



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



# RUTAS

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN TÉCNICA DE CARRETERAS

Nº 178  
ENERO - MARZO  
2019

ISSN 1130-7102  
Revista Trimestral

## RUTAS TÉCNICA

La Redes Arteriales:  
dos historias paralelas (1/2)

Panorama actual de las Mezclas  
Bituminosas

Análisis geométrico y operacional de las  
curvas de bajo ángulo de deflexión

## RUTAS DIVULGACIÓN

Tipología de accidentes  
con ciclistas en vías urbanas  
e interurbanas

## ATC

VII Simposio de Túneles de Carretera

Jornada Técnica  
Patologías en estribos y muros de suelo  
reforzado de puentes y estructuras de  
carreteras



# Innovar está en nuestros genes

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



**REPSOL**

*Inventemos el futuro*

Repsol Lubricantes y Especialidades, S.A.  
Más información en [repsol.com](https://www.repsol.com)



## Tribuna Abierta

- 3 La ordenación de la movilidad vial interurbana**  
*Fernando Pedraza Majarrez*

## Rutas Técnica

- 5 La Redes Arteriales: dos historias paralelas (1/2)**  
*Urban main roads: Two parallel stories (1/2)*  
Jesús Rubio Alférez. Revisado por el Comité Técnico de Planificación, Diseño y Tráfico de la Asociación Técnica de Carreteras



- 17 Panorama actual de las Mezclas Bituminosas**  
*Current overview of bituminous mixtures*  
Francisco Javier Payán de Tejada González y Andrés Costa Hernández

- 29 Análisis geométrico y operacional de las curvas de bajo ángulo de deflexión**  
*Geometric and operational analyses of low-deflection curves*  
José Luis Ulpiano Cogollos, Alfredo García García y Francisco Javier Camacho-Torregrosa

## Rutas Divulgación

- 37 Tipología de accidentes con ciclistas en vías urbanas e interurbanas**  
*Typology of accidents involving cyclists on urban and interurban roads*  
Comité Técnico de Seguridad Vial, Asociación Técnica de Carreteras (ATC). Pablo Sáez Villar, Diego Sanz Abella, Francisco Selma Mendoza y José Vicente Pedrola Cubells



## Cultura y Carretera

- 48 Los cinco caminos españoles que son “National Historic Trails” de Estados Unidos. II. El “Camino Real de los Tejas” (1689)**  
*The five spanish roads that are “National Historic Trails” of the United States*  
Luis Laorden

## Nota de Lectura

- 60 El desierto de los tártaros (Dino Buzzati)**



## Actividades del Sector

- 61 6º Simposio Internacional de Diseño Geométrico de Carreteras 2020**

## PIARC

- 63 XXVI Congreso Mundial de la Carretera**

## ATC

- 64 VII Simposio de Túneles de Carretera**
- 72 Jornada Técnica. Patologías en estribos y muros de suelo reforzado de puentes y estructuras de carreteras**
- 74 Curso de formación. Operadores de Equipos de Auscultación de Firmes de Carretera**
- 75 Próximas Jornadas**
- 78 Incorporación de Lantania a la ATC, creando lazos**
- 81 Junta Directiva, Comités y Socios de la Asociación Técnica de Carreteras**





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



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

DIALNET · ICYT ·  
LATINDEX (Catálogo y Directorio)



**Edita:**

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

**Comité Editorial:**

**Presidenta:**

Mª del Rosario Cornejo Arribas Presidenta de la Asociación Técnica de Carreteras (España)

**Vicepresidente Ejecutivo:**

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

**Vocales:**

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

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

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

**Redacción:**

Asociación Técnica de Carreteras

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

Ediciones Técnicas PAUTA  
direccion@edicionespauta.com

**Publicidad:**

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

**Arte Final e Impresión:**

Palgraphic S.A.

**Foto de portada:**

Daniel Andaluz García

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

Todos los derechos reservados.

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

**Precio en España: 18 euros +IVA**

©Asociación Técnica de Carreteras

**REVISTA RUTAS**

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

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

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



Nº 178 ENERO-MARZO 2019

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

# La ordenación de la movilidad vial interurbana

Tribuna  
abierta



Fernando Pedraza Majarrez  
Presidente del Comité Técnico de  
Planificación, Diseño y Tráfico  
Asociación Técnica de Carreteras

Como no puede ser de otra manera, en los tiempos que vivimos la movilidad también se está viendo afectada por una auténtica revolución, de tal calado, que posiblemente acabará transformando de forma sustancial la vida de las personas. Tanto a nivel urbano; con el desarrollo de nuevos medios de locomoción, o el cambio de gestión de los existentes; como a nivel interurbano, con el desarrollo tecnológico de los vehículos; las diversas posibilidades que se presentan hacen difícil prever la evolución a medio plazo.

Sin embargo, la explosión de alternativas de movilidad implica la generación de interferencias que deben ser ordenadas para una explotación racional de los recursos disponibles y el mantenimiento de los niveles de seguridad. Esta nueva realidad obliga a una revisión de los principios fundamentales que se utilizan para la propia concepción de las infraestructuras.

Si bien, el desarrollo de esta nueva diversidad de alternativas para gestionar un desplazamiento conllevará su racionalización natural, al enfrentarse a las disfunciones que se encuentre en su camino, podemos intentar hacer un ejercicio de previsión de las necesidades más inmediatas y de los criterios elementales que debe seguir una posible ordenación: resulta necesario pues entrar en fase de debate.

Centrándonos en la movilidad interurbana por carretera, y dejando todavía pendiente las implicaciones relacionadas con los distintos niveles de automatización del vehículo, en la actualidad resulta cada vez más necesario afrontar la ordenación de la circulación entre los vehículos de motor y las bicicletas en diversas vías.

Evidentemente se pueden seguir diversos criterios a la hora de establecer las bases de la regulación, pero existen dos que tienen a juicio del que suscribe un peso fundamental: se tratan del criterio de diseño y de la propia seguridad vial, aunque ambos se encuentran indisolublemente relacionados.

El criterio de diseño se basa en los principios que permiten concebir la infraestructura. Cualquier objeto

de la ingeniería se define con un fin principal que se refleja en las condiciones de su diseño. Evidentemente se pueden dar usos impropios, pero hay que ser consciente de que en esa situación se pierden las garantías que proporciona la ingeniería respecto a su funcionalidad, y lo que es más importante aún, las referidas a la propia seguridad de operación. Recurriendo a la caricatura, resulta evidente que un autobús no está diseñado para circular por pistas forestales, pero debemos darnos cuenta que recíprocamente una pista forestal tampoco está concebida para la circulación de autobuses.

