepción.”*

Sin embargo, no se aclara en el real decreto, ni en su normativa de desarrollo, como es la Resolución por la que se aprueba la MARTE, qué debe entenderse por un nivel de seguridad equivalente o análogo. Podría interpretarse que, para obtener un nivel de seguridad equivalente, los índices de riesgo resultantes de realizar un análisis de riesgo con las medidas de seguridad prescritas por la normativa y con las medidas propuestas en la solicitud de excepción, deben ser iguales. O bien considerar que para tener un nivel de seguridad análogo es suficiente con que la calificación del túnel resultante de los análisis de riesgo (túnel seguro, túnel con posibles restricciones o túnel con peligrosidad elevada) sea la misma.

En la Metodología ATC se aclara este concepto, entendiéndose que lo más correcto es la opción de considerar que hay un nivel de seguridad equivalente cuando el túnel obtenga la misma calificación con cada uno de los análisis de riesgo cuyas medidas de seguridad se desea comparar. La calificación del túnel es el resultado último del análisis de riesgo, siendo todos los demás valores obtenidos en el cálculo del riesgo pasos intermedios hasta la determinación de la calificación del túnel. Por lo que, se entiende que la equivalencia o analogía entre niveles de seguridad se debe establecer con respecto a este resultado final de análisis de riesgo.

Además, se propone incluir una nueva calificación para los túneles en los criterios de aceptación, para diferenciar los túneles con un nivel de seguridad, de acuerdo con análisis de riesgo, mayor que el del túnel virtual correspondiente.

Esta propuesta se detalla en el punto 4.4 de este artículo, correspondiente a los criterios de aceptación del Método General de la metodología.

### **CARRIL DE EMERGENCIA**

La versión española de la Directiva 2004/54/CE, traducida de la versión original en inglés, hace referencia en diversas ocasiones al término “carril de emergencia”.

En el punto 2.1 del anexo I, relativo al número de tubos y carriles, se establece lo siguiente:

*“2.1.3 Con excepción del carril de emergencia, se mantendrá el mismo número de carriles, tanto dentro como fuera del túnel.”*

Por otro lado, en el punto 2.4 del anexo I, relativo a las aceras, se dice que:

*“2.4.1 En los túneles nuevos sin carril de emergencia, se habilitarán aceras, preferentemente elevadas, para que los usuarios del túnel las empleen en caso de avería o accidente. Esto no será de aplicación cuando las características de la construcción del túnel no lo permitan o sólo lo permitan con costes desproporcionados y cuando el túnel sea unidireccional y disponga de vigilancia permanente y de sistema de cierre de los carriles.*

*2.4.2 En los túneles ya existentes que no tengan ni carril de emergencia ni acera, se tomarán medidas adicionales o reforzadas para proporcionar seguridad.”*

Ni en la legislación, ni en la normativa españolas sobre la materia se incluye el término “carril de emergencia”, ni se utiliza dicho término en las principales publicaciones sobre ingeniería de carreteras. Por lo que, se considera que no es la mejor traducción del mismo.

Consultando la definición del término “emergency lane” queda más claro a qué se refiere la Directiva 2004/54/CE:

*A shoulder, hard shoulder or breakdown lane [1], is an emergency*

*stopping lane by the verge of a road or motorway, on the right side in countries which drive on the right, and on the left side in countries which drive on the left.*

[1] Cambridge English Dictionary

De acuerdo con esto, la traducción más correcta de “emergency lane” sería la de arcén, siempre que este arcén tenga un ancho mínimo suficiente como para que un vehículo pueda circular por él.

La norma 3.1 IC de trazado, aprobada por Orden FOM/273/2016, de 19 de febrero, establece que la anchura mínima de los carriles de circulación de carreteras estatales es de 3 m, en el caso de vías con velocidad de proyecto de 40 o 50 km/h. Sin embargo, en el caso de una emergencia se podría considerar que la velocidad de circulación será considerablemente menor, por lo que sería razonable considerar una anchura menor.

Por otro lado, el Real Decreto 2822/1998, de 23 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento General de Vehículos, establece que, como regla general, la anchura máxima autorizada a los vehículos para poder circular, incluida la carga, es de 2,55 m.

Además, se debe considerar que el apartado 2.7.3 del anexo I del Real Decreto 635/2006 dice, con respecto a los apartaderos, lo siguiente: “*En los restantes túneles en los que sea requisito la disposición de apartaderos, de acuerdo con el apartado 2.21, cuando las características de la construcción del túnel no lo permitan o sólo lo permitan con costes desproporcionados, no será preciso habilitar apartaderos si la anchura total del túnel accesible para los vehículos, excluyendo las partes elevadas y los carriles normales de circulación, sea al menos igual a la anchura normal de un carril.*”.

Puesto que la anchura de arcén máxima establecida en la norma 3.1 IC de trazado es de 2,5 m, que prácticamente coincide con la anchura máxima de vehículos, se propone considerar 2,5 m el ancho mínimo del arcén derecho para que pueda considerarse que se dispone del carril de emergencia al que hace referencia el R.D. 635/2006. Pero puesto que la anchura máxima de los vehículos es ligeramente superior y por analogía con lo establecido en el apartado 2.7.3 citado, se deberá también disponer de un arcén izquierdo de al menos 1 m de anchura.

Por ello se introduce el siguiente párrafo en la Metodología ATC:

*“Se considerará que un túnel dispone de carril de emergencia cuando el arcén derecho tenga al menos una anchura de 2,5 m, siempre que el arcén izquierdo tenga al menos 1 m de anchura. En túneles bidireccionales se considerará cada sentido, pudiendo disponer de carril de emergencia en un sentido, en ambos o en ninguno.”*

## 2. Definición y tipología de análisis de riesgo

### **APROBACIÓN DE LOS ANÁLISIS DE RIESGO:**

El R.D. 635/2006 no recoge la obligatoria aprobación de los análisis de riesgo de túneles realizados. Tal como se ha comentado anteriormente, el art. 11.2 del real decreto determina que los análisis de riesgo realizados “... se incluirán en el manual de explotación que se remite a la autoridad administrativa para recabar las autorizaciones pertinentes.”.

Las autorizaciones pertinentes a que se refiere, que se recogen en el anexo II del real decreto, son las siguientes:

- Aprobación de un proyecto de construcción de un túnel (túnel en fase de proyecto)
- Autorización de puesta en servicio de un túnel (túnel en fase de construcción)
- Autorización de apertura al tráfico de un túnel, tras un cambio o modificación sustancial del mismo (túnel en fase de explotación)

En los tres casos, el gestor del túnel debe reunir la documentación que constituye el manual de explotación del túnel, consultar al responsable de seguridad y presentarle a la autoridad administrativa el manual junto con el dictamen del responsable de seguridad, para su consideración. Por lo que, se considera que la aprobación o autorización de la autoridad administrativa lleva implícita la aprobación del manual de explotación que se le ha remitido.

Por otro lado, la Orden Circular 33/2013 sobre el manual de explotación de los túneles de la Red de Carreteras del Estado, establece el procedimiento de aprobación del manual de explotación de un túnel, cuando no debe someterse a ninguno de los anteriores procedimientos, como ocurre en los túneles en fase de explotación que no requieren una apertura al tráfico, tras un cierre previo.

La aprobación de un manual de explotación implica la aprobación de toda la documentación contenida en el mismo, incluyendo los análisis de riesgo. Es por ello que, cuando en el punto 2.1 de la MARTE se dice: “*Los análisis de riesgo de un túnel deberán ser aprobados por la Autoridad Administrativa, de forma conjunta o independiente del manual de explotación del túnel.*”, contradice lo establecido en el real decreto y en su normativa de desarrollo. Por lo que, en la Metodología ATC propuesta se elimina este párrafo que incluye la MARTE.

## **DEFINICIÓN DE TÚNEL VIRTUAL**

La MARTE no deja completamente claro qué valor se debe adoptar en el túnel virtual a algunas variables, como por ejemplo el tráfico o las condiciones meteorológicas, lo que da lugar a diferentes interpretaciones por parte de los analistas. Por ello, en la Metodología ATC se incluye una definición completa de túnel virtual, de forma que ningún aspecto del mismo sea susceptible de interpretación. Para lo que se incluye en el punto 2.3 el siguiente párrafo:

*“El túnel virtual tendrá las siguientes características:*

- *Longitud: igual a la del túnel real*
- *Tipo de circulación del tráfico (unidireccional o bidireccional): igual al del túnel real*
- *Trazado en planta: igual al del túnel real*
- *Trazado en alzado: igual al del túnel real, salvo que éste tenga una inclinación media de la rasante superior al 3%, en cuyo caso la del túnel virtual será del 3%*
- *Trazado de la sección transversal: tendrá la misma forma que la del túnel real (rectangular, herradura, circular...), pero cumpliéndose en ella los anchos y gálibo vertical establecidos en la norma de trazado aplicable*
- *Tráfico: igual al del túnel real, salvo que en éste se supere el nivel de servicio C en autopistas y autovías o el D en carreteras convencionales y multicarril. En cuyo caso, la intensidad de tráfico del túnel virtual será la máxima para la que no se supere dicho nivel de servicio*
- *Ubicación y orientación: igual a las del túnel real*
- *Ventilación: será la mínima para cumplir con las exigencias del*

*R.D. 635/2006 (incendio con potencia mínima de 30 MW y caudal mínimo de humos de 120 m<sup>3</sup>/s)*

- *Equipamiento: el definido por el R.D. 635/2006 según la tipología del túnel.”*

## **ANÁLISIS DE RIESGO DE TÚNELES CON MÁS DE UN TUBO**

En los túneles en carreteras de calzadas separadas es habitual que haya, al menos, un tubo por calzada, por lo que para determinar el riesgo de estos túneles se debe analizar individualmente cada uno de sus tubos. No obstante, en la MARTE no se aclara qué índice de riesgo tendrá el túnel, a partir de los índices de riesgo de cada uno de sus tubos.

Por otro lado, en túneles con más de un tubo, puede ocurrir que cada uno de los tubos corresponda a una tipología diferente de las definidas en el punto 2.21 del anexo I del Real Decreto 635/2006. Esto ha dado lugar a que, en algunas ocasiones para reducir las exigencias de seguridad, se obtuviera el riesgo de cada tubo considerando el equipamiento mínimo para el mismo en función de su tipología, como si se tratara de un túnel de un solo tubo, es decir, sin tener en cuenta que estos tubos pertenecen a un mismo túnel que no puede equiparse de forma diferente en cada uno de sus tubos.

En la Metodología ATC propuesta se adopta un criterio respecto a estos dos aspectos, introduciendo el siguiente párrafo en el punto 2.3:

*“Para obtener el riesgo de un túnel con más de un tubo, se deberá analizar el riesgo de cada uno de sus tubos, considerándose como resultado del análisis de riesgo del túnel, el del tubo con un resultado más desfavorable. Además, deberá tenerse en cuenta que, al realizar el análisis de riesgo de cada uno de los tubos del túnel, se debe considerar como equi-*

*pamiento mínimo de todos los tubos el que corresponda al tubo de mayor longitud.”*

## **VALIDEZ DE LOS ANÁLISIS DE RIESGO**

El análisis de riesgo de un túnel se realiza para un determinado tráfico, bien sea este resultado de una prognosis o bien sea el existente en el túnel en el momento de realizar el análisis. En cualquier caso, dado que la intensidad del tráfico, tanto total como de pesados, tiene una considerable influencia en el resultado del análisis y, puesto que el tráfico cambia con el tiempo, se considera necesario aclarar que el análisis de riesgo realizado dejará de ser válido cuando se supere el tráfico considerado en el cálculo del riesgo.

Para ello se introduce el siguiente párrafo en el punto 2.5 de la Metodología ATC:

*“En cualquier caso, el análisis de riesgo será válido para las hipótesis de tráfico consideradas, si bien el analista podrá plantear una prognosis de tráfico para determinar a partir de qué datos de tráfico (IMD e IMD de pesados) la calificación del túnel obtenida con el análisis (p.e. seguro, sin necesidad de restricciones, etc.) cambiaría.”*

## **3. Determinación del método a aplicar**

Los métodos contemplados en la MARTE para realizar el análisis de riesgo de un túnel son el Método General y el Método de Mercancías Peligrosas. Tal como se ha comentado anteriormente, la Metodología ATC propuesta se ha centrado en el Método General, al basarse el Método de Mercancías Peligrosas en el modelo DG QRAM que está siendo actualizado por PIARC.

## 4. Método general

### 4.1 Modelo de riesgo del túnel (subgrupos 2, 3 y 4)

#### ESCENARIOS DE INCENDIO

La MARTE contempla para cada escenario de incendio la posibilidad de originarse por varios posibles accidentes. Esto se ha simplificado en la Metodología ATC, dejando un solo accidente como origen del incendio provocado en cada uno de los escenarios que contempla la metodología.

#### POSICIONAMIENTO DEL INCENDIO EN EL TÚNEL

La MARTE contempla en el punto 4.1.1.3 los criterios a seguir para posicionar el accidente y posterior incendio que se producen en cada uno de los escenarios. Estos criterios son diferentes en función de si se trata de un túnel unidireccional o bidireccional, y de las salidas de emergencia de que dispone el mismo, considerando los siguientes casos:

- Sin salidas de emergencia ni en el túnel real ni en el virtual
- Sin salidas de emergencia en el túnel real pero sí en el virtual
- Con salida/s de emergencia en el túnel real y en el virtual

El principal problema a la hora de aplicar estos criterios es que en el caso de que tanto en el túnel virtual como en el real (existente o proyectado) haya, al menos, una salida de emergencia intermedia, el accidente se debe producir junto a esta salida, que quedará inhabilitada por el posterior incendio. Por lo que, al realizar el análisis puede resultar necesario disponer una salida de emergencia adicional a la inhabilitada, pese a que, según los requisitos mínimos de seguridad del R.D. 635/2006, por longitud del túnel no sería necesario

disponer esta salida de emergencia adicional.

La propuesta que se realiza para posicionar el incendio, además de solucionar el citado problema, simplifica considerablemente el posicionamiento reduciendo toda la casuística de la MARTE. La Metodología ATC contempla un criterio distinto para el posicionamiento del incendio de forma que, en todos los túneles (real y virtual) y escenarios, se analizarán dos posiciones de incendio:

- Posición 1 (o P1): en el punto medio (50%) entre las dos salidas de emergencia consecutivas más separadas del túnel real, considerando a estos efectos las bocas del túnel como salidas de emergencia
- Posición 2 (o P2): en el punto situado al 80% entre las mismas dos salidas de emergencia.

Para realizar el análisis de riesgo, la ubicación de las salidas de emergencia será la siguiente:

- Túnel real: coincidiendo con las salidas de emergencia existentes o proyectadas
- Túnel virtual: manteniendo la máxima interdistancia, según las características del túnel en el R.D.

635/2006, en torno a la posición del incendio fijada para el túnel real.

Finalmente, se establece que el coeficiente de riesgo del túnel será el más alto de los obtenidos para cada una de las posiciones de incendio analizadas.

#### FACTOR CORRECTOR DEL RIESGO EN FUNCIÓN DEL TRÁFICO O FACTOR IMD

La MARTE contempla un factor corrector en función del tráfico que circula o circulará por el túnel, denominado  $F_{IMD}$ , que corrige la probabilidad de ocurrencia de cada escenario, a partir de la que se obtiene el coeficiente de riesgo, en función de la IMD por carril del túnel real. Igualmente se realiza para el túnel virtual, teniendo en cuenta que la intensidad de tráfico del túnel virtual será la misma que la del real siempre que en este no se supere el nivel de servicio C, en cuyo caso la intensidad de tráfico del túnel virtual será la máxima para la que no se supera el nivel de servicio C.

Puesto que el índice de riesgo de un túnel es el cociente del coeficiente del túnel real entre el de su túnel virtual, lo que es relevante para determinar la sensibilidad del índice de

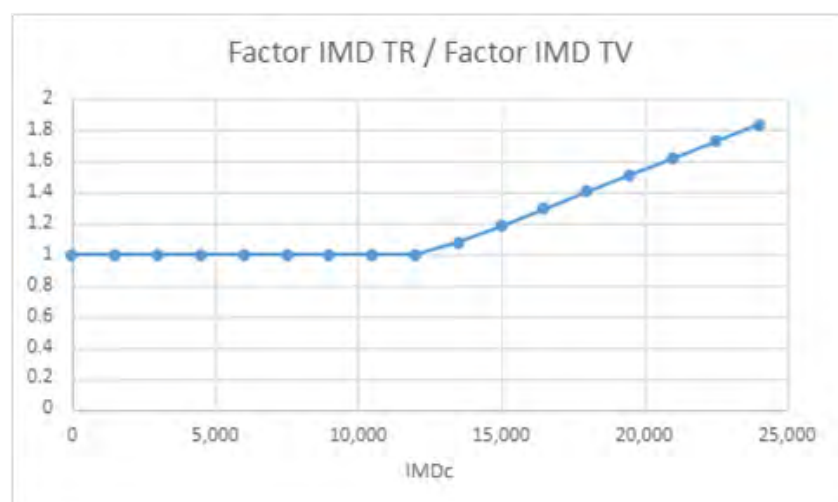


Figura 1. Variación del cociente entre el factor IMD del túnel real y del virtual en función de la IMD por carril del túnel real en una autopista o autovía con dos carriles por sentido

riesgo del túnel frente la intensidad de tráfico del mismo es el cociente entre el factor IMD del túnel real y del virtual.

Tal y como se observa en la figura 1 y se deduce de la definición del mismo, el factor IMD no tiene influencia hasta que no se supera en el túnel real la intensidad de tráfico máxima para el nivel de servicio C. A partir de este valor de IMD, la influencia de este factor sobre el índice de riesgo crece rápidamente hasta un valor máximo que llega casi a duplicarlo.

Esto supone que, en un túnel con muy elevado tráfico sea prácticamente imposible conseguir reducir su índice de riesgo hasta conseguir que alcance un valor que permita calificarlo como seguro, por más medidas de seguridad adicionales o complementarias con las que se dote al túnel. Lo que ha llevado a muchos analistas a no considerar este factor en el cálculo, o bien a reinterpretar su aplicación por considerar desproporcionada su influencia sobre el índice de riesgo.

Además, como también se observa en la gráfica anterior, por la propia definición del factor IMD, este únicamente penaliza el riesgo en los túneles con muy elevado tráfico. Sin embargo, no considera la reducción del riesgo que supone para un túnel tener un tráfico muy reducido.

Por estos motivos se incluye en la Metodología ATC un nuevo factor IMD, para tener en cuenta la influencia del tráfico sobre el índice de riesgo del túnel. Este factor se aplica para determinar el factor corrector del coeficiente de riesgo, de forma análoga a como se hace con los otros factores que consideran elementos de la geometría, el equipamiento y la explotación del túnel, en lugar de modificar la probabilidad de ocurrencia de cada escenario como contempla actualmente la MARTE.

El factor IMD del túnel virtual será siempre igual a la unidad, mientras que para el túnel real se obtendrá mediante la siguiente fórmula:

$$F_{IMD} = 1 + 0,15 \cdot \frac{IMD_{C_{real}} - IMD_{C_{virtual}}}{IMD_{C_{virtual}}}$$

Pero antes de obtener este factor, es necesario determinar el valor de la IMD por carril del túnel virtual ( $IMD_{C_{virtual}}$ ). Para ello, se ha tomado como referencia lo establecido en la norma 3.1 IC (tabla 7.1), en la que se fija el nivel de servicio mínimo en la hora de proyecto del año horizonte en función del tipo de carretera y su velocidad de proyecto. Así pues, se tomará como nivel de servicio mínimo en función del tipo de carretera, que se corresponde con el nivel de servicio máximo para el túnel virtual, el siguiente:

- Autopistas y autovías: nivel de servicio C
- Carreteras convencionales y multicarril: nivel de servicio D

Del mismo modo, para tener en cuenta la reducción del riesgo que supone un reducido tráfico en el túnel, se adopta un nivel de servicio mínimo para el túnel virtual, que será:

- Autopista y autovías: nivel de servicio A
- Carreteras convencionales y multicarril: nivel de servicio B

Finalmente, teniendo en cuenta que la  $IMD_{C}$  del túnel virtual para cada uno de estos niveles de servicio será la máxima para la que no se supera el mismo, se puede determinar la misma, en función del tipo de carretera y de la  $IMD_{C}$  del túnel real, a partir de:

- En autopistas y autovías:
  - Si  $IMD_{C_{real}} > IMD_{C_{N.S.C}}$   $\rightarrow$   
 $IMD_{C_{virtual}} = IMD_{C_{N.S.C}}$
  - Si  $IMD_{C_{N.S.A}} < IMD_{C_{real}} < IMD_{C_{N.S.C}}$   
 $\rightarrow$   $IMD_{C_{virtual}} = IMD_{C_{real}}$

- Si  $IMD_{C_{real}} < IMD_{C_{N.S.A}}$   $\rightarrow$   
 $IMD_{C_{virtual}} = IMD_{C_{N.S.A}}$
- En carreteras convencionales y multicarril:
  - Si  $IMD_{C_{real}} > IMD_{C_{N.S.D}}$   $\rightarrow$   
 $IMD_{C_{virtual}} = IMD_{C_{N.S.D}}$
  - Si  $IMD_{C_{N.S.B}} < IMD_{C_{real}} < IMD_{C_{N.S.D}}$   
 $\rightarrow$   $IMD_{C_{virtual}} = IMD_{C_{real}}$
  - Si  $IMD_{C_{real}} < IMD_{C_{N.S.B}}$   $\rightarrow$   
 $IMD_{C_{virtual}} = IMD_{C_{N.S.B}}$

En las siguientes gráficas se muestra cómo evoluciona el factor IMD para el túnel real en función de la IMD por carril del mismo, tanto para autopistas y autovías, como para carreteras convencionales y multicarril.

Tal como se observa en las figuras 2 y 3, este factor se traduce en una reducción de hasta un 15% del índice de riesgo para túneles con reducido tráfico y en un aumento de menos de un 15% para túneles con elevado tráfico, que se deberá compensar con medidas de seguridad adicionales o complementarias.

**FACTOR DE OTRAS MEJORAS**

La MARTE contempla, dentro de los factores de ponderación por criterios de equipamiento del túnel (Feq), un factor que engloba otras mejoras en la dotación del túnel sobre lo exigido para él en el R.D. 635/2006 (FeqQOTR). Este factor, que no podrá ser inferior a 0,9, es un cajón de sastre para que el analista considere tanto el equipamiento contemplado en el real decreto que no se considera directamente por la metodología (que se enumera en la MARTE), como otro posible equipamiento no contemplado por el real decreto.

La MARTE no da ninguna pauta para la determinación del valor de este factor en función del equipamiento, por lo que es cada analista quien lo determina según su criterio.

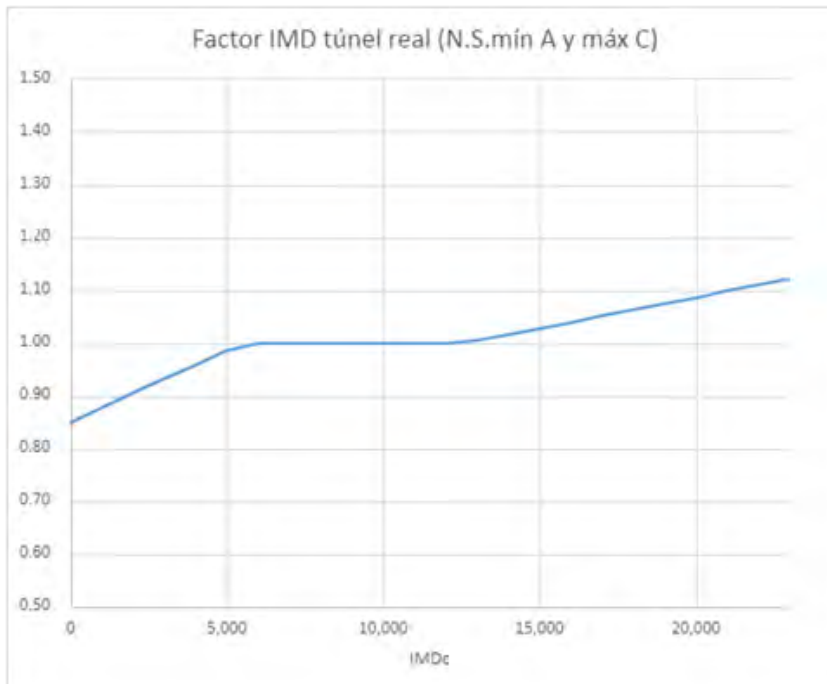


Figura 2. Evolución del factor IMD del túnel real de una autopista o autovía con dos carriles por calzada en función de la IMD por carril

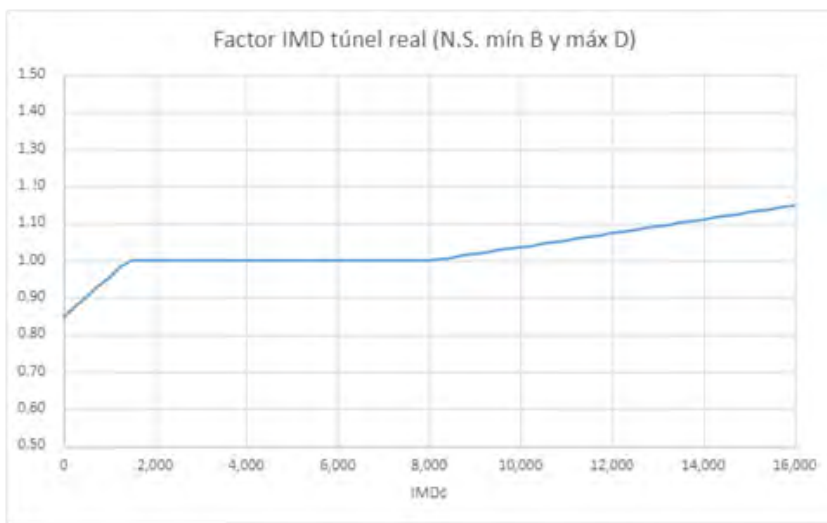


Figura 3. Evolución del factor IMD del túnel real de una carretera convencional o multicarril en función de la IMD por carril

En la Metodología ATC, sin embargo, se dan unas pautas a los analistas para la determinación de este factor corrector, pues se ha observado que en muchas ocasiones este factor se obtiene de forma arbitraria, con el único objetivo de acercarse al resultado que se espera del análisis de riesgo.

Para ello, en primer lugar, se aumenta el peso del factor, que podrá

oscilar entre 0,8 a 1,2, puesto que son muchas las instalaciones a considerar en el mismo. A continuación, se divide en dos el peso del factor ( $\pm 0,2$ ), una parte del mismo estará destinada a evaluar el equipamiento contemplado en el R.D 635/2006 pero no considerado en la MARTE (el 75%) y la otra parte será para tener en cuenta el equipamiento no considerado en el real decreto (25%).

En la propuesta se dan también unas pautas para considerar el peso de cada una de las instalaciones incluidas en el real decreto. Mientras que la consideración del equipamiento no contemplado por el real decreto se determinará de forma discrecional por el analista.

#### 4.2. Modelos de ventilación (subgrupos 5 y 6)

Los modelos de ventilación tratan de reproducir el movimiento de los humos que se producen a consecuencia de un incendio.

La MARTE contempla dos modelos de ventilación diferentes:

- Modelo tabulado de ventilación: de aplicación en túneles cortos, para los que el real decreto no exija ventilación mecánica.
- Modelo unidimensional de ventilación: de aplicación en el resto de los túneles.

Con respecto al ámbito de aplicación de cada uno de estos modelos, en la Metodología ATC se matiza que el modelo unidimensional también se deberá emplear en el caso de túneles que, a pesar de no exigirles ventilación forzada el real decreto, sí que dispongan de la misma.

#### MODELO TABULADO DE VENTILACIÓN

En este modelo para determinar de forma simplificada el comportamiento de los humos a lo largo del túnel, la MARTE da valores de las siguientes variables para el incendio producido en cada uno de los escenarios:

- Caudal de humo producido, se da una horquilla de valores tanto para una distribución del humo con un solo frente de avance, que

se aplica a túneles unidireccionales; como para dos frentes iguales de avance, que se aplica a túneles bidireccionales.

Posteriormente, este valor de caudal de humo producido no se aplica en el modelo. Por lo que se eliminar en la metodología propuesta.

- Velocidad de desplazamiento del humo, se da una horquilla de valores para cada escenario, diferenciando nuevamente entre un solo frente o dos frentes.

Permite obtener cuándo el humo sale por la boca o bocas de entrada, que es uno de los factores que determina el momento en el que dejan de entrar más vehículos en el túnel.

- Tiempo de desestratificación del humo, a partir del cual el humo ocupa toda la sección del túnel.

Durante este tiempo los usuarios afectados, salen de su vehículo y evacúan el túnel hacia la salida de emergencia más próxima en sentido de avance del humo.

- Tiempo adicional, que disponen los usuarios afectados tras la desestratificación de los humos, para evacuar el túnel.

Durante este tiempo, los usuarios que aún no han salido continúan evacuando el túnel a una velocidad de avance reducida por la pérdida de visibilidad. Transcurrido este tiempo, los usuarios que no han alcanzado un lugar seguro quedan atrapados en el túnel.

Además, la MARTE incluye una fórmula que permite determinar cuáles serían las velocidades de desplazamiento del humo, en cada escenario, para secciones de túnel distintas de la de 70 m<sup>2</sup>, que es la que considera como referencia.