Ahondando en lo anterior, una carretera interurbana se suele diseñar exclusivamente para uso de vehículos automóviles con un determinado nivel de servicio. Su trazado, la distancia de parada ante una situación de emergencia y las visibilidades en distintas maniobras se basan en las características de los automóviles y su dinámica. Decidir sin cierta meditación la coexistencia con otros tipos de vehículos como la bicicleta supone una alteración de las condiciones iniciales de diseño de la infraestructura. Aparentemente las implicaciones son menores, pero si lo analizamos con cierta profundidad nos daremos cuenta que existen situaciones ciertamente conflictivas. Respecto a los vehículos, es importante tener presente que la visibilidad de parada no considera la identificación de objetos en los arcones respecto a los que se debe mantener un resguardo de 1,5 m, que invadir la línea continua para adelantar a una bicicleta es una maniobra que compromete la seguridad del vehículo, que bicicletas circulando en paralelo tienen un efecto semejante a la presencia de un vehículo especial o que la aficción al nivel de servicio de la vía conlleva implicaciones sociales y económicas. Respecto a la bicicleta, salvo la existencia de una sección transversal amplia que permite su circulación, existen muchos aspectos del diseño de la carretera que no la consideran expresamente: ni visibilidades, ni peraltes, ni acuerdos, ni inclinaciones de las rasantes, ni la coordinación entre elementos de trazado, ni el tipo de firme, ni las marcas viales, ni la señalización, ni los sistemas de contención, ni las propias condiciones de mantenimiento de la infraestructura, etc. Esto

*Fernando Pedraza Majarrez*  
**Presidente del Comité Técnico de**  
**Planificación, Diseño y Tráfico**  
**Asociación Técnica de Carreteras**

no quiere decir que no se pueda plantear desde la ingeniería un diseño que permita la coexistencia, sino que ello implica un coste.

Por otro lado, desde la perspectiva de la estricta seguridad vial, la diferencia de velocidades, la posible ocupación parcial de los carriles a los vehículos de motor, el adelantamiento por vehículos ligeros o incluso pesados, el deslumbramiento, el estado del pavimento, la existencia de resaltos o captafaros, la disposición de la señalización vertical, la existencia de sistemas de contención, etc., representan situaciones de un mayor riesgo para el usuario de la bicicleta.

Ante todo lo expuesto, admitir el uso compartido de la infraestructura viaria debe basarse en un estudio específico de ingeniería que valore los riesgos que se presentan en cada tramo e incluso si es posible, adoptar medidas para mitigarlos, lo que conllevará un coste económico que puede llegar a ser relevante. Este estudio también debe contemplar el impacto sobre el propio sistema de transporte y el nivel de servicio que proporciona la vía.

En cualquier caso, la coexistencia requiere unas condiciones de regulación que como mínimo

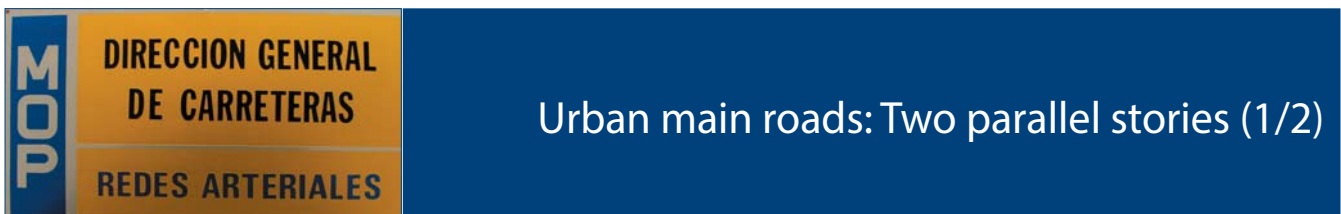
aproxime las velocidades de circulación, con el análisis correspondiente de las implicaciones sociales que conlleva sobre otros colectivos. La diferencia de energía entre un vehículo de motor y una bicicleta es sustancial, y depende básicamente de la masa del vehículo motor y del cuadrado de la diferencia de velocidades entre ambos. De estos factores sólo resulta sencillo actuar sobre la diferencia de velocidades, no obstante, estaríamos obviando el otro factor.

Sin embargo, no podemos pasar por alto que la medida más eficiente siempre es la separación de flujos, debiendo asumir que si existe una demanda que lo justifique se deben proyectar vías específicas para los ciclistas o crear unos arcones segregados de amplitud suficiente que permita adquirir esa nueva funcionalidad.

Los usuarios de la bicicleta deben interiorizar que circular por una carretera interurbana no expresamente acondicionada para ello representa asumir unos riesgos significativos respecto a su seguridad, acrecentados por la antigüedad del trazado, el nivel de tráfico o la existencia de unos arcones reducidos. Las administraciones responsables también deben considerar que cualquier medida que proporcione una coexistencia segura desde la ingeniería no resulta a coste cero. ❖



# La Redes Arteriales: dos historias paralelas (1/2)



**Jesús Rubio Alférez**

*Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos*

*Revisado por el Comité Técnico de Planificación, Diseño y Tráfico de la Asociación Técnica de Carreteras*

**E**n dos artículos sucesivos se revisa la historia de la planificación de las redes arteriales desde la Ley de Bases de 1961 hasta el momento actual.

La discusión histórica entre planificadores de infraestructuras y planificadores del tejido urbano y del territorio acerca de cuál debe prevalecer y cómo deben ser sus relaciones, en este momento tiene un tercer protagonista: las grandes empresas tecnológicas. Con las nuevas tecnologías que se apuntan como disruptivas se asegura que va a cambiar el paradigma de la movilidad y que se va a producir una ruptura con todos los hábitos pasados de movilidad. La movilidad como servicio será lo que cobre más importancia frente a la posesión de un vehículo y la infraestructura perderá importancia frente a su gestión.

La movilidad en las grandes ciudades será compartida, autónoma, conectada y eléctrica y en ese nuevo escenario conviene repasar los procesos de los últimos 80 años para aprovechar lo aprendido en lo que se refiere a planificar uno de los elementos más importantes de las redes de transporte que conforman nuestras ciudades y áreas metropolitanas.

**I**n two articles, planning of urban main roads of arterial networks in Spain is revisited.

Historic discussion between infrastructure and urban planners includes the point of whose opinion should prevail, and how relations between the administrations in charge of both should be established.

Now, two more teams are in the same playground: planners of the territory, who consider a broader space than the cities, and technological enterprises.

Technological disruption is announced as something coming in a very short time, bringing the change of 20th century mobility model, based on the private ownership. Mobility as a service (MAAS) will be soon the concept in the center of the transport system, and infrastructure management will be the main task of Road Administrations with mature networks, rather than building new roads.