Gráfica auto-evacuación  
Escenario 1: Incendio de vehículo ligero 8 MW potencia

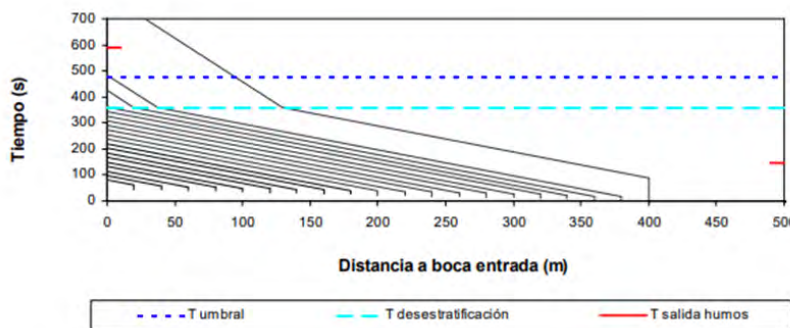


Figura 4. Diagrama espacio-tiempo extraído de la MARTE en el que, en un tramo de túnel contiguo a la boca de entrada (0 m), la desestratificación se produce antes de que el humo haya llegado

Uno de los problemas que se detectó en este modelo es que considera un tiempo fijo para la desestratificación del humo en túnel, llegando a producir la paradoja de que el humo se desestratifique en un tramo del túnel al que todavía no ha llegado.

Para corregir esto, la Metodología ATC introduce en el gráfico longitud-tiempo el avance de los humos, junto a los tiempos de desestratificación, adicional y de salida del humo por cada boca. De esta forma es posible corregir las líneas que definen los tiempos de desestratificación y adicional a lo largo del túnel. Estas líneas dejarán de ser dos rectas horizontales, cuando la desestratificación se produzca antes de que el humo alcance una boca.

Además, a partir de diversas simulaciones con un modelo tridimensional se determina la velocidad de avance y el tiempo de desestratificación de los humos, en función de la pendiente longitudinal y para una sección tipo del túnel, permitiendo así calibrar los valores dados por el modelo tabulado, tal como se detalla más adelante.

Como se ha comentado, el modelo tabulado realiza la hipótesis de que

el avance del humo en un frente se produce en túneles unidireccionales, mientras que en túneles bidireccionales se producirá en dos frentes. Sin embargo, es conocido que el avance en uno o dos frentes no depende del tipo de circulación del tráfico, sino de otros muchos factores como son la pendiente longitudinal (efecto chimenea), sección transversal, condiciones ambientales (viento, presión, temperatura), empuje del aire por los vehículos circulando (efecto pistón), etc.

Esto supone que, en determinadas situaciones, la hipótesis considerada en el modelo tabulado no queda del lado de la seguridad, como puede ser en el caso de un túnel bidireccional con pendiente elevada o en el de un túnel unidireccional congestionado. Para mejorar el ajuste a la realidad del modelo, se ha determinado de forma simplificada (sin considerar condiciones ambientales y para una sección transversal tipo), mediante múltiples modelizaciones tridimensionales en las que se ha estudiado el movimiento de los humos tanto a la altura de evacuación como en la clave del túnel, para qué valor de la pendiente longitudinal del túnel se pasa de un avance en dos frentes a uno en un solo frente.

Las conclusiones de este estudio se expresan en la Metodología ATC de la forma siguiente:

“Se distinguen tres tramos según el valor absoluto de la pendiente del túnel:

- Un tramo entre 0 y 1%, en el que se considera que el frente de humo avanza en ambos sentidos, con unos valores mínimos de la velocidad de avance y del tiempo de desestratificación.
- Un tramo entre 1 y 4,5%, en el que el frente de humo avanza en un único sentido, el de la pendiente ascendente, en el que los valores de la velocidad de avance y del tiempo de desestratificación siguen una relación lineal con el valor de la pendiente.
- Un tramo para pendientes por encima de 4,5%, con el humo avanzando en el sentido de la pendiente ascendente, con unos valores máximos de la velocidad de avance y del tiempo de desestratificación.”

A partir de aquí, se dan los valores o las fórmulas (para el tramo de pendiente entre 1 y 4,5%) para determinar la velocidad de avance del frente y el tiempo de desestratificación, para un túnel de sección tipo de 70 m<sup>2</sup>. Pero, dado que tanto la velocidad del humo como el tiempo de desestratificación se ven afectados por la sección transversal del túnel (superficie, altura, forma), se introducen unos factores correctores para tener esto en cuenta. Estos factores varían en función del área de la sección y de la relación de la altura con el diámetro hidráulico, y se aplican tanto al túnel real como al virtual.

Finalmente, cabe comentar que, puesto que estos cambios del modelo tabulado suponen en la práctica un cambio completo del mismo, se cambia también el nombre del mismo por

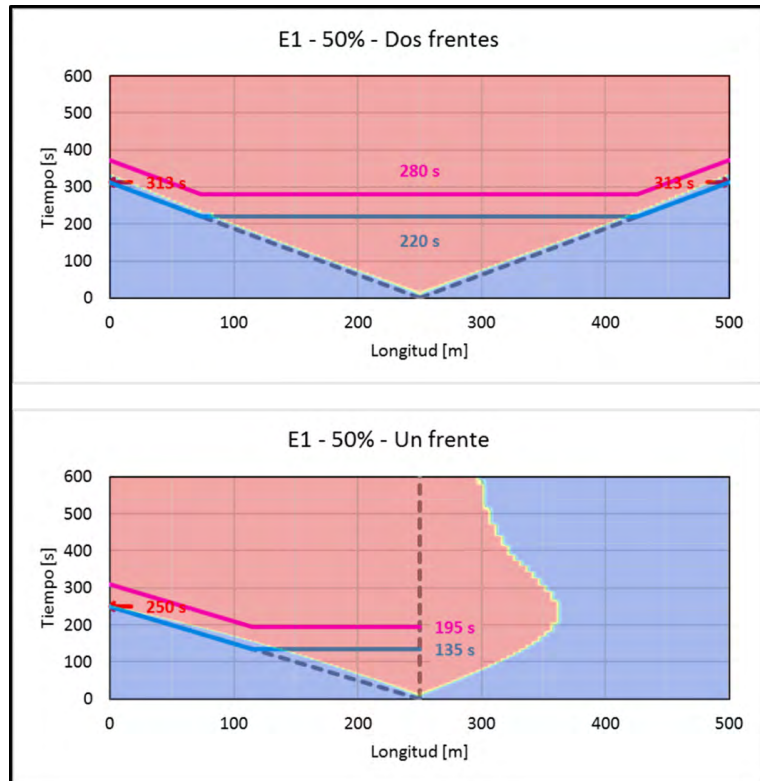


Figura 5. Comparación de la velocidad de avance del frente de humo (línea negra discontinua), según el modelo simplificado, con la obtenida con una simulación tridimensional, tanto para uno como dos frentes. Se incluyen también los tiempos de desestratificación (azul) y adicional (rosa/morado)

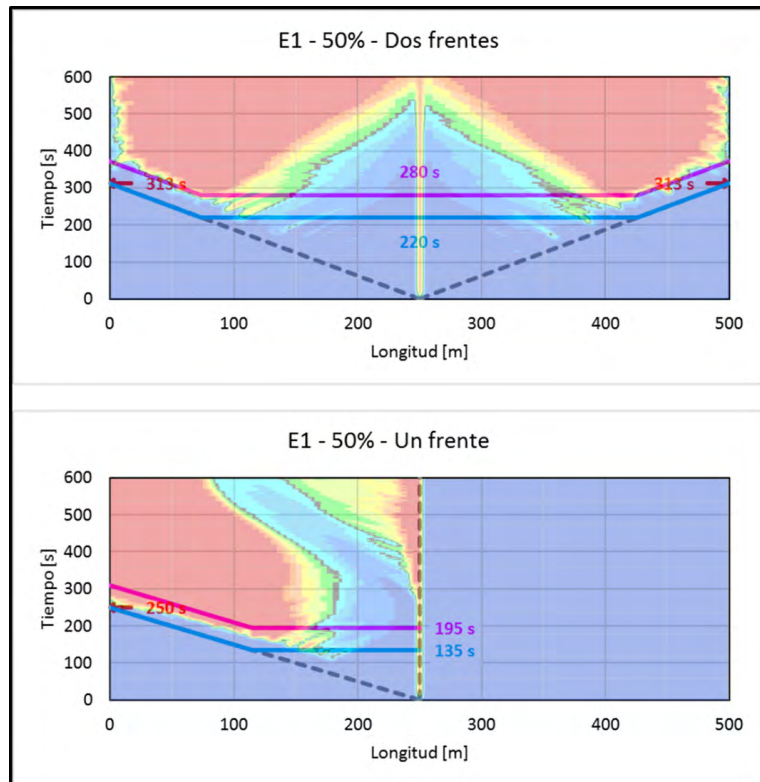


Figura 6. Comparación del tiempo de desestratificación (línea azul), según el modelo simplificado, con el obtenido a la altura de evacuación con un modelo tridimensional, tanto para uno como dos frentes. Se incluyen también el tiempo adicional (rosa/morado) y la velocidad de avance (negra discontinua)

el de MODELO SIMPLIFICADO DE VENTILACIÓN que, además, se considera que describe mejor el modelo.

**MODELO UNIDIMENSIONAL DE VENTILACIÓN**

La MARTE contempla el empleo de un modelo unidimensional para el análisis de riesgo en túneles con ventilación mecánica. En estos modelos, como es sabido, se considera que las variables físicas (velocidad del aire, concentración de humo, visibilidad...) son contantes en cada sección transversal del túnel. Por lo que, los modelos unidimensionales, están especialmente bien adaptados para el estudio de la ventilación longitudinal de túneles unidireccionales sin congestión, pero no permiten modelizar adecuadamente los fenómenos de estratificación de los humos.

En los túneles bidireccionales o unidireccionales congestionados, con ventilación mecánica, la estrategia de ventilación se basa en mantener la estratificación de los humos el mayor tiempo posible, para favorecer durante ese tiempo la auto-evacuación de los usuarios desde ambos lados del incendio. Es por ello que, en estos casos, así como en cualquier otro en el que el fenómeno de la estratificación sea relevante, no es aconsejable emplear únicamente un modelo unidimensional y se recomienda recurrir a modelos tridimensionales.

Por este motivo, la Metodología ATC introduce los modelos tridimensionales de ventilación. Para ello, en primer lugar, se contempla un cambio de denominación del modelo, pasando a denominarse MODELO COMPUTACIONAL DE VENTILACIÓN, que incluye tanto el modelo unidimensional como el tridimensional. Además, se recomienda el empleo del modelo tridimensional en túneles bidireccionales o unidireccionales congestionados con ventilación forzada.

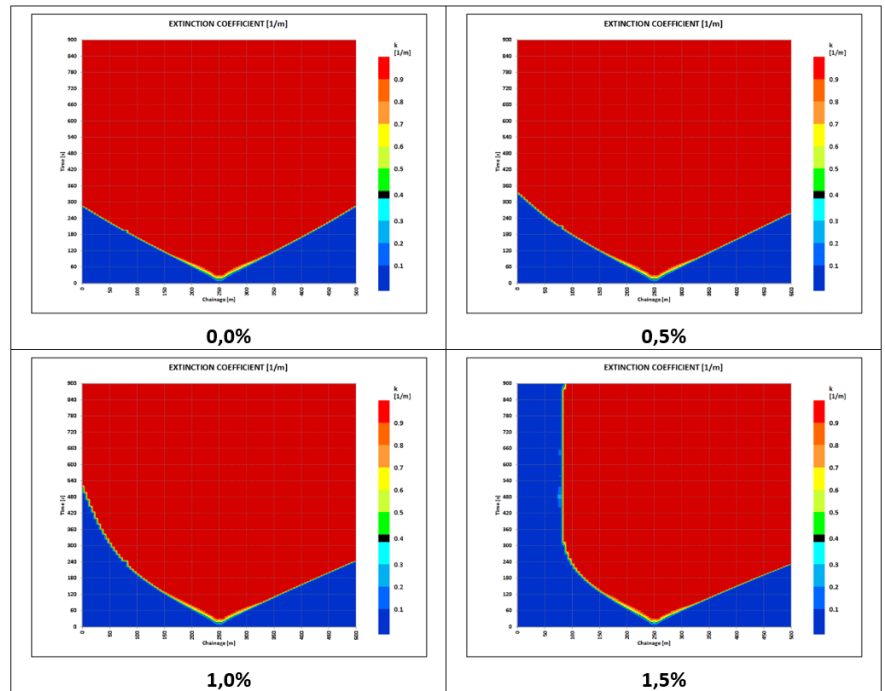


Figura 7. Comportamiento del humo en la clave del túnel, para el incendio del escenario 2, en función de la pendiente longitudinal del túnel

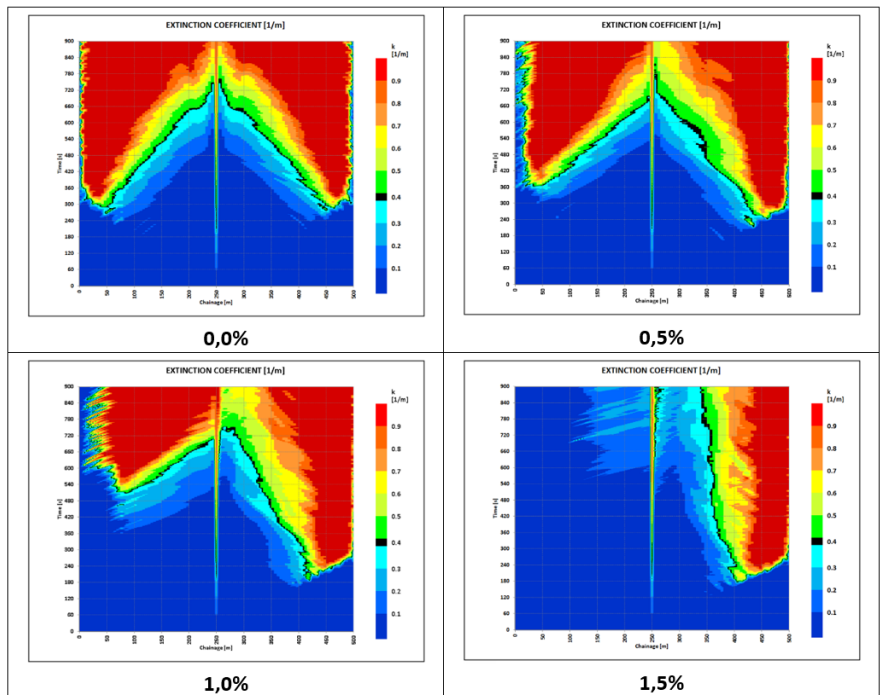


Figura 8. Comportamiento del humo a la altura de evacuación, para el incendio del escenario 2, en función de la pendiente longitudinal del túnel

Otro inconveniente que presenta el modelo de ventilación de la MARTE es que no se dan directrices sobre la consideración de las condiciones ambientales (viento, presión y temperatura), que tienen una enorme

influencia en el resultado de la simulación. De esta forma, según los valores que considere cada analista el resultado del análisis puede variar considerablemente.

Para solucionar esto en la Metodología ATC se introduce un apartado en el que se proponen criterios, tanto para el modelo unidimensional como para el tridimensional, que el analista podrá emplear a falta de datos más precisos, no solo para la consideración de las condiciones ambientales, sino también para la definición de los incendios. Asimismo, se aclara cómo se debe considerar en el modelo computacional para el túnel virtual la geometría, el tráfico, el funcionamiento del sistema de ventilación o de los equipos de cierre del túnel, que es algo que no se define en la MARTE, por lo que da lugar a diversidad de criterios según el analista.

### 4.3. Modelo de comportamiento de los usuarios (Subgrupo 7)

Los modelos de comportamiento de los usuarios o de evacuación tratan de reproducir el proceso de evacuación de los usuarios por sus propios medios, o auto-evacuación, tras producirse un incendio.

En el modelo de comportamiento de los usuarios de la MARTE se define, en primer lugar, cómo determinar el número de usuarios afectados por el incendio. Para ello, además de definir la tasa de ocupación de cada tipo de vehículo, se considera que los vehículos siguen entrando en el túnel hasta que este se llene, se cierre (con semáforos o barreras), o bien el humo del incendio comience a salir por la boca de entrada.

Por lo que respecta al proceso de evacuación de los usuarios afectados, se considera que:

- Existe un tiempo de reacción hasta que cada usuario inicia la evacuación
- Cada usuario evacúa a 1 m/s, mientras no hay humo o está estratificado

- Cuando el humo alcanza a un usuario, tras la desestratificación, este continúa evacuando a una velocidad reducida durante el tiempo adicional correspondiente
- Si el usuario no consigue llegar a un lugar seguro en ese tiempo quedaría atrapado

El tiempo de reacción definido por el modelo de la MARTE es en el caso de los vehículos implicados en el accidente de 90 segundos para ligeros y pesados, y de 300 para autobuses. Mientras que, para el resto de los usuarios el tiempo de reacción es de 15 segundos.

Este tiempo de reacción de los usuarios de 15 segundos se considera excesivamente reducido para que una persona tome la decisión de evacuar, se quite el cinturón, coja lo mínimo imprescindible y salga del vehículo. Lo habitual en otras metodologías de análisis de riesgo, así como en publicaciones científicas, son tiempos de reacción que oscilan entre los 30 y los 90 segundos. Por lo que, en la Metodología ATC se aumenta este tiempo hasta los 30 segundos, por ser el más próximo del citado intervalo al valor actual de la MARTE.

Por otro lado, la modelización de la evacuación de la MARTE considera que los usuarios que entran en el túnel comenzarán su proceso de evacuación cuando lleguen a la cola de vehículos detenidos, o bien cuando se crucen con un usuario evacuando a pie el túnel. La experiencia de este tipo de situaciones, así como ensayos a escala real realizados, muestran que lo habitual es que un conductor que circula por un túnel no se detenga hasta que encuentre una cola de vehículos detenidos, a pesar de que vea antes a una persona evacuando el túnel. Por lo que, en la metodología propuesta se considera que los usuarios no comienzan su proceso de evacuación hasta alcanzar la cola de vehículos detenidos.

Una laguna detectada en el modelo de comportamiento de los usuarios de la MARTE es que no contempla la posibilidad de que el túnel esté congestionado en el momento que se produce el incendio, lo que puede suponer que del análisis resulte un menor riesgo del que se obtendría considerando esta circunstancia. Puesto que algunos túneles están congestionados durante un número considerable de horas al año, se considera imprescindible analizar su riesgo contemplando esta situación. Para ello, se incluye en la Metodología ATC la modelización de la evacuación de túneles congestionados. Además, también se aclara en la metodología propuesta en qué casos sería necesario analizar el túnel congestionado, así como cuándo sería esto recomendable.

Por último, puesto que se ha introducido en la Metodología ATC un modelo tridimensional de ventilación, se dan las pautas para la modelización de la evacuación y la determinación de los usuarios atrapados cuando se usa dicho modelo.

### 4.4. Criterios de aceptación (subgrupo 1)

Tal como se comentó en el punto de este artículo sobre el “nivel de seguridad equivalente”, la Metodología ATC incluye una nueva categoría en la calificación de los túneles en función de su índice de riesgo contenido en el punto 4.4 *Criterios de aceptación*. Esta nueva categoría corresponde a túneles con un nivel de seguridad, de acuerdo con análisis de riesgo, mayor que el de su correspondiente túnel virtual.

Además, también se modifica la denominación de las restantes categorías de túnel en función de su índice de riesgo, para que sean coherentes con la nueva categoría propuesta.

El resultado de esta propuesta, detallando en azul el texto que se modifica en la Metodología ATC respecto a la MARTE, es el siguiente:

“Se fija la siguiente calificación de los túneles en función de su índice de riesgo:

- Túneles seguros o con bajo riesgo: serán aquellos que presenten un valor del índice de riesgo inferior a la unidad y, por tanto, más seguridad que el túnel virtual correspondiente, de acuerdo con la presente metodología.

Se considerarán así todos los túneles que presenten un valor del índice de riesgo inferior a 1'00.

- Túneles sin necesidad de restricciones o con riesgo aceptable: serán aquellos que presenten un valor del índice de riesgo muy próximo a la unidad, pero siempre superior a ésta.

Se considerarán así todos los túneles que presenten un valor del índice de riesgo comprendido entre 1,00 y 1'15.

- Túneles con posibles restricciones o con riesgo medio: serán aquellos que presenten un valor del índice de riesgo comprendido entre 1'15 y 1'50.

Este caso se corresponde con túneles en los que el riesgo es compatible con mantenerlos en servicio durante un cierto periodo de tiempo, a determinar individualmente por la Autoridad Administrativa. Será necesario estudiar las medidas complementarias aplicables para incrementar la seguridad en el túnel o en sus inmediaciones, que se pueden aplicar a medio plazo. En cada caso, será la Autoridad Administrativa la que deba aprobar las medidas a adoptar.

- Túneles inseguros o con riesgo elevado: serán aquellos que presenten un valor del índice de ries-

go superior a 1'50 y no se considerarán seguros.

Estos túneles requerirán la adopción de medidas complementarias para aumentar su seguridad y poder mantenerse o ponerse en servicio, según su caso. En cada caso, será la Autoridad Administrativa la que deba aprobar las medidas a adoptar.”

## 5. Conclusiones

A modo de conclusiones, se pueden resaltar los siguientes aspectos del estudio realizado y de la consecuente propuesta de Metodología de Análisis de riesgo en Túneles de Carretera:

- La Metodología de Análisis de Riesgo en Túneles de red de carreteras del Estado (MARTE) es una potente herramienta que, desde su aprobación hace más de una década, ha permitido elaborar infinidad de análisis de riesgo en túneles de carretera de una forma racional, homogénea y razonablemente objetiva. Contribuyendo a la toma de decisiones en materia de seguridad en túneles de una forma eficiente y con una mayor transparencia.
- La Metodología ATC que se describe en el presente artículo, es el fruto de la experiencia acumulada en la aplicación de la MARTE, así como de más de dos años de trabajo de los miembros del grupo de trabajo creado con este objetivo por el Comité de Túneles de la ATC.
- Cada uno de los cambios incluidos en la Metodología ATC, respecto a la MARTE que se ha tomado como punto de partida, está perfectamente justificado y persigue uno o más de los siguientes objetivos:
  - Eliminar erratas

- Aclarar aspectos que suponen diversas interpretaciones
- Solucionar problemas que, en algunos túneles, supone la aplicación de determinados aspectos (posicionamiento del incendio, factor IMD)
- Mejorar la simulación del comportamiento de los humos, en aquellos casos que así lo requieran (modelo tridimensional)
- Permitir analizar situaciones no contempladas (túneles con congestión)

## 6. Bibliografía

- [1] Directiva 2004/54/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 29 de abril de 2004 sobre requisitos mínimos de seguridad para túneles de la red transeuropea de carreteras
- [2] Real Decreto 635/2006, de 26 de mayo, sobre requisitos mínimos de seguridad en los túneles de carreteras del Estado
- [3] Resolución de 30 de mayo de 2012 del Secretario de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda por la que se aprueba la Metodología de análisis de riesgo en túneles de la red de carreteras del Estado
- [4] Orden Circular 33/2013 sobre el manual de explotación de los túneles de la red de carreteras del Estado
- [5] Real Decreto 2822/1998, de 23 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento General de Vehículos. ❖

# Consideraciones para la instalación de barreras de seguridad y pantallas acústicas en las carreteras



## Considerations for the installation of safety barriers and noise barriers on roads

**Dámaso M. Alegre Marrades**  
*ANIPAR*

**Edgar Lloret Domínguez**  
*METALESA*

**Sergio Corredor Peña**  
*SIMEPROVI*

**Andrés Navarro Cortés**  
*GIVASA*

### Miembros del Comité Técnico de Dotaciones Viales de la ATC

**E**n este artículo se analizan los factores a tener en cuenta desde el punto de vista de la seguridad vial cuando se instalan en las carreteras pantallas acústicas con objeto de reducir las afectaciones ambientales relacionadas con el ruido producido por la circulación de vehículos. En concreto se explican los requisitos a tener en cuenta para la implantación en un mismo tramo de pantallas antirruído y de sistemas de contención de vehículos, de forma que se garantice el correcto funcionamiento de las pantallas y la seguridad de los usuarios de los vehículos que circulen por la carretera y de terceros situados en sus proximidades.

Se exponen también los condicionantes para el empleo de los productos integrados que integran la protección acústica y la contención de vehículos.

**T**his article analyzes the road safety considerations to take into account when noise barriers are installed on roads to reduce the environmental impact produced by the noise generated by vehicles. Specifically, it covers the requirements to be fulfilled when noise barriers and vehicle restraint systems are installed on a specific road section, ensuring the proper performance of the noise barriers and the safety of road users and other third parties located in the vicinity.

The conditions for using integrated products that combine noise protection and vehicle restraint are also outlined.

## 1. Introducción

Actualmente, las infraestructuras de transporte, y en especial las carreteras, deben dar respuesta a todos los retos que se plantean, no solo desde su capacidad para proveer el nivel de servicio requerido, sino además garantizando alcanzar los objetivos exigibles en relación con la seguridad vial y la afección al medio ambiente.

Así pues, ya sea a nivel de proyecto, construcción y/o explotación y conservación de las carreteras, se pueden plantear situaciones que requieren el empleo de dotaciones viales específicas para garantizar el cumplimiento de los objetivos de seguridad vial y medioambientales requeridos.

Es evidente que cualquier dispositivo o nueva dotación viaria que se instale en una carretera, resulta susceptible de afectar a otras dotaciones existentes o previstas, modificando las condiciones que determinan los riesgos de uso y explotación de la infraestructura y, por consiguiente, siempre deberá considerarse la implementación de las dotaciones viales en su conjunto, desde un punto de vista holístico.

Resulta cada vez más frecuente, en relación con el comportamiento medioambiental de las carreteras, que se planteen situaciones que requieren la instalación de dotaciones específicas como consecuencia de la necesidad de corregir, o al menos reducir, los niveles de ruido de tráfico generados por la circulación de vehículos por la carretera.

Este tipo de dotaciones viales son los llamados dispositivos reductores de ruido DRR y particularmente, barreras o pantallas acústicas, cuya instalación en una carretera es susceptible de afectar a las condiciones de seguridad vial, al suponer el

propio dispositivo un riesgo directo como obstáculo o afectando al funcionamiento de las barreras y sistemas de contención existentes o previstas, modificando o entorpeciendo sus condiciones de trabajo.

En este artículo, se pretende abordar un análisis de las situaciones y problemas que pueden plantearse, así como de las consideraciones y criterios que permitan su solución en base a la normativa que resulta de aplicación.

## 2. Sistemas de apantallamiento acústico y barreras de seguridad

### 2.1. Sistemas de apantallamiento acústico

Son dotaciones viales cuya misión es dificultar la propagación del ruido de tráfico procedente de la carretera, y básicamente su forma de actuar se concreta en:

- La interposición de un obstáculo a la transmisión, que presenta unas adecuadas características de aislamiento a ruido aéreo, y/o,
- La modificación de las condiciones de absorción acústica en las superficies apropiadas que intervienen delimitando el camino de la propagación acústica.

Estos parámetros, aislamiento y absorción, son fundamentales en la definición de los dispositivos reductores de ruido DRR de la infraestructura y, según sea el problema acústico al que nos enfrentemos, deberemos considerar uno, otro o los dos, exigiendo a los materiales a emplear que presenten unas adecuadas características acústicas a este propósito.

Entendemos por el término barrera o pantalla acústica aquellos elemen-

tos u obstáculos que, por su situación y características, protegen del ruido proveniente de una determinada fuente sonora a un determinado receptor, dificultando la transmisión del sonido a su través y generando una reducción del nivel del ruido de tráfico en los vecindarios afectados por difracción del sonido en los bordes de la pantalla, de forma que se crea una zona de sombra acústica que protege a los receptores sensibles.

Resulta por consiguiente imperativo respetar las dimensiones de altura y longitud previstas en el diseño de la pantalla acústica, y especialmente su posición respecto al eje de la carretera, así como no ocultar sus superficies absorbentes de forma que la funcionalidad acústica de la pantalla no se vea comprometida.

Las pantallas acústicas son muros o barreras constituidas por elementos de pared relativamente delgada, verticales o inclinados, que presentan distinto grado de absorción acústica y que ofrecen una gran resistencia a la transmisión del sonido a su través. Las pantallas pueden adoptar numerosas formas y emplear diversos materiales: elementos metálicos, hormigón, madera, vidrio, materiales plásticos, materiales cerámicos, elementos prefabricados a base de los materiales anteriores y materiales absorbentes (lana mineral, fibra de vidrio), etc. Son las más usualmente empleadas y más interesantes como dotaciones o dispositivos reductores de ruido de las infraestructuras viales.

Dadas sus características esenciales de rigidez y sus considerables dimensiones, resulta obvio que en ocasiones puedan suponer un elemento de riesgo para la seguridad vial, ya sea por reducir la visibilidad en determinadas zonas o por incrementar la severidad del impacto en caso de accidente. En estos casos, resulta necesario considerar el diseño de estos dispositivos desde el

punto de vista de la seguridad vial, previendo los elementos y sistemas de contención adecuados de forma que respeten la funcionalidad acústica de la pantalla.