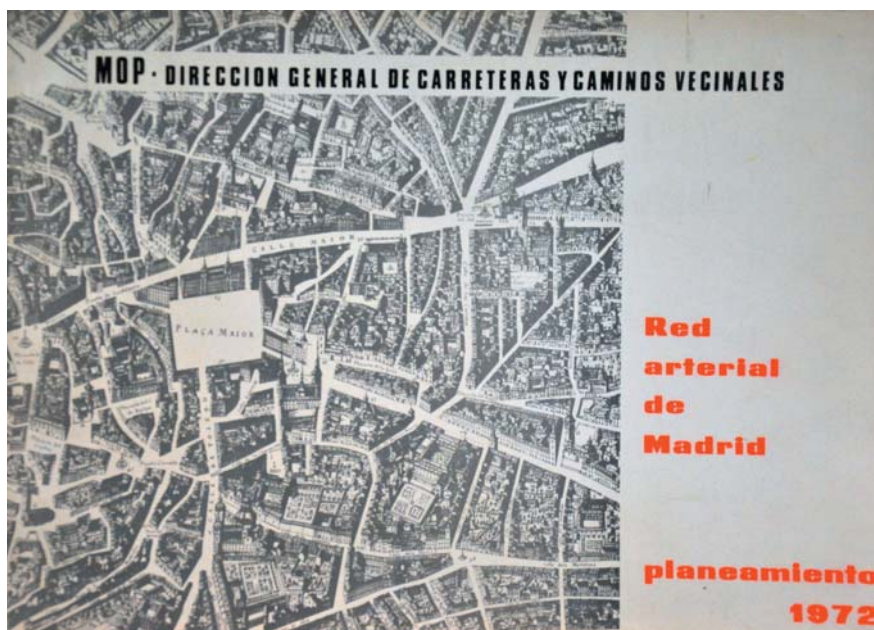
Mobility in great cities will be shared, autonomous, connected and electric. In this new scenario we can learn from our past decades how to plan and manage the complexity of our arterial roads since the '60s of the last century until today

## 1. Introducción

Este documento del Comité Técnico de Planificación, Diseño y Tráfico de la ATC, quiere repasar la historia de las redes arteriales, desde su comienzo como planes de accesos y variantes que procuraban solucionar los problemas que el creciente parque automovilístico español de los años 60 producía en nuestras ciudades, hasta nuestros días en los que el sistema parece estar cercano a una disrupción y en la cual “ciudades inteligentes” o “movilidad como servicio” parecen indicar cambios cualitativos que van a hacer que en el plazo de quince años las soluciones a los problemas de congestión en las ciudades sean resueltos de manera absolutamente diferente de todo lo hecho hasta la segunda década del siglo XXI.

Esta narración no es nostálgica, aunque hay hitos vinculados a personas que en su momento tomaron decisiones novedosas, no se atuvieron a las soluciones convencionales y en algunos casos como en el de las glorietas, se convirtieron en soluciones estándar en plazos brevísimos. Tampoco es una descripción lineal porque en cada caso las novedades integradas en los procesos de planificación y la realización de proyectos han tenido una vida larga con evoluciones posteriores, pareciendo más conveniente dar saltos en el tiempo que nos permitan explicar la evolución de cada uno de los hitos relevantes.

Hay dos limitaciones en la exposición: la experiencia documentada es básicamente de la Dirección General de Carreteras del hoy Ministerio de Fomento, administración responsable de las redes arteriales hasta la cesión de las redes autonómicas, de la legislación básica a partir de ese momento y referente en muchos de los aspectos de los que tratamos a continuación. La segunda se refiere a no tomar como referencia los marcos de planificación vigentes citándolos en extenso, porque la explicación de sus solapes, sus coherencias e incoherencias, sus aportaciones y la generación de sus léxicos propios, a veces no reflejados en sus desarrollos, exigen



un tratamiento diferente del que ahora nos ocupa.

## 2. Los comienzos de las redes arteriales

**Ingeniería de tráfico. Años 60 y 70. Las redes arteriales. Estudios específicos de Origen/Destino en las ciudades. Planificación urbana versus planificación sectorial.**

A comienzos de los años 60 del siglo pasado, cumpliendo lo establecido en la Ley de Bases (Ley 56/1960, de 22 de diciembre, de bases del Plan General de Carreteras), la Dirección General de Carreteras (DGC), del Ministerio actualmente de Fomento, planteó, en el marco del Plan General de Carreteras (Ley 90/1961), conocido como el plan Mor-tes, unos planes de accesos a las ciudades con problemas de congestión.

El plan diferenciaba en su formulación las actuaciones en campo abierto (rurales) y las que habrían de ejecutarse en zonas urbanas, denominándolas redes arteriales (artículo 4 a) de la ley del plan). En su apartado 4.1.3. Redes arteriales, la ley expresa lo siguiente:

*La complejidad de este problema relacionado íntimamente con la actividad de otros Departamentos y con la Administración Local y la escasez de medios de que se ha dispuesto para llevar a cabo los estudios correspondientes a los accesos y rondas de*

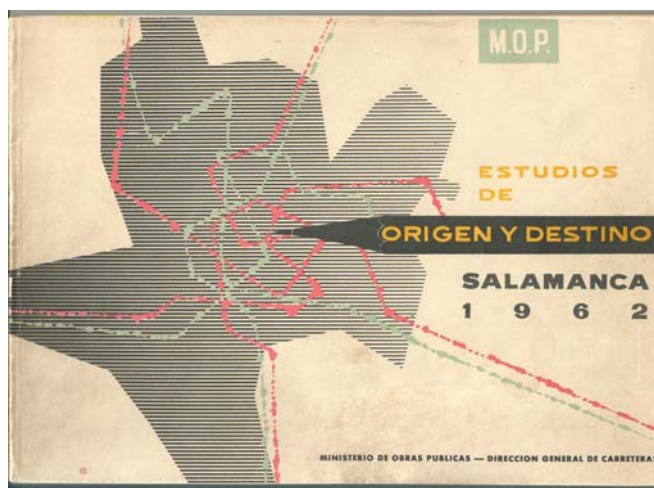
*nuestras ciudades, solo ha permitido establecer una valoración global de las obras necesarias y la formulación del programa de los trabajos a desarrollar durante los próximos cuatro años para planificar y definir, de acuerdo con los demás organismos competentes en la materia la red arterial de cada población. Como estudio piloto se ha realizado ya el de origen y destino del tráfico en la ciudad de Jerez.*

En el primer cuatrienio del plan se incluyeron aquellas obras cuya necesidad estaba plenamente demostrada y cuya solución era evidente. Al plantear el problema de las redes arteriales se analizaban los criterios de actuación y se deducía la valoración global de lo considerado.