## 2.2. Barreras de seguridad

Son sistemas de contención para carreteras dispuestos de forma longitudinal en márgenes y medianas de carreteras con objeto de retener y redireccionar a los vehículos que abandonan la calzada de forma incontrolada, evitando de esta forma choques contra obstáculos situados en el borde de la calzada, caídas por pendientes pronunciadas o invasión de otras vías de circulación.

Las barreras de seguridad se fabrican a partir de diversos materiales como el acero, el hormigón o la madera, y pueden adoptar diferentes configuraciones en función de las características del tramo de carretera donde se instalan. Un caso particular son los pretilos, que son las barreras especialmente diseñadas para su instalación en estructuras como tableros de puentes o coronación de muros de sostenimiento.

Las prestaciones de las barreras de seguridad se obtienen en los ensayos a escala real definidos en la Norma UNE EN 1317, obligatorios para la comercialización de estos dispositivos en Europa. En estos ensayos se evalúa la capacidad de contención de las barreras, que se clasifica en diversos niveles de contención que van desde la contención normal (turismos) a la alta o muy alta contención (autocares y camiones de hasta 38 toneladas). Además, se evalúa la correcta redirección de los vehículos de forma que no se produzcan riesgos adicionales a otros vehículos que circulen por la carretera, y también los daños a los ocupantes de los vehículos mediante los llamados índices de severidad (ASI y THIV).

Un parámetro importante a controlar es la deformación de la barrera durante el impacto, ya que será imprescindible tenerla en cuenta a la hora de implantar estos productos en las carreteras, de forma que se pueda desarrollar el comportamiento completo de la barrera sin interferencias con los elementos de riesgo que se pretende proteger. La deformación se evalúa mediante tres parámetros: la deflexión dinámica, la anchura de trabajo y la intrusión del vehículo. Como se verá en los apartados siguientes, estos parámetros serán clave para la correcta interacción entre sistemas de apantallamiento acústico y barreras de seguridad.

Las barreras de seguridad están armonizadas a nivel europeo, debiendo contar con el Mercado CE, mediante el cual los fabricantes declaran las prestaciones de sus productos, que se deben tener en cuenta a la hora de definir en los proyectos los sistemas a instalar en cada caso.

A la hora de implantar barreras de seguridad y pretilos en las carreteras es necesario tener en cuenta factores como el tipo de vía, la composición e intensidad de tráfico, la velocidad de proyecto y los elementos de riesgo existentes en las proximidades de la calzada. Además, es necesario cuidar la disposición longitudinal y transversal de las barreras para permitir que su comportamiento sea el adecuado.

## 3. Disposición combinada en carretera

### 3.1 Generalidades

En el diseño y explotación de carreteras es habitual que la proximidad de zonas sensibles al ruido, la escasez de espacio disponible y las exigencias de seguridad obliguen a implantar simultáneamente sistemas de contención de vehículos —barreras de seguridad, pretilos u otros— y

paneles acústicos. Esta situación debe resolverse de manera que cada dispositivo conserve íntegros sus parámetros de comportamiento declarados (nivel de contención, anchura de trabajo, absorción/atenuación acústica, etc.) y, a la vez, se evite que la interacción física entre ambos genere nuevos riesgos de siniestralidad o merme la eficacia del apantallamiento.

### 3.2 Premisas normativas

La instalación simultánea de un sistema de contención de vehículos (SCV) y una pantalla acústica (PA) debe satisfacer de forma independiente los requisitos esenciales establecidos para los SCV, con el fin de garantizar las condiciones de seguridad vial previstas; asimismo, la eventual recolocación de la pantalla acústica exigida por dichos requisitos no debe mermar su capacidad de atenuar la contaminación acústica ni forzar rediseños técnica y económicamente menos viables por alejarla del foco emisor.

A continuación, se enumeran las normativas y guías de referencia que se deben tener en cuenta para asegurar lo mencionado anteriormente:

- UNE-EN 1317-1:2011. Sistemas de contención para carreteras. Parte 1: Terminología y criterios generales para los métodos de ensayo.
- UNE-EN 1317-2:2011. Sistemas de contención para carreteras. Parte 2: Clases de comportamiento, criterios de aceptación para el ensayo de impacto y métodos de ensayo para barreras de seguridad incluyendo pretilos.
- UNE-EN 1317-5:2008+A2:2012. Sistemas de contención para carreteras. Parte 5: Requisitos de producto y evaluación de la conformidad para sistemas de contención de vehículos.

- Orden Circular 35/2014 sobre criterios de aplicación de sistemas de contención de vehículos.
- UNE-EN 1793-5:2018 <sup>1</sup>. Dispositivos reductores de ruido de tráfico en carreteras. Método de ensayo para determinar el comportamiento acústico. Parte 5: Características intrínsecas. Valores in situ de la reflexión sonora en condiciones de campo sonoro directo.
- UNE-EN 1793-6:2019+A1:2022 <sup>2</sup>. Dispositivos reductores de ruido de tráfico en carreteras. Método de ensayo para determinar el comportamiento acústico. Parte 6: Características intrínsecas. Valores in situ del aislamiento acústico al ruido aéreo en condiciones de campo sonoro directo.
- UNE-EN 1794-1:2025. Dispositivos reductores de ruido de tráfico en carreteras. Comportamiento no acústico. Parte 1: Métodos para la determinación de las características mecánicas y de estabilidad.
- UNE-EN 1794-2:2025. Dispositivos reductores de ruido de tráfico en carreteras. Comportamiento no acústico. Parte 2: Métodos para la determinación de las características generales de seguridad y ambientales.
- Guía para el proyecto y ejecución de obras de apantallamiento acústico en carreteras. Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible.
- Nota Técnica 1-2025 sobre ensayos en obra de sistemas de apantallamiento acústico. Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible.
- Nota Técnica 2-2025 sobre estudios abreviados de verificación de objetivos de calidad acústica en el entorno de las carreteras del Estado basados en mediciones de campo. Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible.

Parámetro	Descripción
Anchura de trabajo (W)	Distancia máxima que ocupa el sistema, desde su cara al tráfico, durante el impacto.
Intrusión del vehículo (VI)	Envolvente lateral del vehículo pesado que rebasa la línea inicial del sistema.

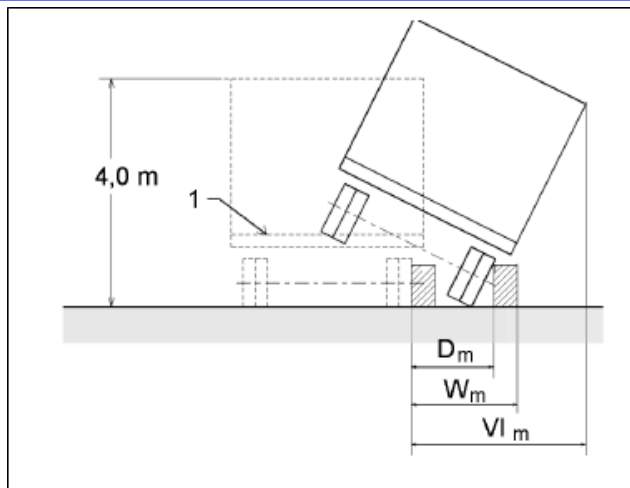


Figura 1. Parámetros de deformación de una barrera de seguridad

La razón de detallar los documentos anteriores es doble. Por un lado, el bloque normativo de SCV (UNE EN 1317 1, UNE EN 1317 2, UNE EN 1317 5 y la OC 35/2014) proporciona la taxonomía de niveles de contención, severidad, parámetros de deformación y los requisitos de Marcado CE necesarios para dimensionar y validar una barrera o pretil frente a los impactos previstos. Por otro, el bloque de PA (UNE-EN 1793-5, UNE-EN 1793-6, UNE EN 1794 1, UNE EN 1794 2, Guía para el proyecto y ejecución de obras de apantallamiento acústico en carreteras, Nota Técnica 1-2025 y Nota Técnica 2-2025) establece las exigencias de resistencia mecánica, estabilidad al viento, seguridad general y eficacia acústica que deben cumplir las pantallas para no convertirse en un riesgo añadido ni perder su capacidad de atenuación.

La lectura cruzada de ambos conjuntos reglamentarios nos permitirá, en los apartados que siguen, identificar las posibles interferencias geométricas entre ambos dispositivos, evaluar la compatibilidad de

sus prestaciones cuando el espacio disponible es limitado y sustentar las soluciones de diseño propuestas con base normativa rigurosa.

### 3.3 Caracterización de barreras/pretils y condicionantes acústicos

#### 3.3.1. Caracterización de un SCV (barrera o pretil)

Según la UNE EN 1317, la respuesta de una barrera o pretil frente a impactos queda descrita por cinco parámetros clave: Nivel de contención, Deflexión dinámica ( $D_m$ ), Anchura de trabajo ( $W_m$ ), Intrusión del vehículo ( $VI_m$ ) y severidad. De los anteriores parámetros, los dos siguientes son clave para el encaje de los SCV junto con las PA (Figura 1).

<sup>1</sup> Documento en fase de revisión en la fecha de redacción de este artículo  
<sup>2</sup> Documento en fase de revisión en la fecha de redacción de este artículo

**Tabla 1. Distancia (m) del borde exterior de la marca vial a un obstáculo o desnivel por debajo de la cual se considera que existe riesgo de accidente, según la gravedad del mismo (OC 35/2014)**

TIPO DE ALINEACIÓN	TALUD TRANSVERSAL DEL MARGEN Horizontal : Vertical	TIPO DE ACCIDENTE	
		MUY GRAVE O GRAVE	NORMAL
<b>CARRETERAS CON CALZADA ÚNICA</b>			
Recta, lados interiores de curvas, lado exterior de una curva de radio > 1500m	> 8:1	7,5	4,5
	8:1 a 5:1	9	6
	< 5:1	12	8
Lado exterior de una curva de radio < 1500m	> 8:1	12	10
	8:1 a 5:1	14	12
	< 5:1	16	14
<b>CARRETERAS CON CALZADAS SEPARADAS</b>			
Recta, lados interiores de curvas, lado exterior de una curva de radio > 1500m	> 8:1	10	6
	8:1 a 5:1	12	8
	< 5:1	14	10
Lado exterior de una curva de radio < 1500m	> 8:1	12	10
	8:1 a 5:1	14	12
	< 5:1	16	14

El espacio libre que debe reservarse detrás del SCV viene dado por la combinación máxima (W, VI), donde no pueden situarse elementos rígidos ni anclajes de otros dispositivos.

En la OC 35/2014 la presencia de pantallas acústicas en las proximidades de la calzada se considera como elemento de riesgo de accidente grave potencial para velocidades de proyecto superiores a 60 km/h, lo cual implica que, salvo que estén instaladas a una distancia considerable de la calzada, siempre se recomienda su protección mediante sistemas de contención.

En la tabla 1, incluida en la OC 35/2014, se pueden comprobar las distancias a las que deberían estar las pantallas acústicas de la calzada para que su protección no fuese necesaria. En cualquiera de los casos esta distancia no es inferior a 7,5 m.

### 3.3.2. Influencia del posicionamiento de la pantalla acústica (PA)

- Cercanía al foco emisor se maximiza la atenuación sonora y puede reducirse la altura de la PA.
- Alejamiento progresivo se minimiza el efecto de atenuación sonora, pues la zona de sombra, según se indica en la Guía de apantallamiento acústico del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible, se ve reducida, forzando a aumentar la altura o a incorporar difractores superiores.
- Condicionantes de espacio (véase la Figura 2) (d = distancia disponible)
  - Si  $d \geq \max(W, VI)$ , la PA puede instalarse de forma independiente sin interferir con el comportamiento del SCV.

- Si  $d < \max(W, VI)$ , la PA invade la zona de deformación; las opciones son:

1. Retrasar la pantalla (pérdida de eficacia acústica).
2. Seleccionar un SCV de menor deformación.
3. Ensayar e instalar un sistema combinado SCV + PA.

### 3.4 Riesgos derivados de una separación insuficiente

1. Obstáculo rígido en zona de deformación Es imprescindible analizar por separado la anchura de trabajo (W) y la intrusión del vehículo (VI). Aunque la OC 35/2014 engloba la VI dentro de la W, en realidad se trata de parámetros distintos. Si la pantalla acústica se coloca muy próxima al SCV y presenta una altura significativa,

la envolvente del vehículo puede impactar en la pantalla, riesgo que se acentúa en los niveles de contención elevados (H3 y H4), donde los valores de VI alcanzan sus máximos.

Hay que prestar especial atención a la VI de los SCV, pues si solo se respeta el W, hay un riesgo elevado de impacto de las partes altas de vehículos pesados en las propias PA con los riesgos de desprendimiento que ello conlleva.

- Interferencia con las cimentaciones Las pantallas acústicas situadas en los márgenes se cimentan habitualmente sobre zapatas corridas o aisladas, pilotes o encepados con micropilotes. Cuando el SCV previsto se resuelve con postes hincados —la opción más común— pueden aparecer conflictos: los postes interceptan directamente esas cimentaciones o quedan tan próximos que el terreno intermedio no alcanza la compacidad necesaria para garantizar un anclaje fiable de la barrera.

### 3.5. Soluciones de diseño

#### 3.5.1. Consideración de los condicionantes de diseño

El parámetro decisivo para determinar qué espacio debe quedar completamente libre tras una barrera o pretil es la consideración de forma simultánea las dos magnitudes definidas en la UNE EN 1317 (W y VI) (Tabla 2).

Definiciones literales extraídas de UNE EN 1317 2

- La anchura de trabajo (Wm) es la máxima distancia lateral entre cualquier parte de la cara al tráfico de la barrera sin deformar y la máxima posición dinámica alcanzada por cualquier parte de la

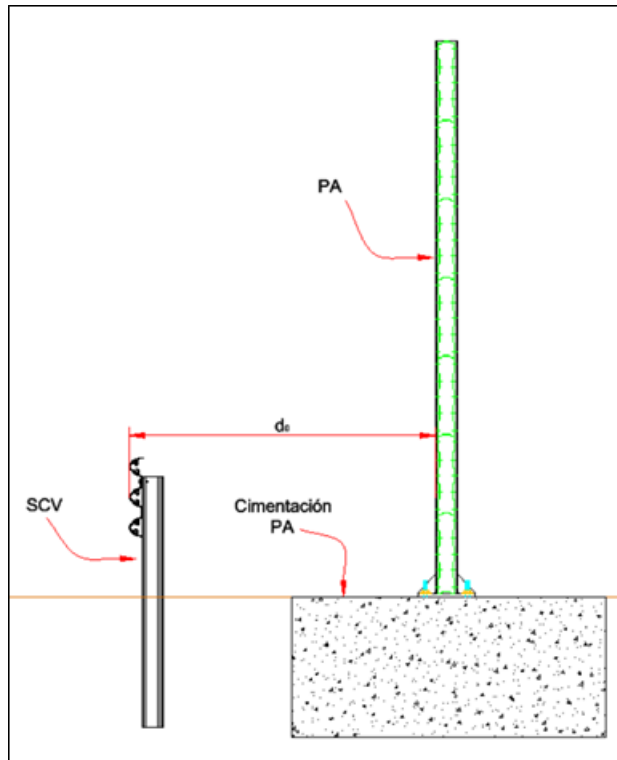


Figura 2. Condicionantes de espacio para la instalación de una PA

Tabla 2.

Magnitud	Símbolo	Cómo se mide (resumen de UNE EN1317 2, Anexo A)	Resultado
Anchura de trabajo	W	Ensayo de impacto a escala real (TB11 TB81). Se registra la posición extrema de cualquier parte del SCV, incluida la deformación permanente del sistema, tomada desde la cara al tráfico inicial.	Clase W1...W8 (0,0 m ≤ W ≤ 3,5 m)
Intrusión del vehículo	VI	Se traza la envolvente lateral de la carrocería hasta 4 m de altura; la distancia máxima entre esa envolvente y la cara al tráfico define VI.	Clase VI1...VI9 (VI1 ≤ 0,6 m; VI9 > 3,5m)

barrera. Si el vehículo se deforma alrededor de la barrera, de forma que ésta no se pueda usar para medir la anchura de trabajo, debe emplearse como alternativa la máxima posición lateral de cualquier parte del vehículo.

- La intrusión del vehículo (VIm) para los vehículos pesados (HGV) es su máximo desplazamiento lateral dinámico respecto la cara al

tráfico de la barrera sin deformar; se debe evaluar mediante grabaciones fotográficas o de vídeo a alta velocidad, considerando una carga hipotética de anchura y longitud iguales a la de la plataforma del vehículo, y una altura total de 4 m. La VIm debe evaluarse midiendo la posición y el ángulo de la plataforma del vehículo y considerando que la carga hipotética permanece sin deformar y rectan-

gular respecto a dicha plataforma, o bien empleando vehículos de ensayo con la carga hipotética.

Tanto W como VI se miden siempre desde la cara más cercana al tráfico del sistema de contención. Para definir la franja libre en la que podrá situarse la pantalla se sigue la secuencia geométrica siguiente:

1. Trazar una línea vertical a la distancia W desde la cara al tráfico; esa vertical indica hasta dónde puede deformarse o desplazarse la parte trasera de la barrera.
2. Trazar una línea vertical a la distancia VI desde la cara al tráfico.

En el caso general, la pantalla debe situarse por detrás de estas líneas (véase Figura 1).

Para determinadas casuísticas, por ejemplo, el caso de pantallas acústicas de altura reducida, se plantea la posibilidad de emplear el siguiente procedimiento alternativo (Figuras 3 y 4):

1. Trazar las líneas verticales correspondientes a la W y a la VI.
2. Describir un arco de 4 m de radio (altura de la caja de la hipotética caja del camión) con centro en la intersección con el terreno de la línea correspondiente a la W.
3. La línea inclinada que une el centro del arco con la intersección del mismo con la línea de la VI establece el área que debe permanecer libre de obstáculos (zona sombreada en la figura 3).

Cualquier parte de la pantalla acústica deberá situarse fuera de ese prisma (vertical W + plano inclinado VI, es decir, la zona sombreada en la Figura 3). Por ello, si la pantalla se mantiene por debajo de la arista inferior de la carrocería de un camión tipo, no constituye obstáculo alguno y puede situarse dentro del valor declarado de VI.

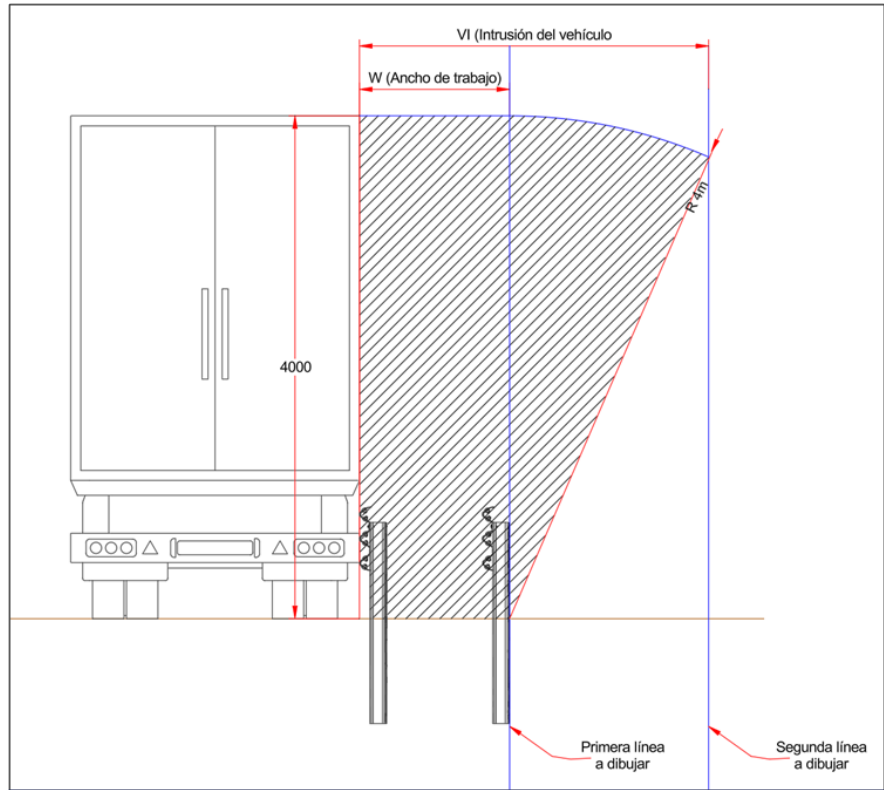


Figura 3. Condicionantes de espacio (procedimiento alternativo)

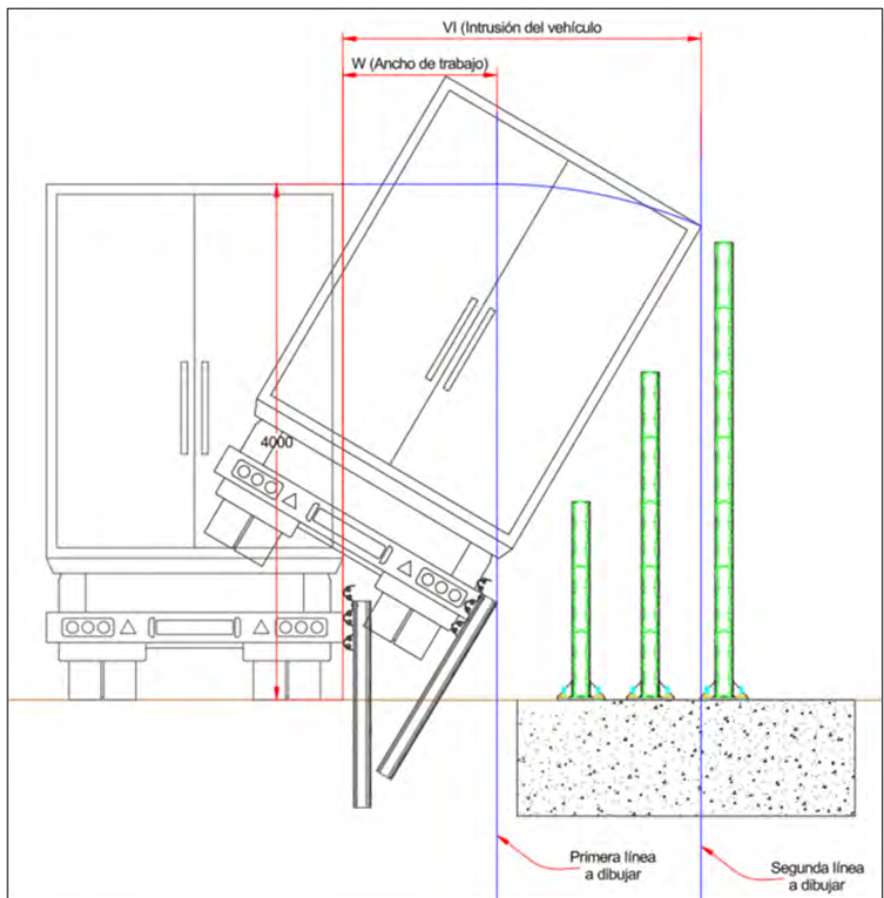


Figura 4. Condicionantes de espacio (procedimiento alternativo)

### 3.5.2 Aplicación en márgenes de carreteras

En la berma del margen de una carretera es posible que exista cierto margen para retranquear la pantalla:

- Se deja libre el volumen generado por W+VI definido en el apartado anterior.
- La pantalla puede colocarse en la zona no afectada por el volumen.
- Si el espacio disponible sigue siendo insuficiente para dejar libre la zona W + VI, la secuencia recomendada es la siguiente:
  1. Escoger un SCV con menor deformación (clase W más baja y, si es posible, VI reducida) que mantenga el nivel de contención exigido.
  2. Si no existe en el mercado una solución de SCV adecuada, replantear la ubicación de la pantalla acústica, retranqueándola fuera del prisma W + VI. Esta opción conlleva una posible pérdida de prestación acústica, por lo que debe ir acompañada de una reevaluación acústica y, en su caso, del incremento de la altura o de la absorción de la pantalla para compensar la merma.
  3. Empleo de sistemas combinados que integran en un único producto ensayado la función de contención de vehículos y la de reducción del ruido. Normativamente, este tipo de soluciones debe demostrar simultáneamente:
    - a. Prestaciones de contención según UNE-EN 1317-2 (D, W, VI, ASI/THIV)
    - b. Prestaciones mecánicas de la pantalla frente a viento, peso propio, impacto de proyectiles y empuje de

nieve, conforme a UNE-EN 1794-1:2025

- c. Marcado CE único de conjunto, emitido bajo UNE-EN 1317-5, de modo que la barrera y la pantalla pierden validez si se comercializan o instalan por separado.
- En el caso de tableros de puente o coronaciones de muro, la falta manifiesta de espacio en el canto del tablero o sobre el muro complica aún más la combinación SCV PA; un análisis completo de esta casuística excede el alcance del presente trabajo y se abordará en un artículo monográfico aparte.

### 3.6 Instalación de pantallas acústicas sobre SCV de hormigón existentes.

Se trata de una situación cada vez más recurrente en la práctica: la instalación de pantallas acústicas (PA) ancladas sobre barreras de hormigón ya en servicio. Pese a su aparente sencillez, esta intervención entraña importantes riesgos técnicos y normativos que comprometen tanto la seguridad vial como la eficacia acústica del conjunto, y por ello se describe a continuación con el detalle necesario para quienes no estén familiarizados con ella.

- Si la barrera dispone de marcado CE, la adición de la PA altera la configuración del sistema evaluado, por lo que los parámetros declarados dejarían de ser válidos.
- Deficiencia de estabilidad frente a vuelco o deslizamiento. Incluso con alturas modestas de pantalla, la geometría y el peso propio de las barreras existentes rara vez proporcionan el brazo resistente necesario para contrarrestar las acciones de viento.

- En el caso de instalarlas sobre barreras sin marcado CE, la forma de anclar la pantalla adquiere aún mayor relevancia para no dañar la barrera ni comprometer la durabilidad; se recomienda situar la placa de anclaje en el lado opuesto al tráfico para preservar la superficie expuesta al impacto.
- Intrusión del vehículo en caso de impacto. Al situarse la pantalla prácticamente en el eje de la coronación, resulta muy difícil justificar la intrusión (VI) del vehículo: aun cuando la barrera contenga el vehículo, éste impactará contra la pantalla, generando riesgo de desprendimiento y proyección de fragmentos.

En síntesis, la instalación de una pantalla acústica directamente sobre una barrera de hormigón existente no se recomienda. Siempre que sea posible debe buscarse generar el espacio necesario en el trasdós para emplazar la pantalla sobre una cimentación independiente. Si dicha solución no resulta viable por la falta de plataforma disponible, la alternativa preferible es sustituir el SCV por un sistema combinado SCV + PA ensayado de forma conjunta, de modo que las prestaciones de contención y atenuación queden certificadas como un todo.

## 4. Diseño de los sistemas de apantallamiento acústico y sistemas de contención como sistemas integrados

### 4.1. Principios normativos y parámetros críticos

La creciente necesidad de reducir la contaminación acústica en entornos próximos a carreteras, unida a la obligación de garantizar la seguridad vial, ha impulsado el desarrollo

de sistemas integrados que combinan en un único producto la función de contención de vehículos y la de apantallamiento acústico. Estos sistemas permiten resolver los problemas derivados de la falta de espacio y la interferencia entre dispositivos independientes, siempre que se diseñen y ensayen conforme a la normativa aplicable.

### 4.2. Principios normativos y parámetros críticos

Un sistema combinado debe cumplir simultáneamente:

- UNE-EN 1317-2: niveles de contención, anchura de trabajo (W), deflexión dinámica e intrusión del vehículo (VI), además de índices de severidad (ASI, THIV).
- UNE-EN 1794-1 y 1794-2: resistencia mecánica, estabilidad al viento, proyectiles, nieve y requisitos de seguridad y ambientales.
- UNE-EN 1317-5: marcado CE del conjunto, que invalida la certificación si barrera y pantalla se instalan por separado.

En estos sistemas, los parámetros W y VI se refieren al conjunto completo (barrera + pantalla). Por ello, la pantalla acústica no es un obstáculo que proteger y a situar fuera del volumen ocupado por el ancho de trabajo y la intrusión del vehículo, sino que es un elemento que forma parte del sistema de contención y su comportamiento se estudia en el ensayo de impacto del sistema completo.

### 4.3. Prestaciones y diseño geométrico

Con objeto de ilustrar lo explicado anteriormente, se incluye a continuación un caso práctico basado en un producto presente en el mercado. Se trata de un sistema de contención de vehículos que integra en un mismo elemento un perfil de hormigón

de fabricación in-situ y una pantalla acústica metálica de 5 m de altura anclada en coronación. Este sistema tiene las siguientes prestaciones:

- Nivel de contención: H2
- Anchura de trabajo: W5 (1,5 m)
- Intrusión del vehículo: VI3 (1,0 m)
- Severidad: B

### 4.4. Ventajas de sistemas integrados frente a soluciones convencionales

- Reducción de ocupación transversal y eliminación de huecos entre barrera y pantalla.
- Menor cantidad de pantalla acústica (los 90 cm inferiores los aporta el sistema de hormigón).
- Cimentación optimizada: el elemento de hormigón in-situ actúa como cimentación de la pantalla acústica.

- Reducción de distancia entre la pantalla acústica y el foco sonoro optimizando el rendimiento de la pantalla acústica.
- Mayor rapidez de ejecución del sistema de contención y del elemento acústico, que se traduce en una menor afectación al tráfico.

### 4.5. Diseño y fabricación del sistema integrado

Para poder realizar los cálculos estructurales del sistema, son necesarios los siguientes datos:

- ubicación y longitud del tramo
- desnivel tras la pantalla
- parámetros geotécnicos del terreno
- peralte transversal y longitudinal
- limitaciones geométricas

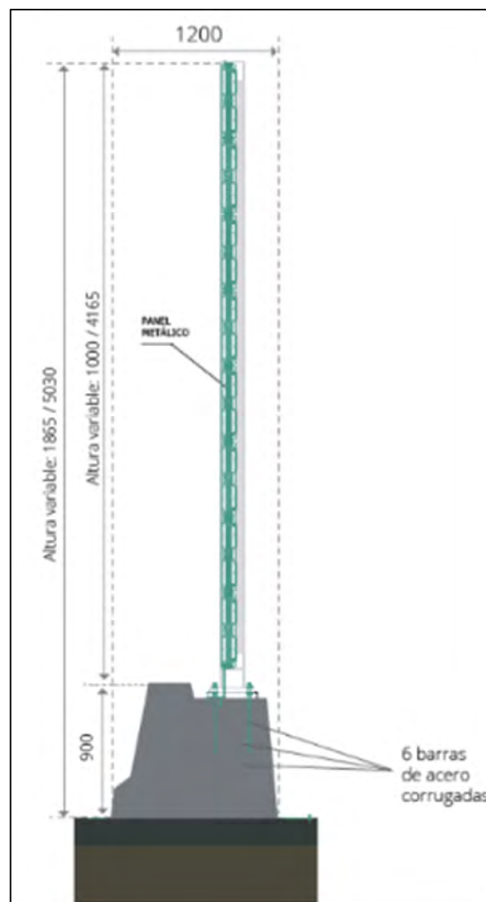


Figura 5. Ejemplo de sistema integrado

Una vez realizados los cálculos, donde los principales esfuerzos son los generados por las cargas de viento, se procede a la comprobación resistente del sistema. Si es necesario, en las zonas donde el propio elemento de hormigón del sistema no es suficiente para resistir los esfuerzos, se dimensiona una cimentación complementaria que se unirá a la base del SVC mediante cercos de acero.

El proceso de fabricación del SCV consta de las siguientes fases:

1. Fabricación de cimentación complementaria si es necesaria.
2. Fabricación de elemento de hormigón "in situ" mediante máquina de encofrado deslizante.
3. Replanteo de los anclajes en la coronación del elemento de hor-

migón y su instalación mediante anclajes químicos.

4. Fijación de pilares verticales.
5. Disposición de los módulos de pantalla acústica.
6. Finalización del conjunto con neoprenos en perímetros y chapas de remates.

## 5. Casos prácticos

### 5.1.- Instalaciones no recomendables

A continuación se incluyen una serie de fotografías correspondientes a casos reales ilustrativos de lo expuesto en los apartados anteriores, que no se consideran recomendables desde el punto de vista técnico.

Las fotos 1 y 2 corresponden a ejemplos de pantallas acústicas instaladas sobre barrera de hormigón sin marcado CE y sin separación suficiente respecto a la barrera metálica.

La foto 3 corresponde a una pantalla acústica instalada sobre barrera de hormigón sin marcado CE y alineada con un poste eléctrico.

Las fotos 4 y 5 muestran un ejemplo de pantalla acústica instalada sobre barrera de hormigón existente.

En la foto 6 la pantalla acústica se ha instalado sin separación suficiente respecto la barrera metálica.

En las fotos 7 y 8 se muestra un caso de un choque contra una barrera metálica en el que, debido a la distancia insuficiente a la que se dispuso la pantalla acústica, ésta ha sido también dañada en el impacto.



Foto 1. Pantalla sobre barrera de hormigón sin marcado CE



Foto 2. Pantalla sobre barrera de hormigón sin marcado CE



Foto 3. Pantalla sobre barrera de hormigón sin marcado CE



Foto 4. Pantalla sobre barrera de hormigón existente



Foto 5. Pantalla sobre barrera de hormigón existente



Foto 6. Espacio insuficiente entre barrera y pantalla



Foto 7. Pantalla dañada debido a espacio insuficiente

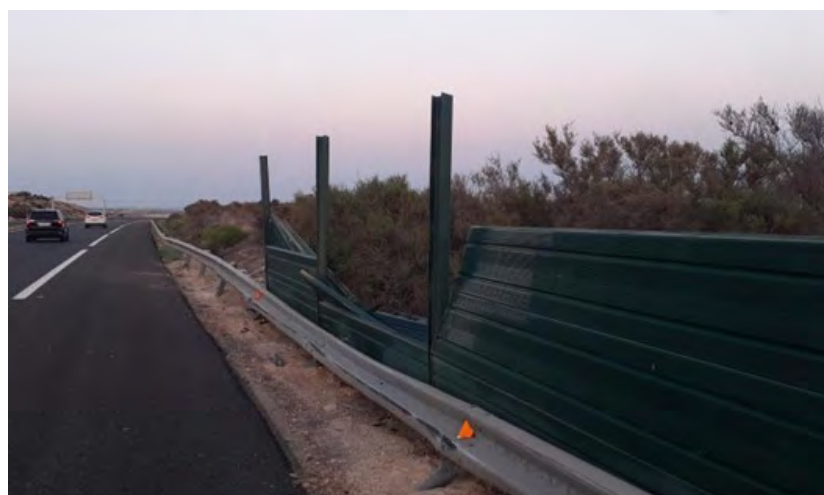


Foto 7. Pantalla dañada debido a espacio insuficiente

**5.2.- Sistemas integrados**

Se incluyen a continuación unas fotografías que muestran el proceso constructivo de sistemas de apantallamiento acústico y sistemas de contención como sistemas integrados. (fotos 9 a 14)



Fotos 9 y 10. Instalación de sistema integrado



Foto 11. Instalación De Sistema Integrado



Foto 12. Instalación De Sistema Integrado



Fotos 13 y 14. Instalación de sistema integrado

## 6. Conclusiones y recomendaciones

La disposición de sistemas de apantallamiento acústico en las carreteras está cobrando una importancia creciente debido a la demanda social de disminución de la contaminación acústica. Su implantación en las carreteras hace necesario el análisis de su interacción con el resto de elementos de la carretera, y en particular con los sistemas de contención.

Las pantallas acústicas constituyen un elemento de riesgo en caso de impacto de vehículos, tanto para los vehículos que impactan como para terceros, por lo que su protección es imprescindible, teniendo en cuenta que es necesario colocarlas a una distancia en general reducida de la calzada para permitir que aporten prestaciones adecuadas.

En este artículo se han analizado los condicionantes que hay que con-

siderar para conseguir que tanto las pantallas acústicas como las barreras de seguridad se comporten de acuerdo a su diseño, reduciendo los niveles de ruido y evitando impactos peligrosos para los usuarios de la carretera.

Los principales parámetros a tener en cuenta serán la anchura de trabajo y la intrusión del vehículo de las barreras<sup>3</sup>.

Una posible solución para el caso de que no exista espacio suficiente para permitir que las barreras desarrollen toda su capacidad de deformación sin que el vehículo impacte con la pantalla acústica es el empleo de sistemas integrados que cumplan tanto la normativa referente a sistemas de contención como la de los dispositivos antirruído.

No se recomienda en ningún caso la colocación de pantallas acústicas sobre barreras de hormigón existentes.

Para un futuro artículo queda la problemática de situaciones singulares como puede ser el caso de dispositivos antirruído instalados en puentes o viaductos. Estos casos requieren un tratamiento individualizado por parte del proyectista que dependerá de los condicionantes del proyecto. ❖

<sup>3</sup> La reglamentación española actual sobre sistemas de contención no incluye requisitos referentes a la intrusión del vehículo. La forma de tener en cuenta este parámetro a la hora de implantar las barreras de seguridad o pretiles puede ser objeto de otro artículo.

# M-30: El reto del modelo de gestión de infraestructuras estratégicas



## M-30: The challenge of the strategic infrastructure management model

**Antonio Jesús Tocino de la Iglesia**

*Director gerente de Madrid Calle 30*

**E**l 11 de noviembre del 2025 se cumplieron 51 años de la primera inauguración de la M-30.

La M-30 se ha convertido en la autovía urbana más transitada de España, con una media de 1,2 millones de desplazamientos diarios. Con la remodelación de la M-30 hace 20 años que incluyó la realización de los túneles urbanos más largos de Europa han mejorado todos los parámetros sociales, medioambientales y económicos.

Dado el elevado tráfico existente en la M-30 la atención a incidencias en un plazo corto es muy importante para minimizar las retenciones que están produciendo sobre todo en las horas punta.

Los equipos de actuación tanto en superficie como en túnel permiten llegar al lugar de la incidencia en 6 minutos en túnel y en 12 minutos en superficie.

Un plan de mantenimiento exhaustivo y exigente junto con la realización de obras de renovación permiten que la infraestructura mantenga unos altos estándares de calidad.

**O**n November 11, 2025, it was 51 years since the first inauguration of the M-30.

The M-30 has become Spain's busiest urban motorway, with an average of 1.2 million daily trips. The motorway's modernization, completed 20 years ago and including the construction of Europe's longest urban tunnels, has delivered significant social, environmental, and economic benefits.

Given the high traffic volumes, rapid incident response is essential to minimize congestion, particularly during peak hours: the intervention teams—both for the surface and the tunnels—can reach an incident within six minutes in tunnels and twelve minutes on the surface.

A rigorous maintenance plan, and continuous renewal works, ensure that the infrastructure continues to meet the highest quality standards.

## 1. La M-30: un reto de la ingeniería

El 11 de noviembre de 1974, se inauguraron los cuatro primeros tramos del tercer cinturón que rodea la almendra central de la ciudad de Madrid.

La M-30 se ha convertido 51 años después en la autovía urbana más transitada de España, con una media de 1,2 millones de desplazamientos diarios. Por su parte, Madrid Calle 30, la empresa que gestiona la M-30 desde hace dos décadas tras la transferencia de la titularidad al Ayuntamiento de la capital, se ha consolidado como una sociedad de referencia en la gestión integral de la red de túneles carreteros más extensa de Europa. El 1 de Enero de 2026 Madrid Calle 30 se ha convertido en una sociedad 100% pública al adquirir el Ayuntamiento de Madrid el 20% de las acciones que poseía una empresa privada (Emesa).

Una arteria subterránea de 48 kilómetros, con 22 entradas y 27 salidas, que ha contribuido a vertebrar la ciudad, a eliminar brechas entre barrios y a interconectar la capital con su área de influencia.

La M-30 tiene el túnel urbano más largo de Europa, equivalente a un carril subterráneo de 118 kilómetros. Lo longitud total de la vía es equivalente a un carril de 500 km, con 100 estructuras en superficie y más de 2 millones de metros cuadrados de firmes.

Los túneles, construidos en los márgenes del río Manzanares, discurren en gran parte de su trazado por debajo del nivel freático. Gracias al soterramiento se construyó el parque Madrid Río desde el cual se accede a gran parte de los cuartos técnicos de instalaciones de los túneles.

La M-30 se perfila como la última barrera de entrada a Madrid sin restricciones desde el punto de vista de emisiones.

La parte soterrada del anillo de la M-30 es la obra de planeamiento urbanístico más importante que se ha llevado a cabo en Madrid en el último medio siglo. Fue proyectada y dirigida por Manuel Melis, ingeniero de Caminos, Canales y Puertos Manuel Melis, recientemente fallecido.

La reforma de la M-30 se llevó a cabo en tiempo récord: se utilizaron 3 millones de metros cuadrados de hormigón y medio millón de tonela-

das de acero, se movieron 12 millones y medio de metros cúbicos de tierras, se levantaron 1.750.000 m<sup>2</sup> de pantallas y pilotes, y en la construcción del baipás sur llegaron a trabajar simultáneamente 6.000 operarios en los meses punta.

En resumen, las obras acometidas fueron las siguientes:

- Soterramiento del paso por la ribera del Manzanares entre Marqués de Monistrol y Puente de Praga. Este tramo se dividió en 4 lotes y fue ejecutado por el método de 'cut and cover'.
- Soterramiento del Paseo Extremadura.
- Bypass entre Parque de Arganzuela y A-, dividido en dos lotes uno por sentido y ejecutado con dos tuneladoras. (Dulcinea y Tizona)
- Remodelación de los principales enlaces del arco Este (Avda. América, Nudo de la Paloma, Costa Rica, A-3, etc.)

Una vez finalizadas las obras del soterramiento se "plantó" Madrid Río, que está situado en gran parte sobre los túneles aledaños al Manzanares:



Figura 1. Obras de soterramiento de los túneles de Calle 30.

un parque lineal de 120 hectáreas que conecta entre sí la ribera del río. En el interior del parque están gran cantidad de salidas de emergencia del túnel, así como accesos a los cuartos técnicos.

Los túneles de la M 30 en Madrid discurren en su mayoría a ambos márgenes del río por debajo del nivel freático. Se dispone de unos drenajes profundos mediante tuberías de diámetro 800 mm que alimentan a 100 bombas distribuidas en 32 pozos de bombeo. En la actualidad, diariamente se están bombeando unos 10.000 metros cúbicos de agua que se vierten a los colectores de margen del Canal de Isabel II. Los caudales bombeados varían sensiblemente con la cota del nivel freático y ésta, a su vez con el nivel de lámina del río, regulada con una serie de presas distribuidas a lo largo de Madrid Río.

Según el estudio realizado por el método MIVES para evaluar los niveles de sostenibilidad de la infraestructura el soterramiento de la M-30, todos los parámetros han evolucionado a mejor, con beneficios sociales, medioambientales y económicos:

- Los beneficios económicos en cuanto a turismo, revalorización del suelo y culturales aumentaron con la construcción de Madrid Río.
- En cuanto a los indicadores medioambientales, tanto el ruido como las emisiones de gases disminuyeron tras el soterramiento. Se mejoró la fluidez del tráfico, se reduce el límite de velocidad y los propios materiales de construcción absorben CO2.
- Hay una recuperación del ecosistema del río Manzanares.
- La accesibilidad mejoró con la construcción del soterramiento, tanto del tráfico rodado como peatonal.



Figura 2. Madrid Río

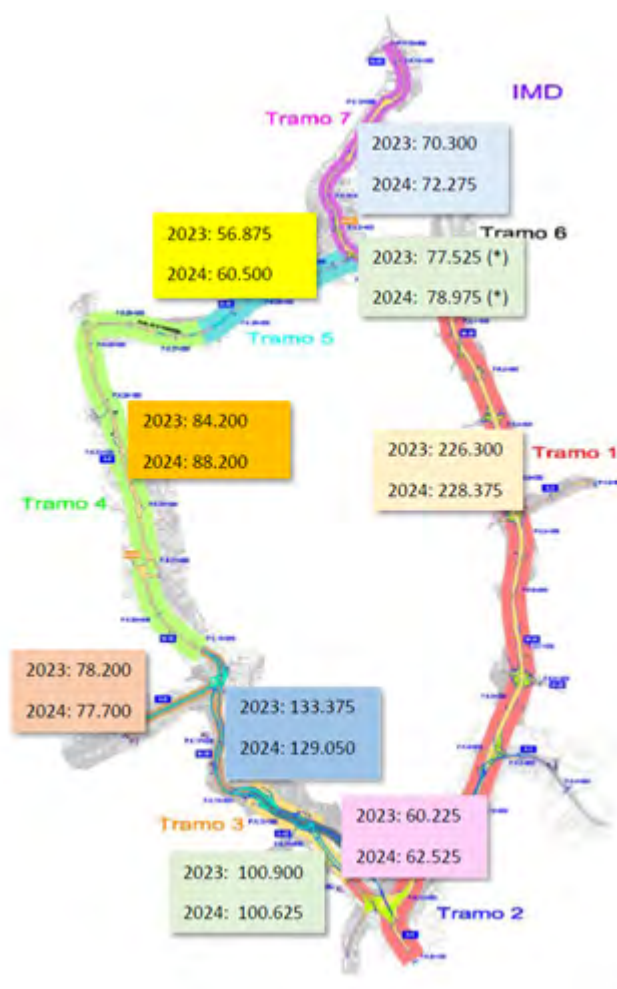
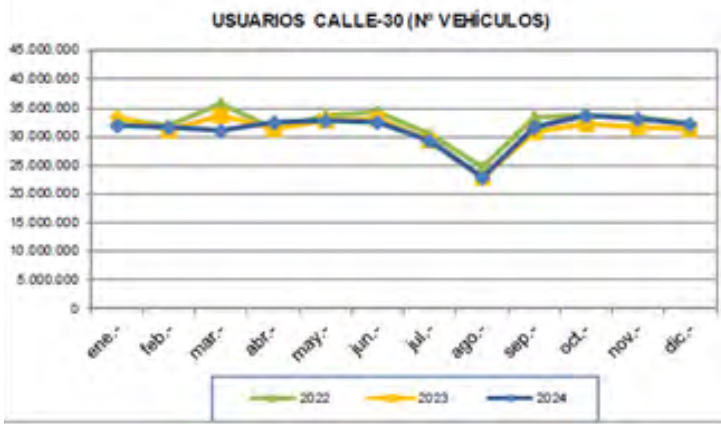


Figura 3. Evolución del tráfico en la M-30 en los 2 últimos 2 años

Tabla 1. Evolución de trayectos en la M-30 en los 3 últimos años



- En lo que se refiere a los indicadores sociales es destacable que el confort de la población de la zona es mucho mayor (zonas verdes, vías ciclistas, menor ruido, mayor calidad del aire).
- Ha disminuido la accidentalidad de la vía. La reducción de los índices medios de mortalidad anuales del periodo 2011-2021 respecto al periodo 1998-2002 es de un 75%. Comparándolo con el primer periodo de explotación tras las actuaciones (2008-2010) el índice se reduce en un 41%.
- En consonancia con lo anterior el número promedio anual de víctimas mortales en el periodo 1998-2004 fue de 8, en el periodo 2008-2010 fue de 5 y en el periodo 2011-2021 ha sido de 4.
- El ahorro de combustible por las actuaciones de la M-30 estimado es de 168 ton. de combustible/día.
- Disminuyen la contaminación, el ruido y la incidencia de enfermedades respiratorias en la zona. 527 ton/día de CO2, 1805 kg/día de NOx y 86 kg/día de CH4 no emitidos a la atmósfera por las actuaciones en Calle 30.

El sistema de gestión centralizada de los túneles de la M-30 abarca todos los sistemas críticos necesarios que permiten la comunicación, el procesamiento, la monitorización y el control y la gestión de todas las señales de los equipos que conforman las distintas instalaciones de los túneles.

La M-30 tiene un elevado tráfico en todo su trazado. El arco Este es el de mayor IMD con 228.370 vehículos en 2024 en su zona central y disminuyendo hasta 78.975 vehículos en la zona de Manoteras.

El número de trayectos de vehículos en la M-30 en 2024 ha sido de 375 millones.

## 2. La atención de incidencias

Dado el elevado tráfico existente en la M-30 la atención a incidencias en un plazo corto es muy importante para minimizar las retenciones que están produciendo sobre todo en las horas punta.

En el 2024 se registraron un total de 2.449 incidencias en los túneles y 8.125 en el tramo de superficie.

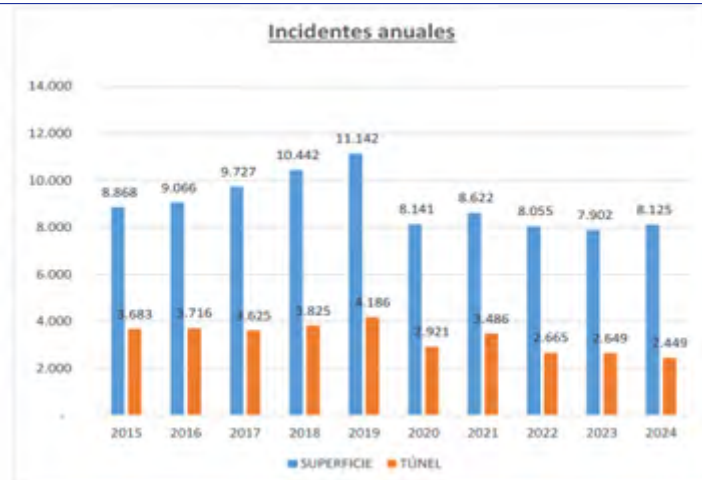
Para la atención rápida a las incidencias es muy importante la coordinación con los servicios de emergencia en especial con los bomberos.

### 2.1. Atención incidencias en superficie

Para el cumplimiento del indicador "2.1 % de incidencias emergencias y accidentes atendidas en plazo" es necesario llegar al punto del incidente en un tiempo menor de 12 minutos en superficie.

Los equipos de actuación en superficie están compuestos por 24 personas, organizados en turnos de 24 horas. Cada miembro del equipo dispone de un vehículo durante el turno, que le permite vi-

Tabla 2. Evolución de los incidentes anuales en la M-30.



gilar, señalar y alertar a los usuarios de la vía, así como realizar las tareas de limpieza de la vía una vez retirados los vehículos accidentados. En función del horario, además del equipo de vigilancia en furgón se dispone de una unidad de moto, que permite ser ágil en condiciones de congestión de tráfico.

Los tiempos medios de resolución de incidencias en superficie de la M-30 en los últimos años son los reflejados en la tabla 3.

**2.2. Atención a incidencias en túneles**

Para la atención a incidencias en los túneles se dispone de cuatro bases de intervención. En estas bases se reparten los 16 agentes de intervención por turno. Cada una de las bases está dotada de un furgón, un camión de bomberos y un camión grúa para atención a incidencias y retirada de vehículos del túnel.

La distribución actual de las bases de intervención y su ámbito de actuación en el túnel es la reflejada en la figura 4.

Para el cumplimiento del indicador “2.1% de incidencias emergencias y accidentes atendidas en plazo” es necesario llegar al punto del incidente en un tiempo menor de 6 minutos en túneles.

Los tiempos medios de resolución de incidencias en túneles de la M-30 en los últimos años son los reflejados en la tabla 4.

Tabla 3. Tiempos de resolución de incidencias en superficie en la M-30



Figura 4. Bases de agentes de primera intervención en los túneles de la M-30

Tabla 4. Tiempos de resolución de incidencias en los túneles de la M-30



### 3. Trabajos de mantenimiento

El Manual de explotación es el documento en el cual se detalla la organización de la explotación y se describe la infraestructura. También se incluye el plan de autoprotección y los planes de mantenimiento. Todos los trabajos de mantenimiento se estructuran en el plan de mantenimiento con sus periodicidades. El plan de mantenimiento se desglosa en:

- Plan de mantenimiento de estructuras exteriores. En el se detallan las inspecciones a realizar y los trabajos de mantenimiento. Para evaluar el estado de las estructuras y diseñar la estrategia de mantenimiento se utilizan índices de gravedad de la estructura.
- Plan de mantenimiento de estructuras del túnel. En este apartado es de destacar la influencia de las filtraciones que

producen un deterioro acelerado del hormigón debido a la humedad y el efecto de los gases de combustión contaminantes. Para la inspección de los parámetros del túnel se utilizan tecnologías avanzadas como el Laser Scan.

- Plan de mantenimiento de instalaciones. En el se detallan las gamas de mantenimiento a realizar en las instalaciones de Calle 30 y en especial en las instalaciones del túnel.
- Plan de mantenimiento de obra civil y equipamiento. En este apartado es importante destacar el mantenimiento de firmes, para lo cual se realizan inspecciones periódicas para evaluar el CRT y el IRI, parámetros que deben mantener determinados umbrales en todo momento.

En la M-30 gran parte de los trabajos de mantenimiento se realizan en horario nocturno, sobre todo los que requieren cortes de tráfico.

### 4. Obras de renovación

Madrid Calle 30 es la encargada de la renovación de la infraestructura cuando los elementos agotan su vida útil. Para este objetivo se realizan y ejecutan proyectos de renovación de estructuras y otros elementos como instalaciones de los túneles y de alumbrado tanto en el interior del túnel como en el exterior.

Todas las obras de renovación se realizan con horario nocturno para minimizar las molestias a los usuarios de la vía. Todos los procedimientos constructivos están encaminados a la minimización de la ocupación de la vía tratando de ejecutarla con el mínimo número de cortes de tráfico posible.



Figura 5. Obra de rehabilitación de estructuras con apoyos a media madera

## 5. Obras nuevas

Las obras de cubrimiento en la zona Mahou-Calderón han supuesto la finalización del proyecto Madrid Río. Este proyecto ejecutado por el Área de obras del Ayuntamiento de Madrid se ha integrado en la gestión de Madrid Calle 30 una vez finalizado.

Otra obra realizada en la M-30 es la remodelación del Nudo Norte obra ejecutada por el Área de Movilidad el Ayuntamiento de Madrid.

Se han ejecutado los jardines verticales más grandes de Europa de 3.250 m<sup>2</sup> de superficie vegetal que tapizan los muros de la M-30 a su paso por la avenida de la Ilustración.

El Ayuntamiento de Madrid está realizando el proyecto de soterramiento de 3,4 km de túnel como continuación del soterramiento de la avenida de Portugal, lo cual supondrá una continuación de Madrid Río.

También se está ejecutando el cubrimiento de un tramo de la M-30 de 200 m al sur del puente de Ventas.

## 6. Conclusiones

La M-30 se ha convertido en la principal arteria distribuidora de tráfico en la capital. Madrid Calle 30 es una sociedad pública del Ayuntamiento de Madrid y dependiente del Área de Gobierno de Obras y Equipamiento que gestiona la M-30 y viales asociados con criterios de eficiencia operativa:

- Atención a las incidencias en tiempos muy cortos para minimizar las afecciones al tráfico. Para ello en túneles se dispone de 4 bases de intervención estratégicamente situadas que permiten la atención a incidencias en menos de 6 minutos. La atención a incidentes en superficie se resuelve mediante equipos de vigilancia que recorren la vía.

- Estrictos planes de mantenimiento que permiten la máxima disponibilidad de las instalaciones de los túneles y resto de equipamiento de la red.
- Obras de renovación cuando los elementos agotan su vida útil que se ejecutan con horario nocturno para minimizar las molestias a los usuarios de la vía.
- Obras de mejora, cubrimiento de tramos o ampliaciones de los túneles. ❖



Figura 6. Los jardines verticales de la M-30

# La necesidad de recomendaciones específicas para carreteras de Baja Intensidad de Tráfico



**Mónica Laura Alonso Plá**

*Presidenta del Comité C21 de carreteras de baja intensidad de tráfico de la ATC*

**E**n síntesis, el presente artículo pretende dar cuenta de los trabajos que se vienen desarrollando en el Comité Técnico de carreteras de Baja Intensidad de Tráfico en el seno de la Asociación Técnica de la Carretera.

Sirva parangonar una reflexión sobre la importancia de profundizar en el estudio de la compleja y singular casuística de este tipo de vías. Y también sobre sus menesteres específicos en cuanto a diseño y adaptación a los condicionantes derivados tanto del usuario de la vía como de las propiedades colindantes. Y todo ello, para hacer compatible la accesibilidad al territorio sin perder de vista el objetivo último de la mejora de la seguridad vial de las carreteras.

El artículo pretende al mismo tiempo un merecido y sincero reconocimiento a la labor desinteresada y generosa de aquellos que en el tiempo han ido formando parte del Comité Técnico.

Igualmente, animamos también a aquellos lectores que consideren pueden aportar sus conocimientos y experiencias para que se pongan en contacto con el Comité y entren a formar parte de los distintos Grupos de Trabajo.

## Introducción

Durante el presente ciclo 2024-2027, en el seno de los Comités Técnicos de la Asociación Técnica de Carreteras (ATC), a la par que surgen retos emergentes, se vislumbran temáticas estructurales de trabajo en las que el com-

promiso y las necesidades siguen intactas, como en las carreteras de baja intensidad de tráfico. En un contexto caracterizado por la aparición de nuevos paradigmas en materia de movilidad, digitalización y sostenibilidad del transporte, y un escenario donde se manejan nuevos enfoques multi-objetivo en el ámbito del transporte, desde un punto de vista holístico (Nicolosi et al, 2019) [1], persisten igualmente problemáticas tradicionales que siguen requiriendo de una atención específica.

Destacan principal y concretamente las carreteras locales y de baja intensidad de tráfico, que desempeñan una función esencial como elemento de vertebración territorial. Este tipo de vías constituyen en muchos casos la principal e incluso única infraestructura de acceso a pequeñas localidades, explotaciones agrarias o zonas rurales, garantizando la conectividad básica del territorio. Por ello, a pesar de los avances en las redes de alta capacidad, la carretera convencional sigue siendo elemento fundamental en el conjunto del sistema de transporte, dando razón de ser y sentido a la persistencia de la carretera misma.

Estas carreteras se enfrentan a desafíos recurrentes y que, generalmente, se reproducen en distintos territorios y países. Dada su singularidad, en el seno de la ATC persiste un Comité Técnico específico dedicado a las Carreteras de Baja Intensidad de Tráfico (BIT). Se trata de un espacio de trabajo colaborativo en el que participan profesionales de distintas administraciones públicas, del sector empresarial y del ámbito académico. La dinámica de trabajo son reuniones periódicas y grupos de trabajo especializados,

donde se promueve el intercambio de experiencias y la elaboración de documentos técnicos destinados a orientar y facilitar la compleja gestión de estas redes viarias. Las reuniones se vienen realizando en formato mixto con el apoyo de videoconferencias, para facilitar el contacto profesional entre personas expertas de todo el territorio nacional. Pese a no disponer de un Comité Internacional espejo de referencia, el Comité mantiene vínculos y pretende prestar apoyo a Comités Internacionales de la Asociación Mundial de la Carretera (PIARC), como los dedicados a firmes, carreteras rurales y obras de terracería.