A mediados de esa década de los 60 fue necesario ampliar el objeto de análisis a todo el viario principal de las ciudades españolas y comienzan a estudiarse las redes arteriales en 64 de más de 50.000 habitantes o capitales de provincia.

En estas redes arteriales se partía de un análisis de la movilidad urbana en coche, mediante encuestas en todas las ciudades, con una metodología para establecer los orígenes y destinos de los viajes, análoga a la que se sigue considerando adecuada hoy en día, aunque los medios hayan cambiado enormemente.





El conocimiento de los arcos de demanda servía para hacer un diagnóstico de los problemas existentes y las necesidades de nueva infraestructuras, planteando así unas redes arteriales que pudiesen ser integradas en los planeamientos urbanos. Aun sin haber sido aprobadas como documentos de planificación sectorial, estas redes arteriales fueron asumidas en muchos casos en los planes de ordenación urbana, hasta finales de los setenta.

En 1974 se crea una Subdirección de redes arteriales que permanece hasta 1978, en un contexto en el que las previsiones del Plan General de Carreteras de 1962 habían quedado obsoletas por haberse superado los crecimientos estimados. Por otra parte, la Ley de Carreteras de 19 de diciembre de 1974 señalaba la necesidad urgente de desarrollar un nuevo plan nacional de carreteras.

En los años ochenta, muchos de los Planes generales de ordenación urbana (PGOU) fueron criticados por desarrollistas, y en este rechazo fueron incluidas las previsiones de viario de las redes arteriales. A pesar de esta contestación estos documentos sectoriales siguieron siendo referencia en muchas ciudades que querían reservar el espacio para el viario que pudiera necesitarse a largo plazo, por ser el único existente a escala detallada.

En esta polémica, mantenida durante décadas, muchos urbanistas han visto los documentos sectoriales de carreteras como propuestas realizadas sin tener en cuenta el medio urbano

o urbanizable en el que se insertaban. También se han considerado como una imposición que condicionaba de forma excesiva el desarrollo de la ciudad, y se han temido las tensiones especulativas que genera la planificación de este tipo de vías, tensiones en muchas veces indeseadas y en la mayoría fuera del control del planificador urbano.

De hecho, la autonomía de la DGC para gestionar las redes arteriales lleva poniéndose en cuestión desde la década de los 70 y como ejemplo cabe citar a V.Gago y C. Real que afirmaban en 1977 que:

*Las raíces del problema se encuentran en parte en la estructura administrativa. La Dirección General de Carreteras del Ministerio de Obras P3blicas ha tenido la competencia sobre todos los aspectos relacionados con las carreteras en campo abierto; en ellas estaban incluidas las travesías de las poblaciones, consideradas por la legislación antes como carreteras que como calles. En consecuencia, mientras la red viaria urbana, - las calles propiamente dichas -, dependía de los municipios exclusivamente, la coordinación de las actuaciones en las travesías se regulaba por una legislación específica que daba clara prioridad al Ministerio de Obras P3blicas.*

Expresaban que durante los años cincuenta, y sobre todo los primeros años sesenta, se construyeron numerosas variantes de las travesías existentes en las que la ciudad se consideraba como un obstáculo a salvar, y que du-

rante esos años el Ministerio de Obras P3blicas emprendió en las grandes ciudades los llamados Planes de Accesos. El esfuerzo realizado en ellos fue muy importante, pero en realidad se trataba de un conjunto de variantes de los accesos existentes, poco integradas entre sí, y que conectaban con el viario urbano sin un estudio adecuado de su impacto.

Según los autores citados la insuficiencia del concepto de variante en las ciudades importantes fue asumida por el Ministerio de Obras P3blicas durante los años sesenta, con el inicio de la política de redes arteriales, que pretendían ser el conjunto integrado de accesos a las ciudades, pero sobre éstas opinan que "el planeamiento de las redes arteriales ha estado disociado del planeamiento urbano, pretendidamente integral, pero que estaba lejos de serlo".

### 3. Definiciones y conceptos

Según Antonio Figueroa, Subdirector de Redes Arteriales, citado por Manuel Crespo, red arterial es el resultado de una abstracción jerarquizadora del viario general, encargada de asumir las obligaciones más gravosas del transporte de superficie, servir a los largos recorridos, a las mayores intensidades de tráfico, y de soporte a las restantes redes secundarias; y de la cual formarían parte, entre otras, todas las vías de acceso e interconexión que requieran las carreteras estatales y aún provinciales (en la actualidad requeriría añadir las autonómicas, inexistentes en esa fecha).

Volviendo a lo que la Ley 90/1961 indica en su epígrafe sobre redes arteriales y la complejidad de este problema, relacionado íntimamente con la actividad de otros Departamentos y con la Administración Local, conviene destacar que expresa que el trabajo a realizar en los cuatro siguientes años ha de ser planificar y definir, de acuerdo con los demás organismos competentes en la materia los estudios correspondientes a accesos y rondas de las ciudades. Podemos deducir que la voluntad del legislador era que las redes arteriales fuesen accesos, rondas y variantes, acordadas entre las distintas administraciones responsables del planeamiento urbano y de las carreteras.

Según la Ley 51/1974 las redes arteriales estarán constituidas por el conjunto de carreteras de acceso a los núcleos de población y las vías de enlace entre las mismas que discurran total o parcialmente en zonas urbanas.

En la siguiente Ley 25/1988 se denomina red arterial de una población o grupo de poblaciones el conjunto de tramos de carretera actuales o futuras que establezcan de forma integrada la continuidad y conexión de los distintos itinerarios de interés general del Estado, o presten el debido acceso a los núcleos de población afectados.

La Ley 37/2015 en su capítulo IV sobre Travesías y tramos urbanos establece que se considera travesía la parte de carretera en la que existen edificaciones consolidadas al menos en dos terceras partes de la longitud de ambos márgenes y un entramado de calles conectadas con aquella en al menos una de sus márgenes. En el artículo 47 indica que se consideran tramos urbanos aquellos de las carreteras del Estado que discurran por suelo clasificado como urbano por el correspondiente instrumento de planeamiento urbanístico y que estén reconocidos como tales en un estudio de delimitación de tramos urbanos aprobado por el Ministerio de Fomento, mediante expediente tramitado por su propia iniciativa o a instancia del ayun-

tamiento interesado. En esta ley no aparece el concepto de red arterial y lo que se indica es que se impone la necesidad de conciliar el planeamiento y desarrollo urbanístico y la ordenación del territorio con el mantenimiento del flujo de tráfico de largo recorrido libre de entorpecimientos que podrían afectar muy negativamente a la Red de Carreteras del Estado.

Una reflexión personal para terminar: la nomenclatura arteria urbana, red arterial, tejido urbano o sutura, nos hace referirnos a la ciudad como organismo, tan viva y delicada como un cuerpo humano. A lo mejor por eso las dos visiones desde el urbanismo y desde el transporte y la carretera han solido ser además de distantes, apasionadas.

#### 4. El programa urbano del plan de carreteras del 84

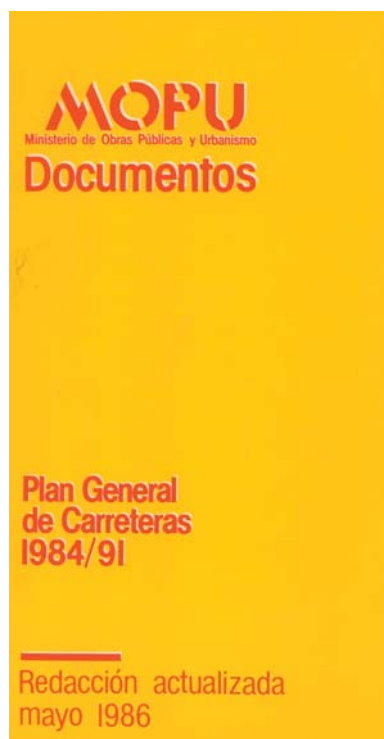
*Programa urbano del Plan General de Carreteras (PGC) 1984/91: Travesías, tramos urbanos, accesos a puertos y accesos a aeropuertos.*

Sin una planificación posterior al citado Plan Mortes que asumiera los problemas que se planteaban en los

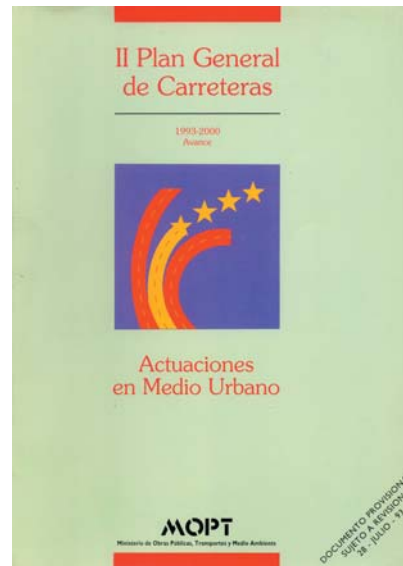
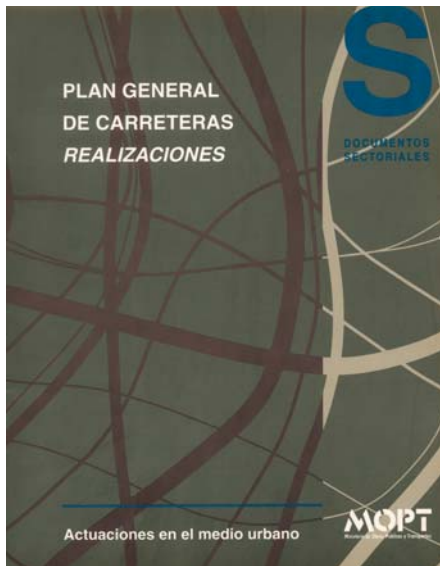
accesos a las grandes ciudades, la Ley de carreteras de 1974 exigía al entonces MOP, la realización de un nuevo plan de carreteras, pero los dos años que daba la Ley para dicha realización se retrasaron hasta 1984.

El MOP había estudiado un sistema nacional de autopistas en 1964, que dio lugar al Programa de Autopistas Nacionales Españolas (PANE) en 1967, año en el cual también se plantea el programa REDIA (Red de itinerarios asfálticos) para actuar en 5.000 km en el plazo de cinco años. Este programa, las concesiones de autopistas realizadas entre 1966 y 1972 y el Avance del Plan Nacional de Autopistas que sucedió al PANE, publicado en 1972, intentaban paliar las necesidades de infraestructura viaria pero todas estas actuaciones se referían al ámbito interurbano.

En 1984 se presentó el Avance del Plan General de Carreteras (PGC) 1984/91, en cuya memoria se contemplan las carreteras en medio urbano como una parte de la red de interés general con particularidades y problemas específicos. Su análisis se separa en tres grupos: las travesías de poblaciones inferiores a 50.000 habitantes, los tramos ubicados en grandes áreas urbanas y los accesos a puertos y aereo-



Plan "Felipe". Mayo 1990



puertos de interés general.

En la memoria del citado plan, de mayo de 1986, tras haber sido aprobado en Consejo de Ministros del 11 de diciembre de 1985 y en Pleno de Congreso de los Diputados del 20 de marzo de 1986, se establecen cuatro programas de actuación: autovías, acondicionamientos, reposición y conservación, y actuaciones en medio urbano. Las actuaciones en medio urbano se valoran en 90.000 millones de pesetas (de 1983), de un total de 800.000 del conjunto del plan. Como curiosidad cabe decir que la nomenclatura de los estudios informativos de la Dirección General de Carreteras del Estado (DGC), a partir de ese momento responde a estos cuatro programas, y por eso un estudio informativo cuya clave fuese El 4-GR-XX quería decir, a efectos de seguimiento de los objetivos del Plan, que se consideraba una obra urbana a realizar en Granada.

Dado que en las citadas actuaciones urbanas confluyen competencias de los ayuntamientos y de la DGC, la herramienta del Convenio de Colaboración es en esos momentos (comienzos de los 80), algo habitual, con convenios en Málaga, Granada, Sevilla y Madrid, y acuerdos parciales sin tratamiento formal de convenios en otras ciudades.

Los planes autonómicos de carreteras comienzan inmediatamente después de producirse las transferencias de, aproximadamente, 50.000 km. de

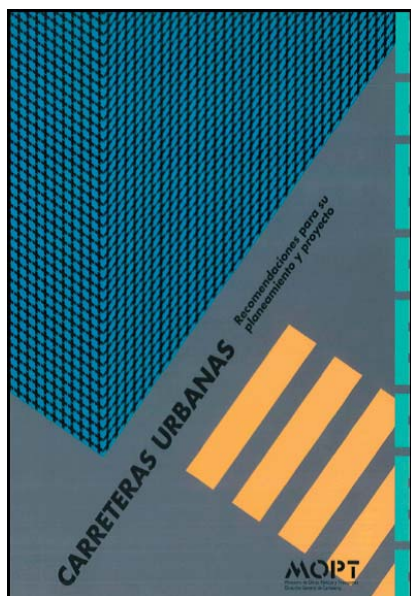
carreteras, y en 1988 hay 17 aprobados o en redacción, siendo las Comunidades Autónomas nuevas administraciones que comparten competencias en el ámbito periurbano.