La labor de este Comité resulta especialmente relevante para las administraciones territoriales que gestionan redes viarias de carácter local o regional. Generalmente estas administraciones se enfrentan a problemas similares relacionados con la conservación, la seguridad vial, el diseño o la regulación de accesos, por lo que disponer de un foro técnico común permite compartir soluciones, optimizar recursos y avanzar hacia criterios de actuación homogéneos. Los gobiernos con responsabilidades de gestión sobre este tipo de vías pueden encontrar en el comité una herramienta facilitadora de sus responsabilidades de gestión diarias pudiendo compartir los nuevos retos, problemáticas y soluciones, con la economía de escala que ello conlleva. Ello anima a no desincentivar a aquellos trabajos iniciados que llevan un camino recorrido y no han podido ser concluidos por el momento, por diversos motivos, pero con vocación de continuidad.

Cabe contextualizar que desde este Comité Técnico se entienden como de Baja Intensidad de Tráfico aquellas carreteras con una IMD inferior a 2.000 vh/día, y que a su vez, no superan los 200 vehículos pesados por carril diarios.

Se pretende generar una reflexión sobre la necesidad de profundizar en el estudio de las particularidades en este tipo de vías.

## Representatividad de las carreteras de baja intensidad de tráfico

Lo primero que se nos pasaría por la cabeza es reflexionar acerca de en qué medida las carreteras de baja intensidad de tráfico son representativas respecto al total de la red viaria, cómo se ven afectadas por la accidentalidad vial, qué funcionalidad cumplen en el conjunto de la red y, por lo tanto, qué servicio prestan a la sociedad.

El análisis de la red viaria española a la luz de los últimos datos estadísticos publicados muestra que la IMD media de la red supera los 4.000 vh/día, y al menos dos tercios de la red corresponderían a vías de baja intensi-

dad de tráfico sin incluir las vías urbanas por tener otras singularidades.

Las carreteras convencionales en España representan prácticamente el 90% de la longitud de red y soportan el 40% del volumen de tráfico anual de la red. No obstante, este tipo de vías juegan un papel esencial en el transporte puerta a puerta y de última milla., frente a la red de carreteras que podemos considerar de alta capacidad.

En general este tipo de vías no están reservadas para la circulación exclusiva de los vehículos a motor, tienen cruces con otras vías se producen con intersecciones a nivel, constan de una única calzada mayoritariamente de dos carriles. Adicionalmente, se caracterizan por la existencia de accesos directos autorizados desde sus márgenes. Dentro de ese tipo de vías se incluyen vías con características muy dispares. Así se dan diferencias apreciables, existiendo carreteras de buen trazado geométrico en las que son posibles altas velocidades, y carreteras locales de trazado muy estricto por las que circula un tráfico escaso y a velocidades reducidas. En cualquier caso, se trata de carreteras fuertemente condicionadas por el territorio que las rodea y sus usos, permiten el acceso a propiedades vecinas y conectan localidades como eje central de la red vial local y regional, condicionando la movilidad actual y futura y a su vez, condicionadas por el uso y la explotación del suelo.

En la red de alta capacidad a nivel nacional la IMD estaría en 14.417 vh/día, lo cual nos indica que las carreteras de menor IMD corresponderán generalmente a redes de titularidad de las Comunidades Autónomas, Diputaciones y Cabildos.

## Marco institucional y distribución competencial

La organización administrativa varía entre territorios, por lo que la gestión de la red de carreteras en España se caracteriza por una compleja distribución de competencias entre diferentes niveles administrativos. Aproximadamente el 16% de la red total corresponde al gobierno central, el 43% a comunidades autónomas y gobiernos regionales y el 41% a gobiernos locales.

Las carreteras de baja intensidad de tráfico se encuentran mayoritariamente bajo la titularidad de administraciones autonómicas y provinciales, generando cierta heterogeneidad en los modelos de gestión y desarrollo de normativa aplicable en materia de carreteras. Esta diversidad normativa y organizativa puede llegar a dificultar la aplicación homogénea de criterios técnicos.

En cualquier caso, las redes de distinta titularidad tienen funcionalidades distintas en cuanto a los objetivos de comunicación que cumplen. Y en los distintos ámbitos del transporte las características de las carreteras varían notablemente entre las distintas redes viarias según su funcionalidad.

Existen claras heterogeneidades en las redes y los medios disponibles. En general, las provincias menos pobladas, también con menos recursos, pero menos tráfico, menos estrés en la conducción etc., tradicionalmente han solucionado sus problemas de seguridad vial a través de actuaciones menores y convenios con la Dirección General de Tráfico, DGT.

En el trabajo Competències en materia de carreteres de les administracions locals de segon nivel elaborado en 2006 por la Diputació de Barcelona, se realizaba una síntesis mediante benchmarking de los diferentes modelos de planificación y gestión en materia de vías locales de las administraciones locales de segundo nivel en España y Europa (Diputación de Barcelona, 2008) [4].

Existe un abanico muy diverso de modelos y mecanismos de gestión y planificación, lo cual pone de manifiesto que no existe un modelo unívoco en este campo.

## Organización del trabajo del Comité Técnico

Durante el actual ciclo de trabajo el Comité Técnico arrancó estructurando su actividad en tres grupos de trabajo. El primer Grupo de Trabajo, GT 1, dedicado a la Conservación, un segundo Grupo de Trabajo, GT 2, dedicado a las Recomendaciones, concretamente continua actualmente redactando unas recomendaciones en materia de Accesos trabajadas en el ciclo anterior y un Tercer Grupo de Trabajo, GT 3, dedicado a los Firmes, y concretamente, a los firmes de bajo coste, el uso de materiales próximos, prácticas y técnicas centrado actualmente en lo que se ha venido a llamar materiales marginales. En este nuevo ciclo las preocupaciones crecientes por adaptarse a un ecosistema tecnológico mudable ha llevado a abrir una nueva línea de trabajo con un cuarto Grupo de Trabajo, GT4, sobre Digitalización en redes viarias de baja intensidad de tráfico.

En parte pues, se está dando continuidad a trabajos iniciados en ciclos anteriores del Comité de Carreteras BIT. Por ello, cabe un merecido y sincero reconocimiento a la labor desinteresada y generosa de aquellas personas que en el tiempo han ido formando parte del Comité y que han constituido el principal activo y fuerza para poder continuar con el trabajo y lograr la pretensión de concluirlos y plas-

marlos en documentos de recomendaciones concretas que puedan servir de base a otros profesionales.

Actualmente, la representación de administraciones provinciales supone un 15%, mientras que un 32% las comunidades autónomas, pero también destacan profesionales del sector empresarial, contando con cerca de 30 personas integrantes en total. Animamos también a aquellos lectores que consideren pueden aportar sus conocimientos y experiencias para que se unan y entren a formar parte de este Comité.

## Principales trabajos realizados recientemente

En el ciclo anterior se elaborarían en el Comité Técnico varios documentos relativos a prescripciones técnicas de materiales que habían dejado de formar parte del PG-3, la Metodología para la evaluación del estado del firme en una carretera de baja intensidad de tráfico a partir de su inspección visual, con propuesta de posibles actuaciones de conservación mediante soluciones técnicas sostenibles, y el documento que ve la luz en este año 2026 relativo a Técnicas de Pavimentación en Carreteras de Baja Intensidad de Tráfico.

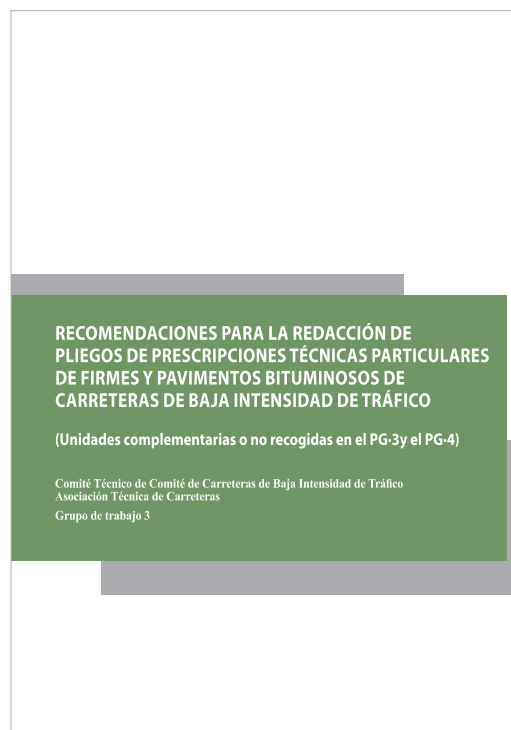


Figura 1- Recomendaciones para la redacción de pliegos de prescripciones técnicas particulares de firmes y pavimentos bituminosos de carreteras de baja intensidad de tráfico. Fuente: Comité C21 Carreteras de Baja Intensidad de Tráfico de la ATC, 2018.



Figura 2- Metodología para la evaluación del estado del firme en una carretera de baja intensidad de tráfico a partir de su inspección visual, con propuesta de posibles actuaciones de conservación mediante soluciones técnicas sostenibles. Fuente: Comité C21 Carreteras de Baja Intensidad de Tráfico de la ATC, marzo 2021.



Figura 3- Documento técnicas de pavimentación en carreteras de Baja Intensidad de Tráfico (BIT). Fuente: Comité C21 Carreteras de Baja Intensidad de Tráfico de la ATC, ciclo anterior.

## Discusión y dación de cuentas de trabajos en curso

En el GT1 se ha desarrollado documentación técnica y en concreto nuevas fichas de Instrucciones Técnicas Operativas de Conservación (ITOC) adaptadas, que pretenden singularizar la casuística de conservación en este tipo de vías. En el ciclo anterior se elaboraron las fichas relativas a extensión de fundentes, parcheo de pequeños deterioros, despeje de vegetación y retirada de producto, reparación de barreras y sellado de fisuras. Actualmente se está trabajando en las fichas relativas a señalización de trabajos en obra, señalización vertical, señalización horizontal y juntas de dilatación.

El trabajo se centra en la revisión, actualización y adaptación de las directrices de mantenimiento y conservación existentes, diseñadas originalmente para carreteras de alto tráfico, para adaptarlas a las carreteras rurales de baja intensidad de tráfico (BIT). Y ello para que reflejen las condiciones técnicas, económicas y operativas específicas de estas carreteras, que suelen presentar: menor volumen y velocidad de tráfico, diseños geométricos con restricciones, capacidad estructural limitada y limitaciones presupuestarias. En resumen, el GT1 busca adaptar los estándares de conservación a las necesidades y re-

ursos reales de las administraciones locales que gestionan redes de tráfico de baja intensidad, garantizando tanto la seguridad vial como la sostenibilidad a largo plazo.

En el GT2, en el periodo correspondiente a este ciclo, se ha estado revisando un documento relativo a Recomendaciones de Accesos y actualizando aquellos conceptos y criterios que habían quedado obsoletos con el paso del tiempo.

En el GT 3 y 4 se están arrancando los trabajos de elaborar estados del arte y recomendaciones, explorando previamente mediante encuestas y entrevistas con los gestores de carreteras la situación actual.

Un avance del documento de Recomendaciones de Accesos fue presentado durante unas jornadas dedicadas al DISEÑO Y GESTION DE REDES DE CARRETERAS DE BAJA INTENSIDAD DE TRAFICO celebradas en Valladolid, 9 y 23 de octubre de 2018 (Costa, 2018) [2].

El próximo 5 de junio de 2026 está prevista la celebración de un Webinar para divulgar los documentos elaborados.

## Seguridad vial en carreteras de baja intensidad de tráfico como motivación de la continuidad de los trabajos en curso en materia de recomendaciones

Cuando se representan las cifras de muertos y heridos y su evolución, la red convencional de carreteras secundarias presenta los principales problemas de siniestralidad (Alonso, 2015) [3]. Adicionalmente, es bien sabido que tanto en vías urbanas como carreteras interurbanas una importante concentración del número de accidentes se produce en las intersecciones y accesos. Cabe recordar que los accidentes son sólo la cúspide de un problema persistente, pues en muchos casos existe falta de registro de los meros incidentes. Ello motiva una preocupación recurrente sobre la falta de recomendaciones específicas en materia de accesos y su adaptación a descender a la realidad de las carreteras de baja intensidad de tráfico, reiterada en distintos foros (Plaza, 2015) [5].

Todavía resta margen de mejora para introducir la cultura de la seguridad vial en este tipo de redes de compleja casuística y características que aumentan las demandas al conductor aumentando el riesgo de accidentalidad. No existen suficientes estudios experimentales y bibliografía dedicada a estos temas. No obstante, el problema se ha visto acrecentado con las recientes crisis que han venido mermado la disponibilidad presupuestaria en estas vías para un mantenimiento y conservación dignos.

En los países con un cierto grado de desarrollo las redes de carreteras se encuentran ya prácticamente completas. No obstante parte de la red tiene características inadecuadas y se necesitan nuevas inversiones para adaptar la red a las nuevas necesidades, así como conservar la red existente en condiciones adecuadas para la circulación segura de vehículos. La actuación de los organismos competentes tiende a corregir las deficiencias existentes y a acondicionar la red a las necesidades presentes. Este sería el caso español, dado que llegó a situarse como el país europeo con más kilómetros de autopistas y autovías según las estadísticas oficiales de EUROSTAT en 2012.

Con esta situación, se corre el riesgo de utilizar eminentemente como criterio de priorización de actuaciones y reparto de financiación las mayores intensidades de tráfico. En consecuencia, las vías con menor representación en el tráfico total soportado recibirían recursos insuficientes.

Si bien, proporcionar un entorno vial más seguro en el conjunto de la red viaria requiere no sólo de la aplicación de criterios de diseño y gestión con un claro enfoque de

seguridad, sino también controlar y medir adecuadamente su funcionamiento. En este sentido, resulta de vital importancia la distribución de competencias sobre la red de carreteras y su categorización y jerarquía.

## Ámbito de aplicación potencial de los trabajos desarrollados en el Comité

Volviendo a contextualizar la magnitud que representan en longitud las vías para las cuales podrían dirigirse las recomendaciones, los componentes del Grupo de Trabajo analizaron el porcentaje de carreteras que podrían ser clasificadas como de BIT en sus distintas redes concretas.

Con ello se corroboró que en diversas administraciones nos encontramos que la red clasificada como de baja intensidad de tráfico representa un porcentaje elevado como el 70% de la red provincial de la Diputación de Valencia, un porcentaje similar en el caso de la Diputación de Barcelona, un 54% en el caso de la red autonómica de la Junta de Andalucía y un porcentaje aún mayor en la red autonómica de Castilla y León. Las encuestas realizadas a los gestores de carreteras en ciclos anteriores desde el GT 1 del comité, el de conservación, corroboran estas cifras, ya que en promedio llegan a alcanzar el 80% de las redes consultadas.

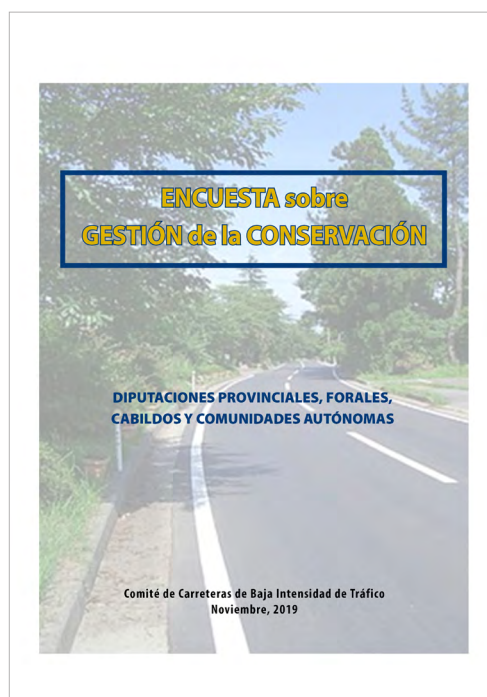


Figura 4- ENCUESTA SOBRE GESTIÓN DE LA CONSERVACIÓN. DIPUTACIONES PROVINCIALES, FORALES, CABILDOS Y COMUNIDADES AUTÓNOMAS. Fuente: Comité C21 Carreteras de Baja Intensidad de Tráfico de la ATC, noviembre 2019.

En definitiva, el porcentaje de carreteras que catalogamos como baja intensidad de tráfico en el Comité, en España representa actualmente un porcentaje muy elevado del total de la longitud de la red, avalando la necesidad de instrumentos técnicos específicos que orienten la gestión de este tipo de infraestructuras.

### Funcionalidad de las distintas redes viarias, movilidad y accesibilidad

En análisis funcional de las carreteras de baja intensidad de tráfico deber tener en cuenta la diferencia entre los conceptos de movilidad y accesibilidad. Mientras la movilidad se refiere a la eficiencia del sistema viario para permitir desplazamientos rápidos y fluidos, generalmente medida a través de la intensidad del tráfico o el tiempo de recorrido, mientras que la accesibilidad se relaciona con la facilidad para llegar a los distintos puntos de territorio. Se trata de conceptos complementarios, pero no siempre proporcionales: una alta movilidad puede coincidir con una baja accesibilidad, y viceversa. Una vía con alta movilidad podría presentar baja accesibilidad al limitar los accesos directos al territorio, mientras que una carretera con numerosos accesos presentaría alta accesibilidad, pero podría hacerlo a costa de una menor fluidez del tráfico. En las carreteras de baja intensidad de tráfico el objetivo principal suele ser garantizar la accesibilidad territorial, sin comprometer los niveles básicos de seguridad vial.

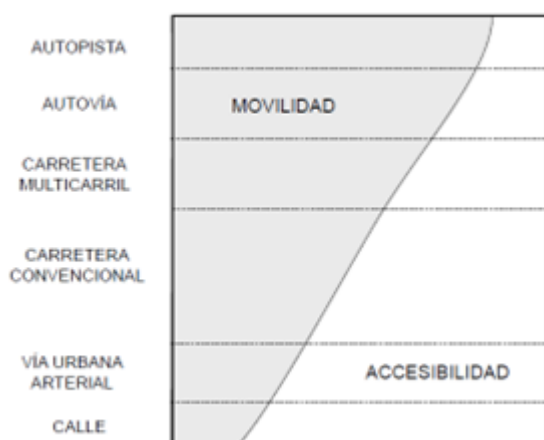


Figura 5- COMPLEMENTARIEDAD ENTRE MOVILIDAD Y ACCESIBILIDAD. Fuente: Orden FOM/273/2016, de 19 de febrero, por la que se aprueba la Norma 3.1-IC Trazado, de la Instrucción de Carreteras.

### Normativa existente y necesidad de recomendaciones específicas en materia de accesos

Uno de los primeros trabajos realizados por el Grupo de Trabajo dedicado a la elaboración de recomendaciones consistió en revisar la distinta normativa existente actualmente en España en materia de carreteras, y concretamente, en materia de accesos.

Así se pudo observar que se tiene un marco legislativo sectorial autonómico y distribución de redes de carreteras por provincias con distintos modelos, en tres niveles o sólo dos niveles. E intentando resumir el marco normativo sectorial en materia de accesos, podemos destacar que en contadas ocasiones existe una regulación autonómica específica al respecto y que incluso comunidades autónomas que tradicionalmente han contado con normativa propia en muchas ocasiones se han visto obligados a adaptarla o incluso derogarla, destaca comunidades pioneras Madrid y Galicia y algunos desarrollos parciales en diferentes artículos y ordenanzas en Cataluña, Castilla y León o Comunidad Valenciana.

Y, en cuanto al marco normativo estatal con afección en la materia también se ha ido modificando el marco normativo desde la orden de accesos de 1997, que, en cualquier caso, ha resultado de difícil aplicación en la realidad física de este tipo de vías.

En dicha normativa se regulan totalmente los accesos y se obliga a la construcción de unos carriles de cambio de velocidad en determinados casos, así como a respetar unas distancias de seguridad a otros accesos próximos, entre otras consideraciones. Todo ello en función de la clase de carretera, de la IMD en el año horizonte y el tipo de acceso. La realidad es que, en muchas ocasiones, la situación de los accesos actuales, carecen incluso de autorización, o son muy anteriores a la regulación de accesos, con una amalgama, resultando tan compleja como amplía la realidad a la que nos enfrentamos. Lo que se une a la más que habitual falta de inventarios respecto a dichos accesos, por lo que no se tienen inventariados ni identificados, dificultando su gestión.

Pasamos a analizar la aplicación de este marco normativo junto con el derecho civil y observamos que entre la Ley de Carreteras del Estado y sus zonas de protección y las leyes autonómicas se observan apreciables faltas de armonía. Y distintas delimitaciones de las zonas de protección que conllevan problemas de aplicación.

En el ámbito sectorial de carreteras no todas las comunidades autónomas disponen del mismo grado de desarrollo de legislación y normativa específica y es por lo que pese a que la legislación estatal no tiene carácter básico como en otras materias, habitualmente existe una aplicación de la normativa estatal en aplicación del principio de supletoriedad de la legislación estatal por mandato del artículo 149.1.18. de la CE, allí donde la regulación específica de detalle no llega a desarrollarse y que también es contemplado en la mayoría de la legislación autonómica sectorial en este sentido. Interpelándose a la misma, siempre teniendo en cuenta también los principios de jerarquía normativa y competencia.

Ante tanta dispersión normativa fruto del proceso de desconcentración y transferencias competenciales a las comunidades autónomas, se observan dificultades de aplicación e interpretación. No obstante, generalmente la mayoría de la normativa autonómica tomó como modelo la anterior ley estatal y en las mismas se permiten, previa autorización, según que usos o actuaciones dentro de las zonas de protección en los predios particulares cuando se consideran compatibles con la explotación de la vía o con la seguridad vial. Ambos conceptos se podrían calificar de jurídicos indeterminados por lo que su motivación habitualmente recae sobre los técnicos de las administraciones titulares de las vías, para no entrar en arbitrariedad a la hora de aplicar las normas y limitaciones a la propiedad.

Como puede observarse tan sólo algunas comunidades autónomas disponen de reglamento propio en la materia, y habitualmente se trata de reglamentos de desarrollo parcial de aspectos concretos.

Cabe recordar que, aun cuando el derecho a la propiedad no es un derecho absoluto, como ningún derecho subjetivo lo es, sí que se trata de un derecho que podríamos considerar completo, como reconocen algunos juristas, y, entre las facultades inherentes al derecho a la propiedad estarían su derecho de acceso o su derecho al cerramiento del bien, por ejemplo, con las limitaciones que puedan venir impuestas por la ley o los titulares de las vías cuando estos terrenos son colindantes a las mismas, como pueda ser a la edificabilidad.

Y si bien podemos utilizar la discrecionalidad que caracteriza a las actuaciones de la administración en las autorizaciones de usos y actuaciones colindantes, con el fin de ejercer las potestades previstas en la ley con cierta libertad de acción y escogiendo la opción que más convenga al interés general, hemos de evitar la arbitrariedad y el uso de criterios dispares para casos comparables, con el fin de no entrar en una inseguridad jurídica. Es por lo que, contar con unas recomendacio-

nes específicas para casuísticas complejas a esta escala y tipo de carreteras, aporta mayor coherencia a la actuación de los técnicos y apoyo en el ejercicio de las potestades que se les atribuyen frente a las limitaciones de derechos a terceros colindantes.

En cualquier caso, el tipo de tráfico de corto o largo recorrido usuario de la vía, conllevará y motivará distinta accesibilidad, distintos usuarios e incluso distintas velocidades.

A estas dificultades se añade el hecho de que las redes provinciales e incluso autonómicas en muchas ocasiones provienen de antiguos caminos previstos como mucho para tráfico rodado, pero no específicamente para la circulación de vehículos automóviles, con sus limitaciones en cuanto a la evolución que se ha ido dando en las cada vez mayores exigencias respecto al trazado y diseño para permitir mayores velocidades de circulación y el parque de vehículos actual.

Adicionalmente, para el usuario, la conducción es, si cabe, una tarea más complicada y desafiante de lo que lo ha sido nunca, debido a la cantidad de vehículos y usuarios de las vías, altas velocidades, mayores estímulos y entornos de conducción complejos (Alonso et al, 2017)VI, sin entrar en las nuevas casuísticas que se dan con la conducción autónoma y distintos sistemas de ayuda a la conducción, conocidos como ADAS por su acrónimo en inglés (Advanced Driver Assistance Systems).

Pues bien, las administraciones, con competencias en la gestión de las redes de carreteras, en aplicación de las disposiciones generales de carácter Estatal y Autonómico, y en el ejercicio de sus responsabilidades en la seguridad vial y en la armonización del uso de la vía para los diversos tráficos que concurren en la misma pueden limitar los accesos a las carreteras de su titularidad y establecer de manera obligatoria los lugares en los que tales accesos pueden construirse, así como la tipología y condicionantes técnicos de los mismos.

La obligación de las administraciones públicas de procurar la máxima aplicación del principio de seguridad jurídica en las relaciones con la ciudadanía, aconseja se regulen los accesos a las carreteras de titularidad de las administraciones locales, de forma que se configure como una actividad reglada y en la que el ámbito de discrecionalidad se reduzca a lo estrictamente ineludible, en función de las circunstancias específicas de cada caso.

La necesidad de establecer una regulación propia, de accesos a las carreteras de baja intensidad de tráfi-

co, nace pues de las singularidades este tipo de redes, caracterizadas por su mayor integración en el territorio, con la finalidad principal de canalizar y distribuir el tráfico local de corto recorrido, lo que obliga a admitir una cierta permeabilidad entre la carretera y el territorio colindante, sin detrimento de la seguridad vial. Garantizando, al mismo tiempo, el ejercicio del derecho a la propiedad y al acceso a la misma con alternativas viables.

Este tipo de vías de baja intensidad de tráfico tienen una naturaleza distintiva, se integran en el territorio circundante, atienden principalmente al tráfico local de corta distancia y, en el acceso a las propiedades adyacentes debe equilibrar la permeabilidad territorial, la seguridad vial y los derechos de propiedad.

Así mismo, no debemos olvidar las diferencias que los accesos directos pueden presentar, en función del uso que se les vaya a dar. En la actual Orden FOM/273/2016, Norma 3.1-IC, podemos clasificar los accesos directos en distintas categorías según los diferentes usos. El documento de recomendaciones en redacción prevé su uso de forma más extensiva en accesos a caminos agrícolas, a vías públicas que no tengan la consideración de carretera, y a edificaciones residenciales aisladas o fincas sin actividad económica de importante tráfico principalmente, lo cual no es óbice para poder tratar el resto de los casos previstos, pudiendo acudir a la propia Norma 3.1-IC cuando sea posible su cumplimiento.

Pero ahondando en la principal motivación para continuar con este trabajo, que sería la seguridad vial hay que reconocer que los conocimientos derivados de diversas investigaciones tanto teóricas como aplicadas han generado un marco que es de enorme utilidad para la actuación dentro del campo de la seguridad vial, de modo que la evidencia científica que sirva de apoyo a las políticas públicas y programas de intervención en la materia. Pero, pese a ingente número de investigaciones, también hay que reconocer que en el conocimiento sobre los accidentes de tráfico y la seguridad vial todavía quedan muchos temas por explorar para incrementar el saber y resta mucho por hacer. Adicionalmente, en nuestra creencia de las ventajas de compartir experiencias y estudios entre administraciones para poder aplicar analogías.

Cualquier investigación, fuente de conocimientos, más que como fin último, tiene sentido para su transmisión siempre que dé respuesta y esté al servicio de las necesidades sociales. Lo cual es aún más cierto en el campo de la seguridad vial al tratarse de una materia de una clara proyección y preocupación social.

En cualquier caso, generalmente el acceso a la información científica no es muy sencillo para la comunidad de profesionales españoles y una investigación que no se conoce es como si no existiera, faltando difusión suficiente de la información científica.

Sin embargo generalmente se observa que la mayor consideración de los avances de las últimas investigaciones científicas se producen cuando son trasladadas y plasmadas en las recomendaciones y normativas técnicas concretas, se propone hacer un esfuerzo por trasladar los resultados de las investigaciones contrastadas a los documentos de directrices, recomendaciones y guías relacionados con la seguridad y a que este tipo de documentos se planteen de forma viva mediante su constante actualización. Esta sería una motivación adicional para continuar con el trabajo desarrollado hasta el momento y plasmar las conclusiones del trabajo realizado en un documento de recomendaciones específico para este tipo de vías.

## Aplicación, tipología de accesos y criterios de diseño

La mayoría de las administraciones aplican actualmente la normativa nacional. Sin embargo, los estrictos requisitos, como los carriles obligatorios de aceleración/desaceleración y la separación mínima entre accesos, suelen resultar poco prácticos para las redes de carreteras locales con bajo volumen de tráfico. Por lo tanto, estas recomendaciones proponen ajustes para adaptarse mejor a las condiciones locales, especialmente para carreteras con una IMD inferior a 1.500 vehículos/día.

Dada la diversidad de las redes de carreteras locales, los requisitos de acceso deben ser flexibles y adaptarse a sus funciones específicas, evitando daños a la infraestructura o riesgos para la seguridad vial.

Elementos que determinan los requerimientos técnicos de los accesos serán la Intensidad del tráfico (volumen y tipo de vehículos) de la vía principal, su geometría, orografía y también la demanda de tráfico del acceso propuesto.

El documento describe los criterios técnicos para la ubicación, el diseño, la construcción y la autorización de accesos nuevos o modificados, garantizando un equilibrio entre la conectividad territorial y la seguridad vial, pues en general los accesos son zonas de conflicto potencial para el tráfico.

Las recomendaciones en elaboración clasifican el acceso directo en varias categorías distinguiendo los

accesos a instalaciones de servicios, accesos para actividades económicas (industriales, comerciales, agrícolas, etc.), caminos agrícolas y otras vías públicas sin consideración de carretera y accesos a propiedades residenciales o no comerciales.

El documento establece una clasificación entre accesos individuales y colectivos. Los primeros sirven a viviendas unifamiliares, parcelas o explotaciones agrarias, mientras los segundos corresponden a urbanizaciones, instalaciones industriales o equipamientos de uso público.

El diseño de los accesos requiere tener en cuenta diferentes factores técnicos, como la intensidad de tráfico de la vía principal, la demanda generada por el acceso, la visibilidad disponible, la geometría de la carretera o las condiciones topográficas.

Entre las principales recomendaciones se incluyen la limitación de giros a izquierda cuando sea posible, la reorganización de accesos existentes para reducir conflictos y la preservación de las condiciones de drenaje de la carretera. Se aconseja, cuando sea físicamente posible, ubicar el acceso a las propiedades adyacentes a lo largo de los límites de las propiedades, reorganizando los accesos existentes. En aquellos tramos donde los accesos colectivos coinciden con zonas de giro a la izquierda y adelantamiento, se debe prohibir el adelantamiento para reducir el riesgo y mejorar la seguridad. Preocupa también el preservar la capacidad de drenaje de la vía y evitar que las aguas de escorrentía lleguen a la calzada.

## Inventario, análisis de la situación pre-existente y gestión de accesos

Un paso preliminar sería contar con datos objetivos verificables, y debemos ser conscientes de que en la inmensa mayoría de los casos se cuenta con accesos preexistentes no autorizados oficialmente.

Sería conveniente realizar un exhaustivo inventario de accesos para nutrir los sistemas de gestión de activos. Si bien hay que ser conscientes de que requeriría trabajo de campo, y no únicamente contar con las herramientas de digitalización disponibles actualmente. Deberían incluirse fotografías, gráficos, documentación y catalogación de su existencia, morfología, distancia entre accesos, anchos, estado pavimentado/sin pavimentar y parámetros básicos.

También nos encontramos habitualmente que el uso real o potencial no es fácil de determinar. Se sugiere

también inferir estudios específicos sobre accidentes en los accesos a partir de los accidentes registrados, ya que no es posible obtener información verificada sobre los incidentes. Esto constituiría una línea de investigación de gran interés para el futuro.

Otras consideraciones tienen que ver con la obligatoriedad de disponer de autorización previa del titular de la vía, el hecho de que los accesos se autoricen para un uso específico y que por lo tanto los cambios requieran aprobación de aprobación previa. Pero también el que se pueda autorizar el uso compartido sin exclusividad, lo cual abre otras disyuntivas complejas como las del mantenimiento, pues el mantenimiento del acceso individual es responsabilidad del propietario.

Siempre se debe preservar la seguridad, la visibilidad, el drenaje y los niveles de servicio. En cualquier caso, se restringen los accesos nuevos cuando el nivel de servicio hace que exista riesgo de congestión en la vía principal. Los desarrollos urbanos deben procurar un único punto de acceso. Y, se deben prohibir los giros a izquierda y adelantamientos cerca de los accesos colectivos. Como ya se ha comentado, el acceso debe mantener un drenaje adecuado y evitar la escorrentía hacia la carretera principal. Y, se requiere documentación técnica para el acceso colectivo, mientras que para el individual solo se puede requerir un breve informe.

Preocupan aspectos como la visibilidad, que resulta esencial para la seguridad y la funcionalidad del tráfico, y se analizan las distancias de visibilidad exigibles estrictamente hablando en términos de seguridad, pero también en relación con la comodidad y el impacto en el flujo de tráfico.

El diseño del acceso debe equilibrar la seguridad, la funcionalidad y la jerarquía vial. Los estándares de visibilidad y distancia deben garantizar un flujo de tráfico fluido y evitar maniobras peligrosas. La velocidad para el diseño y los cálculos de visibilidad depende de la velocidad legal u operativa de la vía, siendo difícil disponer de registros de velocidad real. En vías con poco tráfico, se permite flexibilidad, pero los márgenes de seguridad (visibilidad, espaciamiento y drenaje) siguen siendo forzosos.

En cualquier caso, se ha estado trabajando en la elaboración de unos croquis sencillos de diseño fácilmente aplicables para los titulares de carreteras y técnicos que no dispongan de medios suficientes y tablas de doble entrada para poder tomar decisiones respecto a la solución tipo a aplicar.

## El estudio específico del impacto de los accesos en la siniestralidad y seguridad vial

Adicionalmente y, a futuro, aun cuando resulta una tarea compleja por la falta de este tipo de detalle en los partes de accidentes disponibles, y resultando una tarea ardua de investigación para cruzar información relativa a los accidentes con la disposición de los accesos en las vías, se pretende realizar un análisis de accidentalidad específica y de buenas y malas experiencias y prácticas reales experimentadas en la vida real como gestores de carreteras, para poder extrapolar las conclusiones al documento final. En cualquier caso, es necesario diseñar y construir carreteras más “autoexplicativas”, “perdonantes” e “inteligentes”.

En este sentido un avance del documento de recomendaciones se presentaría en el Workshop sobre seguridad vial y soluciones técnicas rentables para carreteras rurales e interurbanas del TC2.2. internacional celebrado el pasado 24 de octubre en Lisboa, teniendo muy buena acogida y coincidiendo en que se trata de una preocupación recurrente para los gestores de este tipo de vías.

## Consideraciones finales

Hemos tratado en este artículo los trabajos desarrollados desde el CT 21 y las razones para seguir trabajando en el documento de recomendaciones sobre accesos para carreteras de baja intensidad de tráfico, en la medida en que pueden contribuir a la seguridad vial de estas vías.

Se ha analizado la representatividad de estas vías en el global de la red de carreteras a nivel nacional en España y su funcionalidad. Se han descrito asimismo los distintos marcos competenciales, y el porqué la normativa existente no es suficiente, así como cuan meritorio resulta el trasladar los resultados de cualquier análisis y estudio a recomendaciones concretas que sirvan de apoyo a los gestores de estas redes de carreteras.

Por último, se ha realizado un avance de los documentos en elaboración, y concretamente de las recomendaciones de accesos, ámbito de aplicación, algunas de las consideraciones adoptadas.

La elaboración de recomendaciones específicas permitirá adaptarse a la realidad física y preexistente, mejorar la coherencia de las decisiones administrativas, garantizar un equilibrio adecuado entre accesibilidad

territorial y seguridad vial y reforzar la seguridad jurídica en las relaciones entre administraciones y ciudadanos. Y solo cabe reiterar la invitación a quien interesara las temáticas en curso a unirse al Comité.

## Referencias

- [1] Nicolosi, V. Augeri, M.G., & Soccodato, F. (2019). Enfoques multi-objetivo para la asignación transversal de recursos en la gestión de activos de transporte. *Routes/Roads. Revista técnica de la Asociación Mundial de la Carretera* (381), 37-44.
- [2] Costa, A. (2018). Problemática de accesos, basado en el trabajo realizado por la ATC en su Comité de Vías de Baja Intensidad. Curso de Formación: diseño y gestión de redes de carreteras de baja intensidad de tráfico. Valladolid.
- [3] Alonso, M. (2015). La integración del factor humano en el ámbito técnico de la gestión de las carreteras y la seguridad vial: un enfoque investigativo. Tesis doctoral. Valencia: Universitat de València.
- [4] Diputación de Barcelona. (2008). Competències en matèria de carreteres de les administracions locals de segon nivell. Xarxa de municipis. Barcelona: Col·lecció Estudis.
- [5] Plaza, M.C. (2015) Normativa de accesos en redes locales. Ponencia presentada en el VII Congreso Nacional de Seguridad Vial, AEC, Valencia, España.
- [6] Alonso, F., Alonso, M., Useche, S., & Martínez, C. E. (2017). Carreteras adaptadas a la población que envejece. *Carreteras: Revista técnica de la Asociación Española de la Carretera*, (212), 40-48. ❖

# Camión eléctrico: una transformación profunda del ecosistema energético y logístico europeo



**Arturo Pérez de Lucía**

*Director general de AEDIVE y vicepresidente de E-Mobility Europe*

Durante décadas, el transporte pesado ha sido el corazón invisible de la economía europea. Cada alimento en el supermercado, cada componente industrial y cada paquete entregado a domicilio ha recorrido cientos o miles de kilómetros en camión diésel. Sin embargo, ese modelo está entrando en una transformación histórica. La electrificación del vehículo pesado ya no es una hipótesis tecnológica: es una transición estructural impulsada por regulación, innovación y presión climática.

Europa ha decidido acelerar el cambio en este ámbito. Y España, por su posición geográfica y su peso logístico, se encuentra ante una oportunidad estratégica de primer orden.

## Un punto de inflexión regulatorio

El gran catalizador del cambio es el nuevo reglamento europeo sobre infraestructura de combustibles alternativos (AFIR), que establece por primera vez objetivos vinculantes para el despliegue de infraestructura de recarga eléctrica para vehículos pesados en la red transeuropea de

transporte (TEN-T).

La norma obliga a que, de forma progresiva hasta 2030, existan estaciones de recarga de alta potencia —mínimo 350 kW por punto— cada 60 kilómetros en la red principal europea y cada 100 kilómetros en la red ampliada. No se trata de recomendaciones, sino de obligaciones.

Esta decisión cambia radicalmente el escenario. Hasta ahora, la electrificación del camión de larga distancia estaba frenada por la falta de infraestructura pública fiable. Con AFIR, Europa envía una señal clara al mercado: la red de recarga debe construirse, y debe hacerse con criterios de potencia, interoperabilidad

y transparencia.

## El mercado del camión eléctrico: de experimental a estratégico

El camión eléctrico ha avanzado de forma significativa en los últimos años. Las autonomías superan sobradamente los 300 y 400 kilómetros en varios modelos, y la evolución de las baterías continúa reduciendo costes y mejorando prestaciones. Además, el desarrollo del estándar de carga de megavatio (MCS) promete recargas en tiempos compatibles con la operativa logística de larga distancia.



Hub de Milence para recarga de camiones eléctricos



Camion eléctrico (foto de Netze BW en Unsplash)

Aun así, en mercados como China y OEMs europeos ya están incorporando doble conector CCS en los camiones, para poder recargar con potencias de megavatio sin afrontar los retos del mencionado estándar, tales como:

- Un conector específico, adaptado a la toma de corriente del MCS.
- No todos los camiones recorrerán lo suficiente como para justificar recargas de 1 MW cada vez y pueden quedar infrutilizadas.

- Mayor complejidad técnica (control térmico en cables de muy alta corriente; gestión de interoperabilidad entre marcas de camiones y puntos de carga; protocolos de comunicación más sofisticados).

En cualquier caso, el mercado sigue en fase inicial. Las flotas eléctricas se concentran principalmente en distribución urbana y regional, donde la previsibilidad de rutas facilita la gestión energética. El transporte internacional pesado aún depende casi por completo del diésel.

La electrificación masiva del camión no depende únicamente del vehículo: depende de la infraestructura, del coste energético, de la red eléctrica y de la seguridad regulatoria. AFIR busca precisamente resolver ese cuello de botella.

### España: dependencia del camión y oportunidad histórica

En España, aproximadamente el 95 % de las mercancías terrestres se transportan por carretera. Esta cifra sitúa al país entre los más dependientes del camión en Europa. La transición energética del transporte pesado, por tanto, no es un fenómeno marginal: afecta directamente a la estructura económica nacional.

Pero esa dependencia también es una oportunidad.

España ocupa una posición estratégica como puerta sur de Europa, con corredores que conectan la península con Francia y el resto del continente, además de ser enlace natural con el norte de África. El corredor mediterráneo, el eje Madrid-Barcelona y las conexiones atlánticas concentran un intenso flujo logístico internacional.

Si el despliegue de infraestructura de alta potencia se ejecuta con rapidez y visión estratégica, España podría consolidarse como un hub logístico descarbonizado del sur europeo.

A ello se suma otra ventaja competitiva: un sistema eléctrico con una elevada penetración de energías renovables. La electrificación del transporte pesado en España podría apoyarse en generación solar y eólica abundante, mejorando la coherencia entre descarbonización eléctrica y movilidad.

## El gran desafío: la red eléctrica

La cara menos visible de esta transición es la infraestructura energética. Un punto de recarga de 350 kW —y más aún uno de 1 MW en el futuro— no es una simple estación de servicio. Requiere conexión en media tensión, centros de transformación específicos y, en muchos casos, refuerzo de red.

Si varias plazas de recarga operan simultáneamente en una misma estación, la demanda puede superar fácilmente los 5 o 10 MW. Esto implica planificación anticipada con operadores de red, inversiones significativas y tiempos administrativos que no siempre son ágiles.

Si la infraestructura de recarga avanza más rápido que la capacidad de la red, aparecerán cuellos de botella. Si la red avanza más rápido que la demanda real, el riesgo será financiero.

Por tanto, la coordinación entre sector público, operadores energéticos, distribuidoras y promotores privados será determinante.

## Permisos, inversión y modelo de negocio

Más allá de la red eléctrica, los plazos administrativos constituyen uno de los mayores retos en España. Licencias municipales, evaluaciones ambientales y permisos de acceso y conexión pueden retrasar proyectos estratégicos durante meses o incluso años.

Además, el modelo económico todavía se está consolidando. Las estaciones de alta potencia requieren una inversión inicial elevada, mientras que el parque de camiones eléctricos aún es reducido. El equilibrio entre inversión anticipada y crecimiento progresivo de la demanda será delicado.



Para que el sistema funcione, será necesario diseñar modelos híbridos que integren almacenamiento energético, autoconsumo renovable y gestión inteligente de la demanda. La digitalización jugará un papel clave para optimizar la carga y evitar picos innecesarios.

## Comparativa europea: una carrera en marcha

Alemania y los Países Bajos avanzan con mayor rapidez gracias a redes eléctricas robustas y políticas públicas intensivas. Francia ha articulado programas de apoyo coordinados a escala estatal. España, aunque parte de una posición intermedia, dispone de ventajas estructurales que podrían permitirle recuperar terreno si acelera ejecución.

El calendario es exigente. Entre 2025 y 2030 Europa vivirá una fase decisiva en la construcción de corredores de recarga de alta potencia. Lo que se despliegue en este periodo marcará la competitividad logística del continente durante décadas.

## Una transformación estructural, no tecnológica

La electrificación del transporte pesado no es simplemente una innovación en el sector automovilístico. Es una transformación profunda del ecosistema energético y logístico europeo.

Afecta a fabricantes de camiones, operadores logísticos, compañías eléctricas, distribuidores eléctricos, operadores de recarga y administraciones públicas. Cambia la planificación urbana, la inversión en redes y la estructura de costes del transporte internacional.

España tiene ante sí un reto complejo, pero también una oportunidad estratégica única. Si logra combinar rapidez regulatoria, planificación eléctrica y colaboración público-privada, podrá posicionarse como uno de los nodos clave del transporte descarbonizado europeo. ❖

# Algunos Puentes, patrimonio de las obras públicas en Aragón



## Rafael López Guarga

*Decano de la demarcación de Aragón del  
Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos*

Del 7 al 11 de abril de 2026, organizado por el Colegio de ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, se celebra el II Congreso Internacional del Patrimonio de la Obra Pública y de la Ingeniería Civil en la Comunidad Valenciana, con sedes en las tres provincias de Castellón, Valencia y Alicante, siendo continuación del ya celebrado en el año 2023 en Castilla-La Mancha y Madrid.

En este marco se abordan diferentes aspectos del Patrimonio, siempre desde el punto de vista de su defensa, su protección y su puesta en valor, tales como la caracterización del paisaje, los efectos de las catástrofes naturales, la educación cívica de respeto a la herencia de nuestros antepasados, las estrategias de intervención, rehabilitación y construcción e incluso las innovaciones tecnológicas.

Desde el inicio de la civilización, a lo largo de los años, para integrarse en el medio, en el desarrollo de sus

actividades, en sus ambiciones de conquista, para una mayor interrelación y comunicación, y fundamentalmente en la mejora de sus condiciones de vida, el ser humano se ha visto en la obligación de construir innumerables y variadas infraestructuras, a veces totalmente sofisticadas y verdaderos ingenios de su capacidad intelectual, que satisficieran sus necesidades, habiendo dejado un ingente legado de la obra pública que es preciso preservar y poner en valor, haciendo todos los esfuerzos y poniendo todos los medios disponibles para transmitir a la sociedad la importancia que tiene y lo decisivo que ha sido para disfrutar en el momento actual de los avances que tenemos al alcance de las manos.

Desgraciadamente muchas de estas infraestructuras que constituyen nuestro patrimonio de la obra pública se han visto sometidas, todavía hoy lo están siendo, a los más diferentes avatares, habiendo sido destruidas o dañadas por las guerras,

desastres naturales, expolios, abandono, demoliciones indiscriminadas por nuevas infraestructuras más modernas o planes de desarrollo y urbanísticos poco sensibles o incluso por muchos criterios y decisiones de responsables públicos que denotan una total incultura de la historia y del patrimonio. Por ello, cualquier actuación encaminada en concienciar a la sociedad de que ha de preocuparse por estos temas y en establecer la necesidad y obligación de emprender acciones de rehabilitación y de prevención ha de ser bienvenida.

Por tanto, desde esta plataforma de divulgación que constituyen las páginas de la revista Rutas, quiero poner sobre la mesa una serie de obras públicas en Aragón relacionadas con los caminos y las carreteras, de ahora o del pasado, que requieren urgente intervención. Obras por muchos desconocidas por la que merece la pena interesarnos y darlas a conocer.



Fotografía 1. Santaliestra y San Quílez. Puente colgante sobre el río Ésera



Fotografía 2. Detalle del sistema de suspensión del tablero

En el término municipal de Santa Liestra, en la parte oriental de la provincia de Huesca, se encuentra un puente peatonal, que en el vocablo de la zona se denomina “palanca”, que permite cruzar el río Ésera desde la carretera de Campo a Graus, y que concretamente se trata de la **Palanca de Campodiezmo**. (Fotografías 1 y 2)

Aunque no se sabe exactamente la fecha de su construcción, podría datar de la década de 1.880, habiendo sido el promotor y proyectista de la misma, Ramón Baldellou, párroco de Torres de Obato. Esta pasarela quedó muy afectada a lo largo de los años por distintas inundaciones, habiendo sido reparada en 2.006, quedando como elementos originales las pilas (aunque han desaparecido un tajamar y un arco lateral) y los cables principales.

La Palanca de Santaliestra, como también se la conoce, es un puente de tres vanos con luces aproximadas de 3,40 + 24,00 + 5,20 m, separados entre sí por dos pilas de mampostería de dimensiones aproximadas en planta de 3,30 x 3,60 m y una altura de 4,00 m. El ancho del tablero central es de 2,50 m mientras los laterales son de 2,00 m. El tramo central es de tipología colgante, el tramo de la margen derecha es un arco de medio punto y el tramo de la margen izquierda está reconstruido con un forjado de viguetas y bovedillas. Las pilas disponían de sendos tajamares, aunque sólo se conserva el de la margen derecha.

El tablero de la pasarela está formado por tres órdenes de vigas de madera dispuestas una encima de otra. Los cables son de alambres paralelos y se mantienen unidos por anillamientos de alambre

cada 50 m. Tienen un diámetro de 30 mm, aunque debido a su antigüedad se encuentran deformados. Se ignora la fecha de construcción, aunque al ser similar a la pasarela de Jánovas, que se citará posteriormente, que está fechada en 1.881, hace pensar que sea de esa misma época, constituyendo ambas la única muestra conocida en el Pirineo de esta tipología.

Los cables se encuentran sujetos a las pilas por medio de unas barras de hierro, como puede verse en las fotografías adjuntas, y sus alambres tienen un diámetro variable, de 2 a 4 mm, debido posiblemente a la oxidación. (Fotografías 3 y 4)

Esta pasarela no tiene ninguna figura de protección por lo que debería instarse a su declaración como Bien de Interés Cultural, BIC, previa restauración integral de la misma.



Fotografía 3. En primer plano detalle del anclaje de un cable principal a la pila



Fotografía 4. Elementos de suspensión de las péndolas. Pasarela de Santaliestra



Fotografía 5. Aspecto actual del puente



Fotografía 6. Detalle de la pila

Debe hacerse constar, que como esta pasarela sobreviven otras muchas en el Pirineo dignas de tenerse en cuenta antes de que les llegue a acontecer una pérdida irreparable. Como se ha dicho, otro ejemplo a destacar es la **Pasarela de Jánovas**.

También realizada por Ramón Baldellou, que diseñó los planos y formuló las instrucciones, interviniendo también en determinados momentos en la dirección de su ejecución, concretamente en la cimentación.

De acuerdo con la descripción del puente publicada en el BOA del Gobierno de Aragón, el "Puente colgante de Jánovas sobre el río Ara" fue construido en 1.881, como figura en varias de las piezas integrantes del mismo, y se sitúa sobre el río Ara en el inicio aguas arriba del singular desfiladero de Jánovas, uniendo los dos antiguos caminos que discurrían por dicho congosto a poca altura sobre el río y que formaban parte del camino a Francia por el valle del Ara, pudiéndose considerar como el único puente colgante del siglo XIX que se mantiene en España y en los países del entorno que conserva sus elementos estructurales originales, incluido el singular sistema de cables formados por alambres paralelos. Está formado por estribos, torres, cables principales, péndolas y tablero. Los dos estribos son de fábrica de piedra de unos 5 m de altura y se

sitúan separados a ambos márgenes del río formando un vano de unos 48 m de luz. Sobre cada estribo se levantan dos torres formadas por pilas de piedra de unos 295 cm, separadas unos 190 cm, de sección rectangular con variación dimensional de su sección según la altura. Cada torre a su vez está coronada por un elemento de contorno ovalado de un metro de altura, conformado a base de chapas, placas y nervios de fundición. En la base de estos elementos figura el año 1.881. Los cuatro cables principales están formados por alambres paralelos de 3,5 mm de diámetro, 80 por cable, agrupados mediante pequeños zunchos, según el sistema inventado por los hermanos Seguin de Francia, cuya empresa fue la que probablemente construyó el puente. Los cuatro cables principales realizan el paso por las sillas me-

dante la extensión horizontal de los alambres desde el último zuncho y sus extremos se anclan en el terreno mediante macizos de hormigón soterrados. (Fotografías 5 y 6)

Debido al mal estado en el que se encuentra actualmente este puente, se considera necesario implicarse en su conservación. Especialmente preocupante es la situación del tablero, del que subsiste una parte principal de madera de roble, y de los cables originales, que presentan una importante corrosión. A iniciativa del ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, Leonardo Fernández Troyano, el puente de Jánovas fue declarado Bien de Interés Cultural, lo que da lugar a la paradoja de que al conservar los cables originales impide modificarlos y si no se renuevan la pasarela terminará por desaparecer. (Fotografía 7)



Fotografía 7. Detalle del sistema de suspensión con cables de alambres paralelos

De construcción más moderna, pero proyectado en 1.913, tenemos el **punto sobre el embalse de Ardisa** que constituye una de las estructuras de paso más singulares que permanecen en la geografía aragonesa, siendo además una de las menos conocidas, que solucionaba el cruce de la carretera entre Ejea de los Caballeros y Ayerbe sobre el vaso del embalse de Ardisa. La singularidad del tablero de esta estructura radica en su tipología en viga Pratt, que copia la de los puentes metálicos para ferrocarril, que en número de varios centenares poblaban la red ferroviaria de entonces. A lo largo de la historia, ha resultado típico que nuevos materiales copien

tipologías más apropiadas para materiales anteriores, como era el caso del acero, mientras que el hormigón armado se adapta mejor a secciones más masivas de formas más sencillas con las que se evita el empleo de encofrados complejos. Es por ello que esta tipología en celosía triangulada, para obras de hormigón armado rápidamente desapareció quedando el caso de este puente sobre el Embalse de Ardisa como uno de los vestigios mejor conservados.

Como datos geométricos principales, el puente está conformado mediante vanos isostáticos de 38,60 m de luz en viga Pratt de

10 recuadros, con un canto de 4 m y una anchura de la sección transversal de 6,32 m. La circunstancia más curiosa de esta tipología es que las diagonales de las vigas principales se encuentran comprimidas para favorecer el trabajo a compresión del hormigón, por lo que apuntan hacia los apoyos, en contraposición a los puentes metálicos típicos en viga Pratt donde las diagonales se encuentran traccionadas, apuntando en ellos hacia el centro del vano. (Fotografías 8 y 9)

Dado el precario estado de conservación de este puente, se requiere un estudio pormenorizado de su situación actual que aporte información relevante para poder acometer actuaciones necesarias de rehabilitación, algo especialmente acuciante en sus apoyos.

Volviendo al pasado, concretamente en torno al siglo XV, puesto que se desconoce una fecha exacta de su construcción, nos encontramos con el hermoso **punto sobre el río Guadalo** ubicado en el término municipal de Castellote (Teruel) que resultó inundado por el pantano de Santolea y que con motivo del vaciado del embalse llevado a cabo en el año 2.018 saltó a la luz. Las obras de construcción de la nueva presa del Cañón, recrecimiento de la anterior, han dado lugar a su desmontaje y traslado, piedra a piedra, a una explanada próxima en la que se encuentra depositado. (Fotografías 10 y 11)

El puente tenía un gran arco de sillería de 20 m de luz, con riñones y muros de acompañamiento contruidos también con sillares de gran calidad. Posee numerosas marcas de cantero y un gran valor estético por sus detalles. Al desmontarlo se pudo constatar una característica singular: el uso de plomo en una de las acanaladuras de las dovelas de cierre de la clave. (Fotografía 12)



Fotografía 8. Puento sobre el embalse de Ardisa

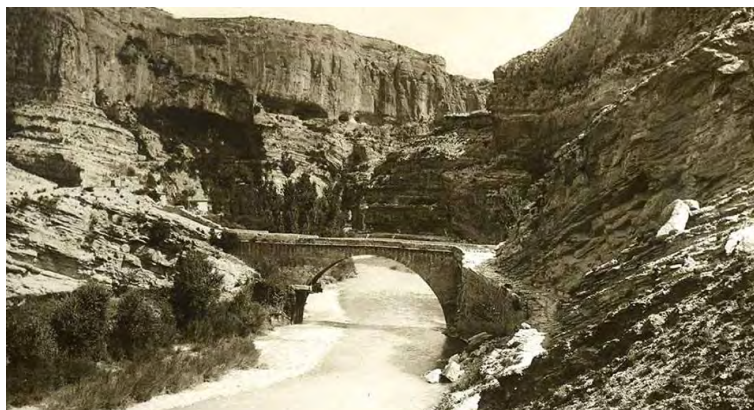


Fotografía 9. Detalles del tablero y apoyos

El puente de Castellote aguarda que se lleve a cabo su reconstrucción en un nuevo emplazamiento, como pueda ser el cercano barranco de Dos Torres. Según pasa el tiempo aumenta la preocupación por el estado de las dovelas y principalmente por la eventual pérdida de la información adquirida en el desmontaje.

Por último haremos referencia al **puente del embalse de La Peña**, puesto en servicio en 1.913 para, como su propio nombre indica, salvar el embalse que se estaba construyendo, que es una estructura metálica de celosía que presenta un estado de conservación muy precario, con corrosión generalizada y probablemente con posibles afecciones estructurales. No en vano desde que en 1.970 que fue la última vez en que se pintó, no se ha llevado ninguna actuación de mantenimiento, ubicándose en un ambiente húmedo y en una zona en la que en invierno el empleo de elevadas cantidades de fundentes es habitual. Además se aprecian abolladuras y golpes por impactos imprevistos de vehículos.

El conjunto de las obras del embalse de La Peña es un hito de la ingeniería tanto por su proyecto, como por la tecnología constructiva empleada, su utilidad y grandiosidad. El puente se sitúa próximo al estribo derecho de la presa, siendo metálico de celosía con uniones roblonadas situado en disposición recta y horizontal con una longitud de 182,25 m entre los ejes de sus apoyos extremos. Consta estructuralmente de un puente de acceso con un primer vano con sección transversal en U de 18,75 m simplemente apoyado en sus extremos y un puente principal con otros tres vanos de 50,00 + 62,50 + 50,00 m de luces entre apoyos que forman una viga cajón continua. Se disponen tres pilas de mampostería de sección rectangular decreciente apoyadas en el fon-



Fotografía 10. Foto histórica anterior a la construcción del embalse de Santolea



Fotografía 11. Dos vistas del puente, después del desembalse por la construcción de la tercera presa de Santolea



Fotografía 12. Explanada con los acopios de dovelas



Fotografía 13. Foto histórica del puente sobre el embalse de la Peña



Fotografía 14. Foto actual desde el mismo punto aproximado de la histórica



Fotografía 15. Vista general del puente desde el lado derecho de salida

do del embalse. El modelo básico de las celosías es de 3,125 m y su canto de 6,60 m en el puente principal, estando constituidas por un cordón inferior, un cordón superior, montantes verticales y diagonales con una inclinación de 45 grados y arriostamientos mediante cruces de San Andrés. Tipológicamente es un ejemplo poco corriente en viaductos de carretera, siendo más habitual en trazados ferroviarios.