En 1988 se inicia la segunda fase del plan en un marco económico completamente diferente, y por ello el Gobierno aprueba el Real Decreto Ley 3/88, para actualizar el PGC introduciendo importantes variaciones. El programa urbano se amplía recogiendo los convenios firmados en el periodo 1984-1987 en Madrid, Granada, Valladolid, Sevilla, Málaga y Barcelona, convenios que eran el resultado de la sentida necesidad de resolver los graves problemas de congestión urbana, sobre todo en aquellas ciudades que debían prepararse para los eventos de 1992. Es muy significativo que las obras contempladas en alguno de los convenios citados superaba toda la inversión prevista en el programa urbano para toda España. En estos convenios se establecían las obras a ejecutar y las administraciones responsables de la planificación, la gestión de los terrenos necesarios y el porcentaje de la ejecución asignado a cada administración. Los Convenios en Baleares y Canarias también contemplaban actuaciones en ámbitos urbanos, pero respondían a un planteamiento diferente de los anteriores, porque en las autonomías insulares la transferencia de red fue completa y la administración central no intervenía en su ejecución.

Dados los compromisos adquiridos y el aumento de la valoración de las necesidades de actuación, para mantener el PGC como referencia estable, se alargó el plazo de ejecución de las obras de los programas urbano y de acondicionamientos hasta 1993, pero los compromisos adquiridos por la firma de los convenios citados y el de Zaragoza, firmado en 1989, superaban en 1989 lo presupuestado en la ampliación del PGC, y los plazos para la celebración de los eventos de 1992 (Olimpiadas, Expo universal y Capitalidad Cultural) exigían inversiones en infraestructuras para cumplir con los compromisos internacionales antes de la terminación del plan.

En consecuencia con lo anterior, el propio Presidente del Gobierno anunció el Plan para el transporte en las grandes ciudades (conocido habitualmente como Plan "Felipe") aprobado por Consejo de Ministros del 4 de mayo de 1990, con la inversión en los siguientes cuatro años, de 1.629.000 Mpta para resolver los problemas de tráfico y accesos a las aglomeraciones urbanas, contemplando tanto las inversiones viarias como las ferroviarias. En su presentación afirmó que casi la mitad de los españoles se beneficiarían de este plan, "que trata de hacer más habitables esas ciudades". En palabras de Sandro Rocci en su artículo póstumo (2017):

*El exitoso Plan de Carreteras 1984-1992 consiguió un cierto equilibrio de intereses que lo estabilizaron como objetivo: no desdibujaron el escenario previsto las modificaciones del diseño, ni el aumento de los tramos, ni la inclusión de actuaciones en áreas urbanas. Además, la edición mensual de un Programa Operativo permitió un seguimiento eficaz de las inversiones planificadas. En los años 90, la terminación de esas actuaciones hizo que la planificación resultara más creíble. Hay quien opina que esto permitió plantear en Europa la financiación de la mejora de las carreteras españolas.*

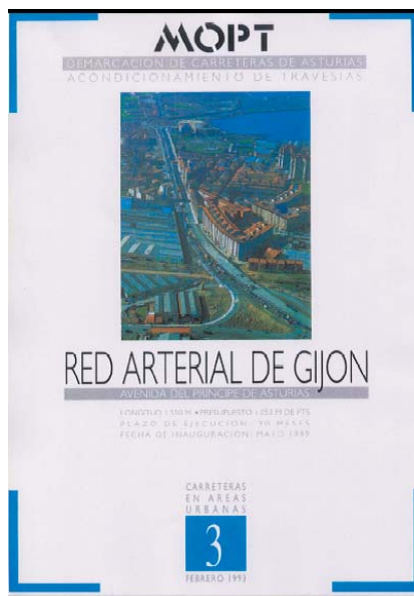


## 5. Estudios pioneros de medio ambiente en las redes arteriales.

*Evaluación de impacto ambiental en ciudades y áreas metropolitanas. Impactos acumulativos. Impactos sinérgicos. Ruido ambiental.*

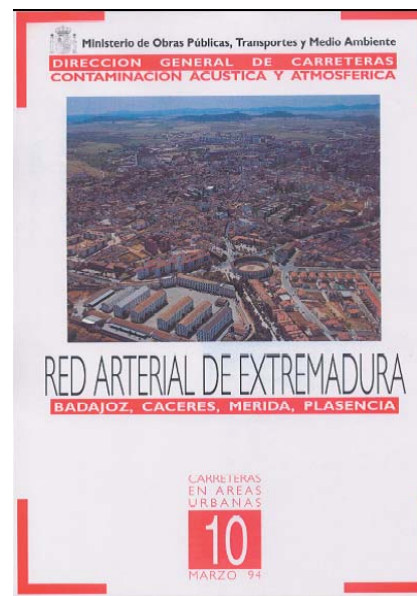
Los estudios informativos que desarrollaron los programas establecidos en el PGC integraron los estudios de impacto ambiental como elementos decisivos para valorar las ventajas e inconvenientes de cada una de las alternativas contempladas como posibles soluciones. En los estudios urbanos además de los criterios generales también fueron determinantes a la hora de seleccionar las alternativas que debían ser ejecutadas los acuerdos con los ayuntamientos y los criterios medio ambientales incluidos en los planes de ordenación.

Existen tres hitos en ciudades que merecen ser destacados por los cambios metodológicos que supusieron: se produjeron en las redes arteriales de Madrid y Ferrol y en las de Extremadura. En primer lugar citaremos los estudios de las autopistas radiales de Madrid (estudios en los que se incorporó a la Sociedad Española de Ornitología como parte del equipo de redacción), con motivo de los cuales el Reino de España recibió una felicitación de la Unión Europea por el tratamiento dado a las medidas correctoras y compensatorias de la R-4. En estos estudios fue la



primera vez que se exigió la evaluación del impacto conjunto de diversos proyectos que coincidían en un territorio como la provincia de Madrid, por si la agregación de actuaciones pudiese tener un impacto añadido no considerado en los estudios individuales. El segundo caso, en el que por primera vez se exigió un estudio de impactos sinérgicos, fue el acceso a la dársena del puerto exterior de Ferrol, en el que se estudiaron los efectos acumulativos y sinérgicos de la futura carretera con los ya realizados en el agua por parte de la autoridad portuaria, para plantear las medidas paliativas y compensatorias correspondientes al conjunto de las futuras actuaciones en el mar y en tierra.