Actualmente el puente tiene una restricción de paso con una limitación de peso de 40 t y por eje de 12 t, estando establecida una prioridad respecto al sentido contrario. Por parte del Gobierno de Aragón está previsto construir, ligeramente al lado, un nuevo puente para posteriormente rehabilitar el existente para su uso peatonal y tal vez tráfico ligero. Una vez concluidos los trabajos debería tramitarse su declaración como Bien de Interés Cultural. (Fotografías 13, 14 y 15)

### Referencias:

- [1] Gran Enciclopedia Aragonesa publicada en 1980;
- [2] Carlos Casas Nagore. Blog Historia de carreteras;
- [3] Leonardo Fernández Troyano. Los pasos históricos de los Pirineos, enero 2024
- [4] Boletín Oficial de Aragón, decreto 209/2017, de 19 de diciembre;
- [5] Catálogo de actuaciones en el Patrimonio de las Obras Públicas. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. 2023;
- [6] Rafael Farina Peiré. Fotografías pasarelas Jánovas y Santaliestra. ❖

## II Jornada de Innovación en Carreteras

La II Jornada de Innovación en Carreteras, celebrada el 4 de marzo de 2026 y organizada por la Cátedra Torrecamara de la Escuela de Caminos de la Universitat Politècnica de València, reunió a representantes de administraciones, empresas, universidades y centros tecnológicos para analizar los principales retos del sector viario en un contexto de profunda transformación.

El encuentro evidenció que las carreteras están evolucionando hacia sistemas complejos en los que la digitalización, los datos y la conectividad se convierten en elementos estructurales. Este proceso responde a factores como la electrificación del transporte, el avance de los vehículos conectados y la necesidad de reforzar la resiliencia frente a fenómenos climáticos extremos.

### De la innovación a la implantación

Uno de los mensajes clave de la jornada fue que el reto actual no reside tanto en generar innovación como en implantarla de forma efectiva. La innovación se entiende como un proceso orientado a resolver problemas concretos —seguridad, sostenibilidad, eficiencia o resiliencia— y no únicamente como



Alfredo García García, Director de la Cátedra Torrecamara, durante su intervención

la adopción de nuevas tecnologías.

Para ello, resulta imprescindible contar con marcos adecuados de gobernanza, financiación y colaboración que permitan trasladar el conocimiento a la práctica. En este contexto, la cooperación entre administraciones, empresas y universidades se posiciona como un factor determinante.

### Carreteras inteligentes y gestión del dato

La digitalización fue uno de los ejes centrales del encuentro. Las carreteras dejan de concebirse

como infraestructuras pasivas para convertirse en plataformas capaces de generar y gestionar información en tiempo real, lo que abre nuevas posibilidades para la gestión del tráfico y la operación de la red.

En este contexto, se destacó el papel de los ecosistemas de datos, que integran información procedente de múltiples fuentes: infraestructura, vehículos, meteorología o servicios de emergencia. No obstante, el valor del dato depende de su calidad, interoperabilidad y gobernanza, aspectos aún en desarrollo.

Asimismo, se apuntó a la progre-

siva integración entre transporte y energía, explorando el potencial de las carreteras como infraestructuras multifuncionales.

## Resiliencia ante eventos extremos

La adaptación al cambio climático emergió como otro de los ejes prioritarios. Episodios recientes como la DANA han evidenciado la vulnerabilidad de la red viaria y la necesidad de replantear los enfoques tradicionales de diseño y gestión.

La resiliencia se abordó desde una perspectiva integral, que combina soluciones de ingeniería con sistemas de monitorización, análisis de riesgos y mejora de la capacidad de respuesta. En este ámbito, la digitalización se configura como una herramienta clave para anticipar situaciones críticas y optimizar la toma de decisiones.

## Seguridad vial digital: un cambio de paradigma

Otro de los bloques relevantes de la jornada fue la sesión dedicada a la seguridad vial, moderada por Ana Arranz Cuenca, directora de la Asociación Técnica de Carreteras (ATC).

La sesión puso de relieve la transición desde un enfoque tradicional, basado en el análisis de accidentes, hacia un modelo proactivo y predictivo, sustentado en el uso intensivo de datos.

Las nuevas fuentes de información —sensores, sistemas de monitorización y vehículos conectados— permiten identificar comportamientos de riesgo antes de que se produzcan los siniestros. Indicadores como frenadas bruscas o trayectorias anómalas aportan una visión más precisa del funcionamiento



Sesión 4, Seguridad vial digital: hacia una protección inteligente y dinámica, moderada por Ana Arranz Cuenca

real de la carretera.

Este enfoque posibilita una gestión continua del riesgo, en la que la infraestructura puede anticipar problemas y adoptar medidas preventivas. El vehículo conectado emerge, en este contexto, como una fuente de datos de gran valor para la seguridad vial.

No obstante, la sesión subrayó que el aprovechamiento de estas capacidades requiere avanzar en la calidad de los datos, la interoperabilidad y la capacidad de las administraciones para integrar estas herramientas en sus procesos de gestión. Asimismo, se destacó el papel de la inteligencia artificial en el análisis de grandes volúmenes de información y en la generación de modelos predictivos.

## Conservación inteligente

La digitalización está transformando también la conservación de carreteras, que evoluciona hacia modelos basados en la monitorización continua y el análisis predictivo. El uso de gemelos digitales, inspección automatizada y datos

procedentes de vehículos permite disponer de información más precisa y actualizada sobre el estado de la infraestructura.

Estas herramientas facilitan una gestión más eficiente y una mejor planificación de las actuaciones, aunque su implantación exige avanzar en la integración de datos y la coordinación institucional.

La II Jornada de Innovación en Carreteras ha confirmado que el sector se encuentra en un proceso de transformación estructural. La digitalización, la resiliencia, la seguridad vial basada en datos y la gestión inteligente de la conservación configuran los principales ejes de cambio.

El desafío para los próximos años será consolidar estas tendencias y avanzar desde proyectos piloto hacia su implantación generalizada. En este contexto, la innovación deja de ser una opción para convertirse en una condición necesaria para garantizar carreteras más seguras, sostenibles e inteligentes. ❖

# 17º Congreso Mundial de la Vialidad Invernal, Resiliencia y Descarbonización de PIARC

## Chambéry 2026

El 17 Congreso Mundial de la Vialidad Invernal, Resiliencia y Descarbonización de la Carretera se ha celebrado en Chambéry, Francia, del 10 al 13 de marzo de 2026, y ha tenido un notable éxito.

En primer lugar, ha habido un récord de participación, para un congreso de invierno de PIARC. Más de 2.000 delegados participaron en el Congreso, muy por encima de la edición anterior de Calgary 2022, que con formato híbrido-durante la pandemia- congregó a 785 personas, y superior también a las ediciones anteriores de Gdansk 2018, Andorra 2014 y anteriores, que no llegaron a los 1.500 participantes. La delegación española, con cerca de 30 representantes del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible, de la Comunidad de Madrid, de diversas asociaciones y del sector privado, ha contribuido, con su presencia y gracias a calidad técnica de las presentaciones, al éxito del Congreso.

También el número de Comités Técnicos de PIARC que han participado en el Congreso ha sido un récord. Los Congresos de Vialidad Invernal de PIARC que se celebran desde 1969 contaban únicamente con el apoyo del Comité Técnico de Vialidad Invernal. En la edición de Calgary se añadió el tema de la resiliencia y 8 Comités Técnicos contribuyeron al Congreso. Y, para la



Sesión de las altos representantes de PIARC. Foto: Alpigraphe / Matthias Kröll

edición de Chambéry, PIARC ha movilizado a 18 de sus 23 Comités Técnicos para abrir el Congreso a casi todo el espectro de temáticas relacionadas con la carretera, con la idea de hacerlo interesante para los 128 países miembros de PIARC, tengan o no nieve y hielo en sus carreteras.

Finalmente, el Congreso también ha contado con un récord en el número de artículos presentados, con más de 430 propuestas de 65 países de todo el mundo. Desde España se presentaron 10 propuestas, y ha habido, además, 4 Sesiones Técnicas que fueron moderadas o participadas por delegados españoles.

Todos estos factores han permitido un rico intercambio de ideas, políticas y prácticas durante tres días y medio, en sus 76 sesiones técnicas, traducidas en los tres idiomas oficiales del Congreso: español, francés e inglés.

En las sesiones de inauguración y clausura se ha contado con la participación de autoridades del Ministerio de Transportes de Francia, de la Región Auvernia-Ródano-Alpes, el alcalde de Chambéry, y las autoridades de PIARC. De igual modo se ha contado con "Altos Representantes" de los países miembros de PIARC en la Sesión del mismo nom-



Parte de la delegación española en Chambéry



bre. Las tres Sesiones de Orientación Estratégica, tradicionales de los Congresos Mundiales de la Carretera, pero que por primera vez se organizaron el marco del Congreso de invierno, se comentaron las tres temáticas técnicas del Congreso, la vialidad invernal, la resiliencia y la descarbonización. En la sesión de Vialidad Invernal se presentó la publicación estrella del Congreso, que PIARC publica cada cuatro años, el Databook sobre la nieve y el hielo 2026, donde 23 países, entre ellos España, presentan sus estrategias y mejores prácticas para gestionar la vialidad invernal en las carreteras.

Como en todos los Congresos de PIARC, el objetivo principal de las Sesiones Técnicas ha sido presentar los resultados de los trabajos de los Comités Técnicos donde en este ciclo 2024-2027 participan cerca de 2.000 expertos de más de 80 países.. Se organizaron 24 Sesiones Técnicas sobre vialidad invernal para preservar la temática esencial que originó esta serie de congresos hace más de medio siglo, 13 Sesiones Técnicas sobre resiliencia, y 9 Sesiones Técnicas sobre descarbonización de la infraestructura vial y

el transporte por carretera. También se organizaron 7 Sesiones Prospectivas con una veintena de organismos internacionales como bancos multilaterales de desarrollo; Nacionales Unidas; organizaciones internacionales que trabajan con otros modos de transporte como el ferrocarril, el marítimo o el aeroportuario, para avanzar en la resiliencia del sistema de transportes multimodal; organismos regionales vinculados a la carretera; todo ello con el objetivo de convertir el Congreso en el punto de encuentro mundial para el sector de la carretera y el transporte. Las cuatro Sesiones de los Proyectos Especiales de PIARC sobre temas emergentes, así como los diez Talleres interactivos completaron el programa.

El Congreso también fue la ocasión de celebrar el 5º Campeonato Mundial de Quitanieves, una competición única que organiza PIARC cada cuatro años. Más de 30 conductores, incluyendo tres mujeres, de 12 países compitieron para demostrar la destreza y habilidad del sector. La medalla de oro se la llevó Eslovenia, seguida de Francia y Polonia.

El Congreso también ha ofrecido la ocasión de reunir al Comité Ejecutivo de PIARC con el apoyo de la nueva dirección de la Secretaria General, con Miguel Caso Florez (España) como nuevo Secretario General y Nadia Lappa (Canadá) como nueva Secretaria General Adjunta, y el órgano de gobierno decidió culminar este proceso de evolución del Congreso de invierno con dos decisiones clave para la próxima edición. Para el próximo Congreso Mundial de Carreteras de Invierno, se movilizarán todos los Comités Técnicos de PIARC, y el evento se realizará en octubre o noviembre 2029, para crear un ritmo regular de Congresos de PIARC cada dos años entre los Congresos Mundiales de la Carretera iniciados en 1908, y los Congresos Mundiales de la Carretera de Invierno creados en 1969.

La sede del Congreso de 2029 se decidirá en la próxima reunión del Consejo de PIARC que se celebrará en octubre de 2026. Habrá que esperar hasta entonces para conocer qué país será el próximo anfitrión del Congreso. ❖

## Jornada Técnica

# Novedades en la redacción de los proyectos y el control de las obras para la mitigación del impacto por ruido de las infraestructuras lineales de transporte



Madrid, 3 de febrero 2026

El día 3 de febrero se celebró en el salón de actos del Centro de Estudios y Técnicas Aplicadas (CETA) del CEDEX la jornada técnica sobre Novedades en la redacción de los proyectos y el control de las obras para la mitigación del impacto por ruido de las infraestructuras lineales de transporte.

En la inauguración estuvo presente Áurea Perucho, Directora del CEDEX, Paula Pérez, Subdirectora General de Conservación y Gestión de Activos, y Álvaro Navareño como Presidente de la ATC y de su Comité Técnico de Equipamiento Vial. Tras las palabras de apertura, la jornada fue avanzando desde el

“qué” (estrategias y políticas) y el “con qué” (normas, guías y especificaciones) hacia el “cómo” (redacción del proyecto y control de ejecución) se está avanzando en una cartera cada vez más relevante de pantallas en nuestras carreteras y ferrocarriles.

La **Sesión 1** llevaba por título “Puesta al día de las estrategias de lucha contra el impacto sonoro de las infraestructuras lineales de transporte”. La primera ponencia corrió a cargo de J. Rubio Alférez, introductoria de la génesis de la evaluación estratégica del ruido en las carreteras y los ferrocarriles y de la relevancia del problema y necesidad de darle visibilidad y prioridad. La sesión se completó con tres intervenciones que ofrecieron una panorámica de cómo se está organizando la gestión del ruido en los distintos niveles de administración y modos de transporte. C. de la Calle (DGC) expuso el Estado del desarrollo de las políticas de gestión del ruido en las carreteras. Mapas estratégicos de ruido (MER) y Planes de Acción en la (PAR) de la Red de Carreteras del Estado, poniendo en valor el recientemente aprobado Plan de Acción de 4ª fase (2025-2029). Seguidamente, P. Méndez (DG Sector Ferroviario) presentó la ponencia equivalente a la anterior, en relación a la Red Ferroviaria de Interés General y sus MER y PAR, aportando las singularidades del ámbito ferroviario. Cerró el bloque M. Gambín (C.A. Región de Murcia) con una ponencia centrada en las singularidades de la gestión de ruido a nivel autonómico y local, en particular las limitaciones y prioridades en la contratación de los estudios técnicos. La mañana concluyó con un coloquio moderado por S. Fernandez-Sousa (DGC), en el que los cuatro ponentes contrastaron enfoques, experiencias y propuestas integradoras de futuro.

Tras la pausa café, la **Sesión 2** abordó el “Desarrollo normativo y recomendaciones sobre diseño de Dispositivos Reductores de Ruido (DRR) en carreteras y ferrocarriles”, con un programa que fue recorriendo normas, guías y especificaciones técnicas relevantes. En primer



Mesa Redonda de la primera sesión “Puesta al día de las estrategias de lucha contra el impacto sonoro de las infraestructuras lineales de transporte”, moderada por Silvia Fernandez-Sousa Villete



Mesa Redonda de la segunda sesión “Desarrollo normativo y recomendaciones sobre diseño de Dispositivos Reductores de Ruido (DRR) en carreteras y ferrocarriles”, moderada por Francisco Perez María

lugar, D. Alegre (Anipar) repasó el estado actual de las normas europeas CEN / UNE relativas a los DRR para carreteras y para ferrocarriles, situando el marco de referencia que condiciona tanto el diseño como la verificación. A continuación, A. Hoyos-Limón (Ineco) presentó la Guía de apantallamiento acústico

en carreteras de 2024 de la DGC, y M. Ruiz (Adif) presentó la Especificación Técnica “ET.03.305.010.5 Pantallas Acústicas”, mostrando cómo se concretan los requisitos en documentos aplicables a proyecto y obra. Completaron el bloque L. Conde (Esteyco) y T. Ripa (LRA) con un balance de prescripciones

de proyecto de pantallas acústicas y singularidades en carreteras y ferrocarriles, con una visión desde la ingeniería de los retos en el diseño, optimización e integración estética. Finalmente, I. Soto (MITECO) presentó la “Guía Técnica para la aplicación del método común europeo de evaluación del ruido ambiental en los estudios de ruido en España” elaborado por CEDEX en una ponencia de alto nivel técnico. En conjunto, estas comunicaciones sirvieron para enlazar la normativa y las guías con la práctica habitual de proyecto, recordando entre otros asuntos, las indeterminaciones en las declaraciones de prestaciones y marcado CE de las pantallas, las limitaciones en el empleo del método CNOSSOS en proyecto y las posibilidades que ofrece el mercado para limitar la vandalización de estos dispositivos.

Tras el almuerzo de trabajo, la **Sesión 3** se centró en La redacción de proyectos de DRR para infraestructuras lineales de transporte y sus pliegos, con un enfoque práctico dirigido a los documentos que soportan la contratación y la ejecución. E. Fernández (Typsa) intervino sobre el estudio acústico y definición de las medidas correctoras oportunas en los proyectos de carreteras desarrollados con el impulso del PRTR en los últimos años, y M.C. Garcés (Ineco) recordó las bases acústicas de los proyectos de ferrocarriles mostrando la necesidad de definir de forma completa las medidas correctoras en función del caso. A continuación, F. Pérez María (DGC) abordó aspectos a considerar para redactar los PPTP de los proyectos focalizando en los aprendizajes prácticos derivados de la supervisión técnica de decenas de proyectos e incidencias de obras.



Clausura de la Jornada a cargo de Álvaro Navareño Rojo y Christian de la Calle Otero, coordinadores de la Jornada.

La recta final de la jornada correspondió a la **Sesión 4**, titulada “Recomendaciones para el control de la ejecución las obras de instalación de DRR”, orientada a la comprobación en obra y a la documentación exigible. En ella, C. Fernández (Anipar) repasó la documentación técnica a solicitar por las direcciones de obra y asistencias técnicas y J. Ginés (DGC) presentó la Nota Técnica 1/2025 sobre ensayos en obra de sistemas de apantallamiento de la DGC, que ha plasmado en la normativa dicha documentación. Posteriormente, J. Otero (Acustican) expuso en la ponencia sobre ensayos acústicos de recepción en obra buenas prácticas en la materia, y A. Mingorance (DGC) compartió experiencias como director de dos obras complejas de ejecución de pantallas en la AP-7 en la provincia de Málaga.

Finalmente, A. Navareño y C. de la Calle, coordinadores de la jornada, agradecieron la colaboración de FOROVIAL y de las empresas patrocinadoras -Audeca, Ineco,

LRA, Metalesa y Probisa- así como a los ponentes y asistentes por su interés y su tiempo. Asimismo, destacaron la buena acogida percibida en el sector de la jornada, destacando la necesidad de seguir profundizando en los diversos retos apuntados en relación con la reducción el ruido ambiental, desde mantener el impulso inversor a clarificar normas y procedimientos así como especializar los ámbitos de la ingeniería y construcción en materia de apantallamiento acústico. ❖

## Cursos ATC

# Firmes y pavimentos: lo que los libros no cuentan

**D**urante los jueves y viernes del pasado mes de febrero se celebró en las aulas de la Asociación Técnica de Carreteras (ATC) el curso “Lo que los Libros No Cuentan”, una iniciativa formativa orientada a abordar la disciplina de los firmes y pavimentos desde una perspectiva eminentemente práctica. El curso reunió a profesionales de administraciones públicas, ingenierías, constructoras y empresas de conservación con el objetivo de analizar aquellos aspectos que, aunque determinantes en el comportamiento de las carreteras, rara vez aparecen reflejados en los textos académicos o en la normativa.

En la ingeniería de pavimentos, la experiencia acumulada en proyectos, obras y actuaciones de conservación resulta tan relevante como los métodos de cálculo o los criterios normativos. Factores como la variabilidad de los materiales, las condiciones reales de ejecución o la interacción entre las distintas capas del firme influyen de forma decisiva en la durabilidad de las infraestructuras viarias. Precisamente sobre estas cuestiones se centró el contenido del curso.

El programa se estructuró en cuatro módulos, que abordaron de forma integral el ciclo de vida de los firmes. El primero se dedicó a los



mecanismos de deterioro, analizando las principales patologías de los pavimentos y sus causas. El segundo módulo se centró en el proyecto de firmes, poniendo el foco en la interpretación práctica de la normativa y en la adecuada selección de soluciones de diseño. El tercero abordó la construcción, destacando la importancia del control de calidad, la correcta ejecución y la coordinación entre los distintos agentes de la obra. Finalmente, el cuarto módulo trató la conservación y explotación, analizando estrategias para optimizar la vida útil de los pavimentos y mejorar la eficiencia de la gestión viaria.

Uno de los elementos más valorados del curso fue su carácter participativo, con espacios de debate que permitieron compartir experiencias reales y contrastar enfoques entre profesionales de distintos ámbitos del sector.

La dirección técnica del curso estuvo a cargo de Valverde Jiménez Ajo, presidenta del Comité de Firmes de la Asociación Técnica de Carreteras, y David Almazán Cruzado, miembro del mismo comité, quienes coordinaron un programa orientado a conectar la teoría con la práctica. ❖

# Justo Borrajo

## Un ejemplo de ética

Jesús Rubio Alférez

Justo Borrajo Sebastián (1949 - 2026), Doctor ingeniero de Caminos, Canales y Puertos del Estado, falleció en febrero pasado. Brillante, heterodoxo, y lúcido en sus críticas, es una referencia en la planificación de carreteras.

En la Escuela de Caminos fue profesor de prácticas de Electrotecnia inmediatamente después de aprobar la asignatura, cosa que solo ocurría con los alumnos sobresalientes. Cuando acabó la carrera renunció a otros trabajos mejor pagados por entrar en el Ministerio de Obras Públicas donde desarrolló toda su vida profesional en la Dirección General de Carreteras, su mayor parte en Planificación. Fue uno de los ingenieros del grupo encargado de redactar el Plan General de Carreteras en 1984, y una vez aprobado, Justo fue el responsable del programa de autovías, planteando los criterios para su diseño, que incluían análisis económicos, ambientales y sociales y respondían a las exigencias europeas para su financiación.

En esa etapa fue pionero en las evaluaciones de impacto ambiental, admitidas como modélicas, realizando un Atlas ambiental como guía para los directores de los estudios informativos, cuando no existía nada parecido en la administración medio ambiental. También fue precursor de estudios multimodales previos a los estudios informativos, años antes de que en el Ministerio se plantease la planificación conjunta de ferrocarriles y carreteras.



Ante una tarea nueva preguntaba a quien sabía, se formaba criterio, lo aplicaba y cuando veía que era adecuado, lo compartía con generosidad. En su última etapa, inmediatamente después de asumir nuevas responsabilidades en la recién creada Subdirección de Explotación, homogeneizó y dio coherencia a los diferentes criterios existentes, después de una docena de consultas a la Abogacía del Estado. Esa era su forma de trabajar.

Desde el primer día hasta el último en estas distintas tareas, Justo ha sido un ejemplo de persona con ética, criterio y conciencia de las exigencias del servicio público.

Profesor ameno y muy valorado en diferentes cursos y universidades, cabe destacar dos en los cuales participó desde sus inicios, durante décadas: el Curso General de Transportes

Terrestres y el Curso de verano de Ingeniería Civil. En ellos explicó las bases de la planificación integral de las infraestructuras y las herramientas necesarias para su seguimiento y control.

Justo era una persona curiosa, interesada por comprender el mundo que nos rodea, desde la posibilidad de vivir en un multiverso, a la física cuántica. Melómano por influencia de su mujer, Susana, amante de la buena mesa y de una conversación estimulante, compartió una comida con un grupo de amigos que nos convocábamos con frecuencia, pocos días antes de su muerte repentina. En la sobremesa nos recomendó leer "La esperanza", de Byung-Chul Han, cosa que haré antes de la próxima comida, en la que brindaremos en su memoria.

Su amistad nos hizo mejores a los que tuvimos la suerte de trabajar con él y compartir su forma de entender la vida, y su ejemplaridad fue reconocida con distinciones de las principales asociaciones de carreteras: la ATC y la AEC, y del Colegio de Caminos, pero en su trabajo siempre puso por delante la labor de equipo, quizás influido por su pasión por el Real Madrid, donde la fuerza la da el conjunto.

Con él aprendí que profundizar en la lealtad exige mucha sinceridad, que es mejor declinar el verbo emular que el de competir y que cooperar enriquece más que el individualismo. Siempre le estaré agradecido.

*Sit tibi terra levis.* ❖

# PRÓXIMOS EVENTOS ATC

La Asociación Técnica de Carreteras tiene previsto los siguientes eventos:

- **Evaluación y clasificación del nivel de seguridad de la red. Experiencias nacionales e Internacionales** Madrid, 15 de abril de 2026
- **Reglamento General de Carreteras. Novedades** Madrid, 28 de abril de 2026
- **Jornadas de Firms 2026** Gijón, 25, 26 y 27 de mayo de 2026
- **Jornada de Ventilación e Iluminación en Túneles** Madrid, 23 de junio de 2026
- **Jornada de Descarbonización** Madrid, 1 de julio de 2026
- **El Centenario del Circuito Nacional de Firms Especiales: Infraestructura, Territorio y Patrimonio (1926-2026)** Madrid, 22 de septiembre de 2026
- **IX Simposio de Túneles de Carretera** Madrid, 16, 17 y 18 de febrero de 2027

¿Te gustaría que una foto tuya fuera portada de la revista RUTAS?



Si quieres que una imagen o fotografía aparezca como portada de la revista RUTAS, envía tu imagen junto a su título y autor a:

[info@atc-piarc.com](mailto:info@atc-piarc.com)

# Jornada Técnica

## Evaluación y clasificación del nivel de seguridad de la red. Experiencias nacionales e Internacionales

Madrid, 15 de abril 2026

Durante el próximo día 15 de abril de 2026 (en sesión de mañana y tarde), se celebrará en Madrid una Jornada sobre el novedoso procedimiento de evaluación la seguridad del conjunto de las carreteras en servicio de una red introducido por la Directiva (UE) 2019/1936, de 23 de octubre, que modificaba la Directiva 2008/96/CE, de 19 de noviembre, sobre gestión

de la seguridad de las infraestructuras viarias. Con este novedoso procedimiento se pretende establecer una clasificación de los tramos según su nivel de seguridad de forma que se puedan priorizar las inversiones en seguridad de una forma más eficiente. Ello ha requerido desarrollar una metodología “ad hoc” por parte de los estados miembros y realizar la primera evaluación del

conjunto de la red transeuropea y principal para remitir los resultados a la Comisión europea en octubre de 2025.

En esta Jornada se analizarán los orígenes y fundamentos de este nuevo procedimiento, las orientaciones realizadas por la Comisión europea, así como la metodología específica implementada en la red estatal de carreteras, pormenorizando los aspectos evaluables, umbrales y ponderaciones de cada parámetro considerados y las categorías o niveles de seguridad establecidos. Igualmente se expondrán casos prácticos de su implementación, las dificultades encontradas y las soluciones adoptadas. También se mostrarán experiencias internacionales en países europeos de nuestro entorno, y otras experiencias nacionales por parte otras administraciones españolas de carreteras, para finalizar con una mesa de debate sobre las lecciones aprendidas y aspectos mejorables derivadas de estas primeras evaluaciones realizadas.



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

# Jornada Técnica

## Reglamento General de Carreteras.

### Novedades

Madrid, 28 de abril 2026

Tras un intenso esfuerzo para su desarrollo, el nuevo Reglamento General de Carreteras ha visto la luz a través de la aprobación del reciente Real Decreto 899/2025, de 9 de octubre, culminando la actualización del marco regulatorio aplicable a la planificación, proyecto, construcción y explotación de carreteras.

El Reglamento, como bien se sabe, desarrolla la Ley 37/2015, de 29 de septiembre, de carreteras y por ello esta norma se basa en sus mismos principios. Así, la carretera se concibe primordialmente como un servicio público, el viario, que en el caso de carreteras del Estado da respuesta segura a las necesidades del tráfico de largo de recorrido, sin olvidar la necesaria coordinación administrativa entre las distintas redes. El nuevo enfoque hacia la sostenibilidad implica atender estas necesidades de movilidad con la máxima eficiencia en la gestión, optimizando el uso de la infraestructura existente, fomentando la intermodalidad en las zonas urbanas y compatibilizando las actuaciones con la mayor protección del medio ambiente.



El amplio texto normativo, que no es disruptivo respecto del Reglamento anterior, incorpora criterios de sostenibilidad, seguridad y eficiencia, desarrolla conceptos por mandato expreso de la Ley y regula con mayor detalle y precisión aspectos clave como: los procedimientos de aprobación de estudios y proyectos, la delimitación y protección del dominio público viario y sus zonas de protección y el régimen jurídico de las autorizaciones. Este desarrollo contribuye a aportar mayor seguridad jurídica y homogeneidad en su aplicación.

Esta jornada es una oportunidad para difundir entre los profesionales del sector de la carretera las principales novedades introducidas por el Real Decreto 899/2025, por el que se ha aprobado el Reglamento General de Carreteras, compartiendo las claves conceptuales y también los aspectos prácticos novedosos que pueden facilitar su manejo y aplicación.