La tercera cuestión ambiental en la que la DGC se puede considerar pionera es en la contemplación del ruido ambiental como un impacto relevante que era necesario aminorar y paliar. Mucho antes que la Directiva europea obligase a elaborar mapas estratégicos y planes de acción, Felipe Ruza hizo con el CEDEX unas mediciones del ruido en diversas ciudades, y queda constancia publicada en 1994 del estudio del ruido en las redes arteriales de Extremadura. Esta tarea continuó y posteriormente la DGC realizó el primer mapa estratégico de ruido que sirvió de ejemplo para otras administraciones, una vez asumida la metodología por el actual Ministerio de Ministerio para la Transición Ecológica.



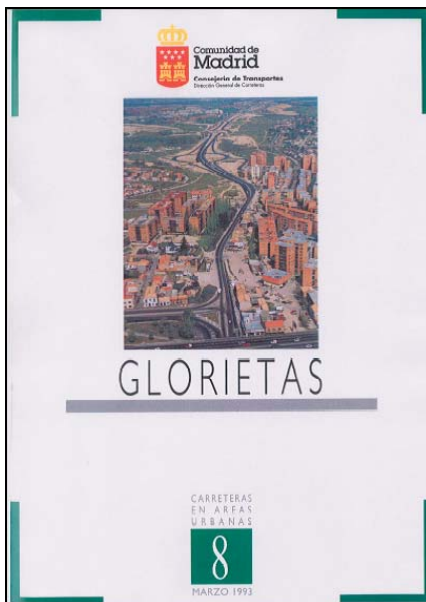
## 6. Diseño de las carreteras urbanas y periurbanas

*Diseño de carreteras urbanas. Calmar el tráfico. Glorietas (1989). Propuesta de la DGC de carriles bici en Gijón (1992). Congestión. Alternativas de actuación (1993). Calmar el tráfico MOPTMA (1996). Señas de identidad de las redes arteriales.*

En 1979 tanto la DGC en su Dirección de Tecnología como la Comunidad de Madrid publican sendos documentos de diseño de glorietas. En ambos casos se trata de sustituir glorietas partidas y otros tipos de intersecciones que permiten el choque fronto-lateral de dos vehículos, por un elemento que imposibilita este tipo de choque. A finales de los 80 la Comunidad de Madrid comienza a realizar rotondas en las carreteras suburbanas con el fin de evitar las citadas colisiones, con efectos mortales cuando a una infracción por no cumplir el “stop” se sumaban el alcohol y la nocturnidad.

La legislación que da prioridad a la circulación en el anillo se había producido en Gran Bretaña en 1966, en Francia en 1984 y en España se introdujo en la Ley de seguridad vial de 1990.

La coordinación entre las dos administraciones pioneras en la implantación generalizada de estas glorietas se produjo porque los responsables de ambas instituciones, Sandro Rocci y Agustín Herrero, compartieron los aná-



lisis de los problemas que planteaban estos nuevos elementos, y asumieron que las actualizaciones de las recomendaciones para su diseño fuesen complementarias, hasta el punto que la presentación de las citadas recomendaciones en 1994 se produjo en un acto conjunto. En ese momento, la Comunidad de Madrid había ejecutado más de 70 glorietas y había analizado los problemas que planteaban a los conductores, mediante el análisis de vídeos cenitales que permitían detectar comportamientos potencialmente peligrosos y la DGC había prescindido completamente de las glorietas partidas como forma de resolver intersecciones.

Antes de finalizar las recomendaciones citadas, la DGC había asumido las experiencias de la CAM como suficientes para implantar glorietas en los sitios adecuados. Por eso en marzo de 1993 la DGC incluye entre sus fichas divulgativas de buenas prácticas en carreteras urbanas, una con las experiencias de la Dirección General de Carreteras de la Comunidad de Madrid.

En paralelo con las recomendaciones citadas publicadas, en la DGC se consideró necesario establecer las diferentes necesidades de los tráficos periurbanos con respecto a los interurbanos y plantear consecuentemente su diseño. Tal como se expresaba en 1992, “una carretera urbana es un tramo de carretera en el que coexisten diversos modos: transporte privado y

público, colectivo e individual y tráfico peatonal importante”, y eso hacía de las redes arteriales una red diferente a la de carreteras interurbanas.

En aquellos años las velocidades medias interurbanas eran del orden de 140 km/h, claramente peligrosas en los tramos en los cuales el tráfico interurbano entraba en las ciudades y tenía que coexistir con otros usuarios de las vías. Por este motivo era necesario prestar especial atención al punto de ruptura de las condiciones interurbanas y al diseño seguro tanto de esa transición como del resto de los tramos urbanos. En las redes arteriales la capacidad, la seguridad y evitar la congestión pasaban a ser los objetivos prioritarios y la velocidad de recorrido era secundaria con respecto a los anteriores.

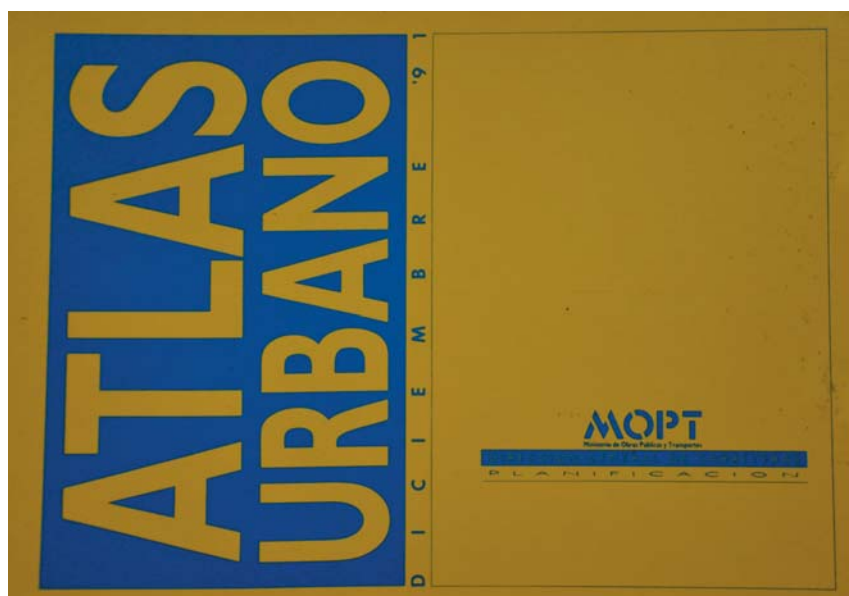
Era evidente que los tramos de carreteras estatales que daban continuidad a los itinerarios estatales interurbanos y los accesos a puertos y aeropuertos de interés general, exigían unas recomendaciones de diseño diferentes a las recogidas en las normas de aplicación general en los tramos interurbanos.