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



Gijón, 25, 26 y 27 de mayo 2026

Estas jornadas se conciben como un espacio de análisis y debate en torno a los principales retos que afrontan actualmente los firmes viarios, desde una perspectiva integral que abarca el proyecto, la ejecución, el control de calidad, la conservación y la innovación en materiales y técnicas constructivas.

El programa se estructura en distintas sesiones y mesas redondas de marcado carácter técnico y práctico, con especial atención al control de calidad y al control del proyecto y la obra, en un contexto de incorporación de nuevas soluciones técnicas y de refuerzo de las exigencias normativas y ambientales. De forma transversal, se abordan la innovación en materiales y técnicas constructivas, así como la reutilización y optimización de los recursos disponibles, integrando criterios técnicos, ambientales y de gestión que influyen directamente

en el diseño, la ejecución y la conservación de los firmes, siempre desde una perspectiva aplicada basada en la experiencia real y en los trabajos actualmente en desarrollo en la red viaria.

En este contexto, la jornada presta una atención especial al programa EFAPAVES, impulsado por la Dirección General de Carreteras, como iniciativa piloto e innovadora orientada a la mejora de la eficiencia, el comportamiento y la sostenibilidad de los firmes, y concebida como una herramienta para la evaluación y validación de soluciones técnicas en condiciones reales de servicio.

Todo ello se enmarca, además, en una fecha especialmente significativa, al coincidir con el 50º aniversario de la puesta en servicio de la denominada “Y” asturiana, una de las infraestructuras viarias más

relevantes del país y referente en el desarrollo y la modernización de la red de carreteras. Esta conmemoración ofrece una oportunidad para reflexionar sobre la evolución de los firmes a lo largo de las últimas décadas, extraer lecciones de la experiencia acumulada y proyectar los retos y soluciones que marcarán su futuro.

Con estas jornadas se pretende fomentar el intercambio de conocimiento y experiencias entre administraciones, técnicos, empresas y centros de investigación, promover un debate técnico y constructivo y contribuir a la mejora continua del sector, avanzando hacia firmes más seguros, durables y eficientes, acordes con las necesidades presentes y futuras de la red viaria, y favoreciendo una reflexión conjunta sobre su evolución y los retos que marcarán su desarrollo en los próximos años.

Más información: [www.congresosatcpiarc.es](http://www.congresosatcpiarc.es) / [www.atc-piarc.com](http://www.atc-piarc.com)

# Jornada Técnica

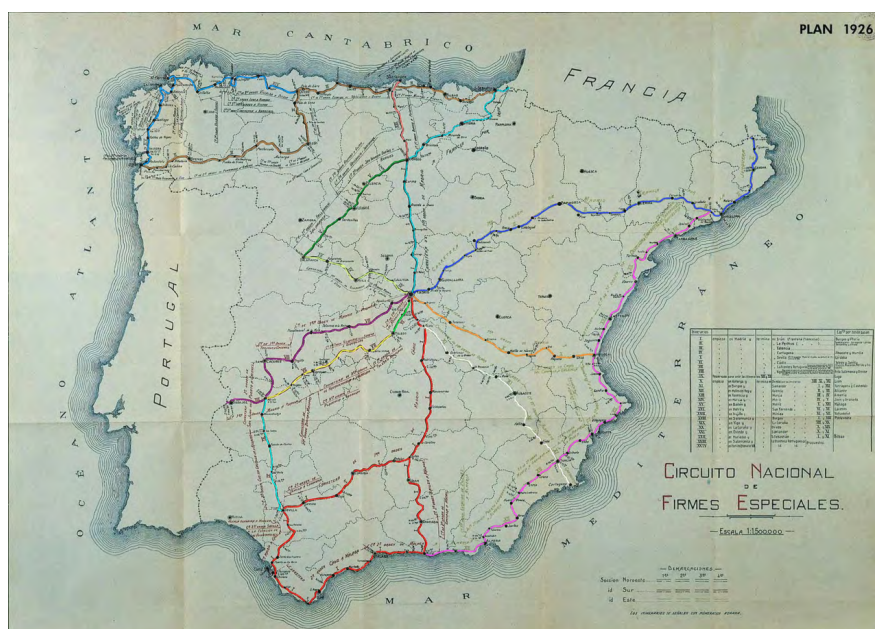
## El Centenario del Circuito Nacional de Firmes Especiales: Infraestructura, Territorio y Patrimonio (1926-2026)

Madrid, 22 de septiembre 2026

En 1926 se puso en marcha el Circuito Nacional de Firmes Especiales, una iniciativa pionera del entonces recién creado Ministerio de Fomento que supuso el primer esfuerzo sistemático para modernizar la red de carreteras en España y adaptarla a las exigencias del automóvil.

El Circuito, concebido a partir de una selección estratégica de tramos de interconexión regional, marcó un punto de inflexión en la ingeniería de caminos española: introdujo nuevas tipologías de firmes, impulsó la normalización técnica, contribuyó a la consolidación de la red radial, y estimuló el desarrollo del turismo incipiente al facilitar los desplazamientos por carretera hacia enclaves de relevancia histórica, económica y paisajística.

Con motivo del centenario de su puesta en marcha, esta jornada propone revisar el legado del Circuito Nacional de Firmes Especiales desde una perspectiva interdisciplinar: analizando tanto su dimensión histórica y territorial como los avances tecnológicos que hizo posibles y los



retos que, un siglo después, siguen vigentes en materia de conservación, sostenibilidad y patrimonio de la obra pública. Asimismo, se abordarán las oportunidades que ofrece el estudio del CNFE para comprender la evolución del sistema viario español en el tránsito entre el siglo XIX, marcado por trazados adaptados a la tracción animal, y el XX, definido por la motorización masiva y la planificación estatal moderna.

El centenario del Circuito Nacional de Firmes Especiales constituye, en definitiva, una ocasión para reflexionar sobre el papel que las infraestructuras viarias desempeñan en la transformación económica y social del territorio, así como sobre la responsabilidad de preservar y transmitir el conocimiento asociado a uno de los hitos fundamentales de la ingeniería civil en España.

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

## Composición de la Junta Directiva de la ATC

- PRESIDENTE:** - D. Álvaro Navareño Rojo
- CO-PRESIDENTES DE HONOR:** - D. Juan Pedro Fernández Palomino  
- D. Pere Navarro Olivella
- VICEPRESIDENTES:** - D.ª Paula Pérez López  
- D. Jorge Enrique Lucas Herranz  
- D.ª M.ª del Carmen Picón Cabrera
- TESORERO:** - D. Pablo Sáez Villar
- SECRETARIO:** - D. Pedro Gómez González
- DIRECTORA:** - D.ª Ana Arranz Cuenca



**VOCALES:**

- Designados por el Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible:
  - D. Antonio Muruais Rodríguez
  - D. Álvaro Navareño Rojo
  - D.ª Paula Pérez López
  - D.ª M.ª del Carmen Picón Cabrera
  - D.ª Patricia Sanz Lázaro
- En representación de los órganos de dirección relacionados con el tráfico:
  - D.ª Ana Isabel Blanco Bergareche
  - D. Indalecio Candel González
  - D.ª Estibaliz Olabarrí González
- En representación de los órganos de dirección de las Comunidades Autónomas:
  - D. Leonardo Javier Santamaría Mediavilla
  - D. Felipe Cobo Sánchez
  - D. Ángel María García Fuentes
  - D. Alfonso Lujano Jiménez
  - D. David Merino Rueda
  - D. Jesús Félix Puerta García
- En representación de los órganos responsables de vialidad de los ayuntamientos
  - D.ª Margarita Torres Rodríguez
- Designados por los órganos de la Administración General del Estado con competencia en I+D+i:
  - D.ª Teresa López Montero
  - D.ª Laura Parra Ruiz
  - D. Manuel Romana García
- Representantes de las sociedades concesionarias de carreteras:
  - D. Eduardo Arrojo Martínez
  - D. Bruno de la Fuente Bitaine
- Representantes de las empresas de ingeniería:
  - D. José Luis Mangas Panero
  - D. Tom Van Looy
  - D.ª Nuria Vázquez Fustes
- Representantes de las empresas fabricantes de materiales básicos y compuestos de carreteras:
  - D. Cesar Bartolomé Muñoz
  - D.ª Lucía Miranda Pérez
  - D. Joaquín Izquierdo Matesanz
- Representantes de las empresas constructoras de carreteras:
  - D. Antonio Baamonde Roca
  - D. Carlos Bartolomé Marín
  - D. Javier Loma Lozano
  - D. Francisco Vea Folch
- Representante de las empresas de conservación de carreteras:
  - D. Federico Soria Martínez
  - D. Miguel Cañada Echaniz
- Entre los Socios de Honor:
  - D. Francisco Javier Criado Ballesteros
  - D. José Pablo Saez Villar
- Entre los Socios de Mérito:
  - D. Alberto Bardesi Orue- Echevarría
  - D. Jorge Enrique Lucas Herranz
- Representantes de los Socios Individuales de la Asociación:
  - D. Pedro Gómez González
  - D.ª Anna París Madrona
  - D. Enrique Soler Salcedo
  - D. Ángel Sampedro Rodríguez
- Presidente saliente:
  - D.ª M.ª del Rosario Cornejo Arribas

## 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. José Manuel Blanco Segarra*
- Secretario *D. Adolfo Güell Cancela*

**MOVILIDAD, PLANIFICACIÓN Y DISEÑO**

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

**TÚNELES DE CARRETERAS**

- Presidente *D. Rafael López Guarga*
- Vicepresidente *D. Ignacio del Rey Llorente*
- Secretario *D. Rafael Sánchez Tostón*

**CONSERVACIÓN Y GESTIÓN**

- Presidenta *D.ª Paula Pérez López*
- Secretario *D. Federico Soria Martínez*

**FIRMES DE CARRETERAS**

- Presidenta *D.ª Valverde Jiménez Ajo*
- Secretario *D. Ricardo Bardasano González*

**PUENTES DE CARRETERAS**

- Presidente *D. Emilio Criado Morán*
- Secretario *D. José Vicente Martínez Sierra*

**GEOTECNIA VIAL**

- Presidente *D. Manuel Romana García*
- Secretario *D. Patricia Amo Sanz*

**SEGURIDAD VIAL**

- Presidente *D. Roberto Llamas Rubio*
- Secretaria *D.ª Beatriz Molina Serrano*

**CARRETERAS SOSTENIBLES Y RESILIENTES**

- Presidente *D. Antonio Muruais Rodríguez*
- Vicepresidenta *D.ª Laura Parra Ruiz*
- Secretarías *D.ª Laura Crespo García*  
*D.ª Marina Martínez Orcajo*

**CARRETERAS DE BAJA INTENSIDAD DE TRÁFICO**

- Presidenta *D.ª Mónica Laura Alonso Plá*
- Secretaria *D.ª Mercedes Castro Rodríguez*

**DOTACIONES VIALES**

- Presidente *D. Álvaro Navareño Rojo*
- Secretario *D. Adolfo Hoyos-Limón Cortés*

**VALOR HISTÓRICO PATRIMONIAL**

- Presidenta *D.ª Rita Ruiz Fernández*
- Secretario *D. Carlos Casas Nagore*

**COORDINADOR DE COMITÉS**

- D. José del Cerro Grau*

## Nuevos socios de la ATC 2025

AEDIVE



ALEÁTICA



ANCI



CARTOLOGICA



CEMOSA



CIRTEC



COLLOSA



DIPUTACIÓN DE HUELVA



DIPUTACIÓN DE SEVILLA



DIP. PROV. DE CÁCERES



DIP. PROV. DE PALENCIA



FOROVIAL



GERTEK



GLOBALVIA INVERSIONES



GRUPO ALDESA



HOWDEN SPAIN



INTECSA



ITEC



JHASA BROKERS



NETUN SOLUTIONS



NMZ - NODO MEGA Z



NTT DATA EUROPE



ROAD STEEL ENGINEERING



SYSTRA SUBTERRA



TECASEM



TESPA PROTECCIÓN PASIVA



TYRE RECYCLING SOLUTIONS



## Socios de la ATC

Los Socios de la Asociación Técnica de Carreteras son:

- **Socios natos:**
  - Dirección General de Carreteras
  - Dirección General de Tráfico
- **Socios institucionales**
- **Socios protectores Tipo A**
- **Socios protectores Tipo B**
- **Socios a título individual:**
  - Socios de Honor
  - Socios de Mérito
  - 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  
 2019 - D. PABLO SÁEZ VILLAR  
 2020 - D.ª M.ª DEL CARMEN PICÓN CABRERA  
 2025 - D. ALBERTO BARDESI ORUE-ECHEVARRIA

### Socios de Mérito

2010 - D. FRANCISCO ACHUTEGUI VIADA  
 2010 - D. RAMÓN DEL CUVILLO JIMÉNEZ (†)  
 2011 - D. CARLOS OTEO MAZO (†)  
 2011 - D. ADOLFO GÜELL CANCILA  
 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  
 2018 - D. LUIS AZCUE RODRÍGUEZ  
 2018 - D. FERNANDO PEDRAZO MAJÁRREZ  
 2019 - D. ÓSCAR GUTÉRREZ-BOLÍVAR ÁLVAREZ  
 2019 - D. ALFREDO GARCÍA GARCÍA  
 2020 - D. CARLOS CASAS NAGORE  
 2020 - D. ANDRÉS COSTA HERNANDEZ  
 2021 - D. ANTONIO SÁNCHEZ TRUJILLANO  
 2021 - D. JESÚS DÍAZ MINGUELA  
 2022 - D. JORGE ENRIQUE LUCAS HERRANZ  
 2022 - D. ÁLVARO PARRILLA ALCAIDE  
 2023 - D. JOSÉ MANUEL BLANCO SEGARRA  
 2023 - D. FRANCISCO JAVIER PAYÁN DE TEJADA GONZÁLEZ  
 2023 - D. FRANCISCO JOSÉ LUCAS OCHOA  
 2024 - D.ª ANA BLANCO BERGARECHE  
 2024 - D. IGNACIO DEL REY LLORENTE  
 2025 - D.ª PAULA PEREZ LÓPEZ

### Socios natos, Socios institucionales y Socios protectores

#### Administración General del Estado

- DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS. MITMS
- DIRECCIÓN GENERAL DE TRÁFICO. MINISTERIO DEL INTERIOR
- DELEGACIÓN DEL GOBIERNO EN LAS SOCIEDADES CONCESIONARIAS DE AUTOPISTAS NACIONALES DE PEAJE. MTMS

#### Comunidades Autónomas

- COMUNIDAD DE MADRID
- GENERALITAT DE CATALUNYA
- GENERALITAT VALENCIANA. CONSELLERIA DE MEDIO AMBIENTE, INFRAESTRUCTURAS Y 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. CONSEJERÍA DE FOMENTO
- JUNTA DE EXTREMADURA. CONSEJERÍA DE MOVILIDAD, TRANSPORTE Y VIVIENDA. DIRECCIÓN GENERAL DE MOVILIDAD E INFRAESTRUCTURAS VIARIAS.
- PRINCIPADO DE ASTURIAS
- XUNTA DE GALICIA. AXENCIA GALEGA DE INFRAESTRUCTURAS

#### Ayuntamientos

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

#### 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 SEVILLA
- EXCMA. DIPUTACIÓN DE TARRAGONA
- EXCMA. DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE ALICANTE
- EXCMA. DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE ÁVILA
- EXCMA. DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE CÁCERES
- EXCMA. DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE HUELVA
- EXCMA. DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE HUESCA
- EXCMA. DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE LEÓN
- EXCMA. DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE PALENCIA
- 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 DE GRAN CANARIA
- CABILDO INSULAR DE TENERIFE
- CONSELL INSULAR DE MALLORCA. DIRECCION INSULAR DE INFRAESTRUCTURAS Y DE ITV

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

- INSTITUTO CIENCIAS DE LA CONSTRUCCIÓN EDUARDO TORROJA
- INSTITUTO DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN DE CATALUÑA (ITEC)
- 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 EMPRESARIAL PARA EL DESARROLLO E IMPULSO DE LA MOVILIDAD ELÉCTRICA, AEDIVE
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE FABRICANTES DE MEZCLAS ASFÁLTICAS, ASEFMA
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE EMPRESAS CONSTRUCTORAS DE ÁMBITO NACIONAL, SEOPAN
- ASOCIACIÓN NACIONAL DE CONSTRUCTORES INDEPENDIENTES, ANCI
- ASOCIACIÓN TÉCNICA DE EMULSIONES BITUMINOSAS, ATEB
- FORO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS EN EL TRANSPORTE, ITS ESPAÑA

## Sociedades Concesionarias

- ABERTIS AUTOPISTAS ESPAÑA, S.A.
- ACCIONA CONCESIONES, S.L.
- 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 ANDINA, S.A.S. (COVIANDINA)
- TÚNEL D'ENVALIRA, S.A.

## Empresas

- 3M ESPAÑA, S.L.
- A. BIANCHINI INGENIERO, S.A.
- ABALDO COMPAÑIA GENERAL DE CONSTRUCCIÓN, S.A.
- ACCIONA INFRAESTRUCTURAS, 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)
- ALAUDA INGENIERÍA, S.A.
- ALEÁTICA S.A.U.
- ALUMBRADOS VIARIOS, S. A.
- ALVAC, S.A.
- AMIBLU PIPES
- ANTER
- API MOVILIDAD, S.A.
- APPLUS NORCONTROL S.L.
- AQUATERRA SERVICIOS INFRAESTRUCTURAS S.L.
- ARCS ESTUDIOS Y SERVICIOS TÉCNICOS, S.L.
- ASFALTOS Y CONSTRUCCIONES ELSAN, S.A.
- ASFALTOS Y PAVIMENTOS, S.A.
- ASIMOB S.L.
- AUDECA, S.L.U.
- AYESA, INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
- BECSA, S.A.U.
- BENITO ARNÓ E HIJOS, S.A.U.
- BETAZUL, S.A.
- C-30 UTE
- CAMPEZO OBRAS Y SERVICIOS, S.A.
- CARLOS FERNÁNDEZ CASADO, S.L.
- CARTOLÓGICA, S.L.
- CHM OBRAS E INFRAESTRUCTURAS, S.A.
- CIN VALENTINE
- CINTRA SERVICIOS DE INFRAESTRUCTURAS, S.A.
- COLLOSA
- COMSA INSTALACIONES Y SISTEMAS INDUSTRIALES, S.L.U.
- CONSTRUCCIONES MAYGAR, S.L.
- CONSTRUCCIONES SAN JOSE
- CONSTRUCCIONES SARRIÓN, S.L.
- CPS INFRAESTRUCTURAS MOVILIDAD Y MEDIOAMBIENTE, S.L.
- CYOPSA - SISOCIA, S.A.
- DINÁMICAS DE SEGURIDAD, S.L.
- DOYMO S.A.
- DRACE GEOCISA, S.A.
- DRAGADOS, S.A.
- DRIZORO, S.A.U.
- ECOFIRMES IBÉRICA, S.L.
- EIFFAGE INFRAESTRUCTURAS GESTIÓN Y DESARROLLO, S.L.
- EKIONA ILUMINACIÓN SOLAR, S.L.
- ELECINOR SERVICIOS Y PROYECTOS, S.A.U.
- ELSAMEX GESTIÓN DE INFRAESTRUCTURAS, S.L.
- EPTISA, SERVICIOS DE INGENIERÍA
- ESTEYCO, S.A.
- ETRA ELECTRONIC TRAFIC, S.A.
- ESTRUCTURAS TÉCNICAS Y SERVICIOS DE REHABILITACIÓN, S.L. (ETYSER)
- EUROCONSULT NUEVAS TECNOLOGÍAS S.A.U.
- FCC CONSTRUCCIÓN, S.A.
- FERROVIAL CONSTRUCCIÓN
- FHECOR INGENIEROS CONSULTORES, S.A.
- FIXALIA ELECTRONIC SOLUTIONS, S.L.
- FOROVIAL
- FREYSSINET, S.A.
- GEOCONTROL, S.A.
- GERTEK
- GIVASA S.A.
- GLOBALVIA INVERSIONES
- GPYO INGENIERÍA Y URBANISMO, S.L.
- GRUPO ALDESA S.A.
- HIDRODEMOLICIÓN, S.A.
- HOWDEN SPAIN, S.L.
- HUESKER GEOSINTÉTICOS, 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.
- INECO, INGENIERÍA Y ECONOMÍA DEL TRANSPORTE, S.A.
- INES INGENIEROS CONSULTORES, S.L.
- INGENIERÍA ESPECIALIZADA OBRA CIVIL E INDUSTRIA S.A.
- INNOVIA COPTALIA, S.A.U.
- INTECSA
- INVENTARIOS Y PROYECTOS DE SEÑALIZACIÓN VIAL, S.L.
- INVESTIGACIÓN Y CONTROL DE CALIDAD, S.A.U.
- JHASA BROKERS
- J. A. ROMERO POLO S. A.
- KAO CORPORATION, S.A.
- LANTANIA, S.A.U.
- LGAI TECHNOLOGICAL CENTER, S.A.
- LRA INFRASTRUCTURES CONSULTING, S.L.
- MARTIIN HOLGADO OBRA CIVIL S.L.U.
- MATINSA, MANTENIMIENTO DE INFRAESTRUCTURAS, S.A.
- METALESA SEGURIDAD VIAL, S.L.
- MOEVE COMMERCIAL
- MULTISERVICIOS TRITÓN, S.L.
- NETUN SOLUTIONS
- NODO MEGA Z, S.L.
- NTT DATA EUROPE, S.L.U.
- OBRAS HERGÓN, S.A.U.
- OPTIMASOIL S.L.
- ORION REPARACION ESTRUCTURAL, S.L.
- ORYX OBRAS Y SERVICIOS, S.L.
- PABASA EUROASFALT, S.A.
- PADECASA OBRAS Y SERVICIOS, S.A.
- PAVASAL EMPRESA CONSTRUCTORA, S.A.
- PONDIO INGENIEROS, S.L.
- PROBISA VÍAS Y OBRAS, S.L.U.
- PRODUCTOS Y SOLUCIONES VERDES DEL ASFALTO, S.L. (CIRTEC)
- PROES CONSULTORES, S.A.
- PUENTES Y CALZADAS INFRAESTRUCTURAS, S.L.U.
- QUIMICA DE LOS PAVIMENTOS, S.A.
- RAUROSZM.COM, S.L.
- REPSOL LUBRICANTES Y ESPECIALIDADES, S.A.
- RETINEO, S.L.
- ROAD STEEL ENGINEERING, S.L.
- SACYR CONSERVACIÓN, S.A.
- SACYR CONSTRUCCION, S.A.
- S.A. DE GESTIÓN DE SERVICIOS Y CONSERVACIÓN (GESECO)
- S.A. DE OBRAS Y SERVICIOS (COPASA)
- SEITT. S.M.E., S.A.
- SENER MOBILITY, S.A.U.
- SEÑAL CONFOR, S.L.
- SEÑALIZACIONES VILLAR, S.A.
- SERBITZU ELKARTEA, S.L.
- SERVEO INFRAESTRUCTURAS, S.A.U.
- SGS TECNOS, S.A.
- SIPIRO INGENIERÍA, S.A.
- SISTEMAS Y MONTAJES INDUSTRIALES, S.A.
- SOCIEDAD IBÉRICA DE CONSTRUCCIONES ELÉCTRICAS, S.A. (SICE)
- SODECA, S. L. U.
- SOLUTIOMA, S.L.
- SOLER & PALAU VENTILATION GROUP, S.L.U.
- SOLMAX IBERIA S.L.
- SORIGUE, S.A.
- SYSTRA SUBTERRA
- S&P REINFORCEMENT SPAIN, S.L.
- TALLERES ZITRÓN, S.A.
- TECASEM
- TECLIVEN, S.L.
- TÉCNICA Y PROYECTOS, S.A. (TYPSA)
- TECNIVIAL, S.A.
- TECNOLOGÍA DE FIRMES, S.A.
- TEKIA INGENIEROS, S.A.
- TESPA PROTECCIÓN PASIVA, S.L.
- TPF GETINSA EUROESTUDIOS, S.L.
- TRABAJOS BITUMINOSOS, S. L.
- TRS – TYRE RECYCLING SOLUTIONS
- TUNELIA INGENIEROS, S.L.
- TYLIN
- URETEK SOLUCIONES INNOVADORAS
- VIDARA SPAIN
- VIRTON, S.A.
- VISEVER, S.L.
- VLS CONSTRUCTION SYSTEMS
- VSING INNOVA 2016, S.L.
- ZARZUELA, S.A. EMPRESA CONSTRUCTORA

## Socios Individuales, Senior y Junior

Personas físicas (57) 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.

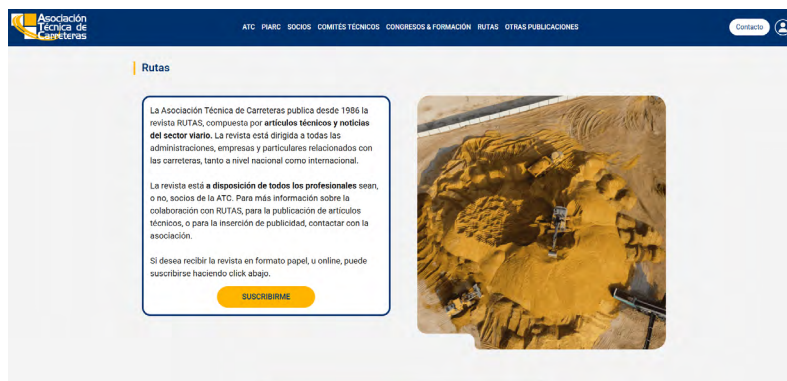
# RUTAS

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN TÉCNICA DE CARRETERAS



Si quiere suscribirse por un año a la revista **RUTAS**, en su edición impresa, 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 correo postal a la sede de la Asociación:

**C/ Monte Esquinza, 24, 4.º Dcha. 28010 Madrid.**



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

Si quiere anunciarse en **RUTAS** póngase en contacto con nosotros:

**Tel.: 91 308 23 18    [info@atc-piarc.com](mailto:info@atc-piarc.com)    [www.atc-piarc.com](http://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](mailto: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.



# Jornadas de Firmes 2026

**Eficiencia, conocimiento y sostenibilidad  
para las carreteras del futuro**

**Gijón  
25 - 27 de mayo**

# El Espacio de Datos de Movilidad de ITS España



- 1. SEGURO
- 2. INTEROPERABLE
- 3. SOSTENIBLE



DATOS SEGUROS  
RESPECTANDO LA  
AUTORIDAD Y  
PROPIEDAD



COMPATIBLE CON  
TODOS LOS  
REPOSITORIOS Y  
FORMATOS

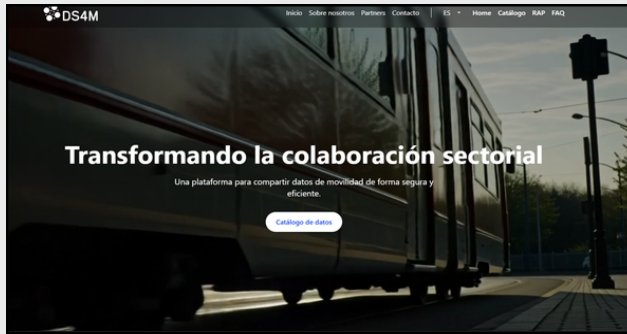


FUTURO MARKET  
PLACE DE DATOS Y  
MODELOS DE  
MOVILIDAD

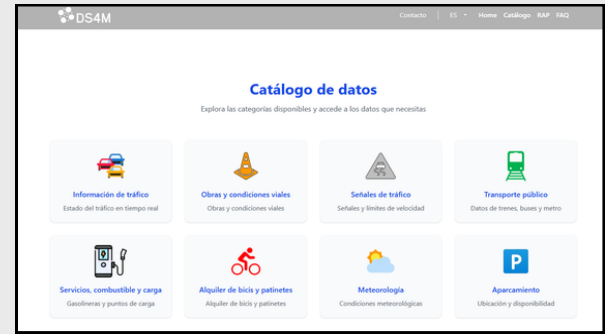
**DS4M CENTRAL** es un proyecto estratégico a nivel nacional que impulsa la transformación digital de la movilidad mediante la creación de espacios compartidos de datos.

Ofrece un **Punto de Acceso Regional**, compatible con los National Access Points (NAPs) que permite tener todos los datos y modelos de movilidad de una región en un único lugar, **facilitando así la toma de decisiones en tiempo real.**

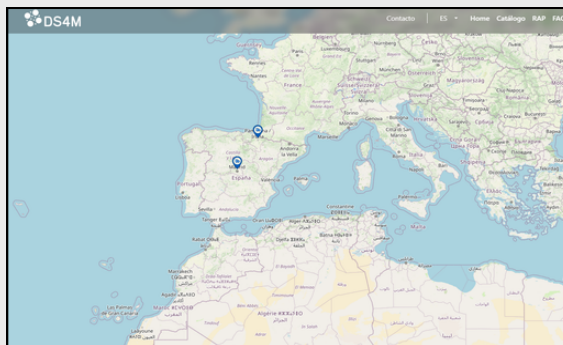
## La plataforma:



## El catálogo de datos



## Los RAPs (Regional Access Points) y LAPs (Local Access Points)



## Más información:

[info@ds4m.es](mailto:info@ds4m.es)

[www//ds4m.es/](http://www.ds4m.es/)

DS4M Data Space for Mobility



Financiado por  
la Unión Europea  
NextGenerationEU



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
PARA LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL  
Y DE LA FUNCIÓN PÚBLICA