Ante la imposibilidad de establecer normas generales (el viario de la ciudad de San Francisco no hubiese podido ser admitido en ninguna norma imperativa), y sabiendo que la voluntad de los gestores del suelo urbano y de la ordenación del territorio podían

variar enormemente e unas ciudades a otras, se planteó una triple aproximación al problema. En primer lugar se recogió lo establecido en diversos países de nuestro entorno, analizando lo que figuraba como norma de obligado cumplimiento y lo que simplemente se recomendaba o se exponía como ejemplo de buena práctica. En segundo lugar se analizaron proyectos de distintas administraciones en el ámbito metropolitano, y en tercer lugar se consultó a diversos proyectistas intentando establecer las normas no escritas, pero a las que se atuvieran personalmente al plantearse un proyecto en áreas urbanas.

Los acuerdos y desacuerdos con los ayuntamientos para resolver problemas existentes, como por ejemplo la mejora del acceso congestionado a un puerto, tenían mucho que ver con el diseño de las vías, la gestión del suelo necesario y la permeabilidad de la obra diseñada. Por ello se planteó una revisión de las secciones transversales, el tratamiento de los nudos, la iluminación para resaltar la diferencia del diseño, el tratamiento de las medianas y la necesidad de la existencia de arcenes, aceras, paradas de autobús, e itinerarios peatonales.

La red arterial debía integrarse en el sistema general de transporte urbano y por ello eran fundamentales los puntos de intercambio modal, las conexiones con el viario autonómico y



municipal y la señalización que evitase una discontinuidad en la información al usuario por cambio de la titularidad de la vía.

Consciente de ello, la DGC publicó en 1991 el "Atlas urbano" que se comenta posteriormente y en 1992 el libro: "Carreteras urbanas. Recomendaciones para su planeamiento y proyecto".

Como complemento a esas recomendaciones se consideró de interés divulgar actuaciones en carreteras urbanas realizadas en la DGC que hubiesen aportado ideas innovadoras, o que pudiesen considerarse ejemplo de buenas prácticas una vez visto su adecuado funcionamiento. Estas actuaciones resumidas en las correspondientes fichas incluyen actuaciones de otras administraciones como ya se ha indicado o contempladas en convenios. Cabe destacar junto a la citada sobre glorietas y la que reflejaba los estudios del ruido en las redes arteriales en 1994, la que trataba el diseño de vías ciclistas. Las vías ciclistas son en la actualidad un elemento indispensable en cualquier documento de movilidad urbana, pero es de justicia destacar la fecha en la cual la DGC publica el documento con el diseño recomendado para este tipo de vías: febrero de 1993, citando como una buena práctica el de una vía ciclista proyectada en Gijón.

La coordinación durante años con la Comunidad de Madrid (CAM) permi-

tió que el avance en las recomendaciones de diseño fuese complementario, y así la CAM publicó en 1991 el "Diseño de carreteras en áreas suburbanas". La idea de calmar o templar el tráfico, como también se utilizó en su época, fue un objetivo compartido, intentando generar accesos con capacidad, seguros y adecuados en las ciudades españolas.

En la introducción de la revisión de las recomendaciones de diseño de glorietas de 1994 de la Comunidad de Madrid, se indicaba que la glorieta es un elemento físico que impone una moderación del tráfico y por eso es adecuado en determinadas circunstancias. También se expresa que la idea de rotonda va unida a la moderación de velocidad. La DGC estudió en este periodo no sólo el elemento nuevo de las glorietas, sino el análisis global de los problemas de congestión y las diferentes alternativas de solución incluyendo la gestión de la demanda o la potenciación del transporte público entre otras posibilidades y otra Dirección del Ministerio: la Dirección General de Actuaciones Concertadas en las Ciudades (creada en 1993) continuó desarrollando estos conceptos y publicó en 1996: "Calmar el tráfico" referido al viario urbano interior más que a los accesos o al viario periurbano.

La preocupación por caracterizar las redes arteriales siguió siendo una constante en la DGC en la década si-

guiente, porque existen aspectos relacionados con la carretera que permiten que el conductor perciba claramente que el tramo de carretera forma parte de una red arterial. Gran parte de ellos están directamente relacionados con el diseño de la misma, pero es difícil que puedan caracterizarse de manera que puedan normalizarse y a pesar de ello era indispensable asegurar unas condiciones seguras en el paso de las condiciones interurbanas a las periurbanas. Para mejorar la seguridad en la transición conviene decidir el punto en el cual se quiere generar en el conductor la percepción de red arterial. Es necesario concentrar en ese punto los elementos adecuados para que la percepción sea clara, no genere dudas y facilite una disminución de velocidad de una manera natural y por ello produzca una mejora de la seguridad.

Por eso se estudiaron los elementos de las redes arteriales en los que pudieran incidirse para darles un tratamiento diferenciado de las vías interurbanas, y el análisis de aquéllos en los que convenía actuar por ser relevantes se resumió en 2004, planteando cuáles eran las señas de identidad de las redes arteriales. Esto se estudió comprobando en una serie de tramos de carreteras cuáles son los elementos que el conductor percibe como diferenciadores de las redes arteriales, y cómo la acumulación de estos elementos (sección transversal, publicidad en los

m3rgenes, se3alizacion, vegetacion, iluminacion, existencia de esculturas etc.), dan como resultado en algunos casos la percepcion n3tidamente diferenciada de estos tramos con respecto a los interurbanos.

La idea era hacer uso del conjunto de elementos que llevan al conductor interurbano a reducir su velocidad de manera que se incrementase la homogeneidad de las velocidades de los diferentes grupos de veh3culos que comparten estas redes arteriales y por ello la seguridad. De esta manera, las redes arteriales y los viarios metropolitanos de mayor capacidad, que constituyen una infraestructura viaria netamente diferente, por su funcionalidad y caracter3sticas, de los itinerarios interurbanos, a los que debe dar continuidad, y de los viarios urbanos con los que se conecta, tendr3an unas se3as de identidad propias aun formando parte de itinerarios interurbanos de largo recorrido.

## 7. Intermodalidad y consenso

*Intermodalidad y consenso. Preparacion de un Programa urbano para el Plan General de Carreteras 1992/2000. Estudios intermodales de accesos a puertos. Planificacion sectorial consensuada. Atlas urbano (1991). Congestion, alternativas de actuacion (1993). Demanda inducida por infraestructuras urbanas, CEMT (1996)*

Como ya se ha indicado, en la d3cada de los 80 van surgiendo compromisos en diversas ciudades en la cuales se formalizan convenios de actuacion, pero existen aproximadamente setenta ciudades de m3s de 50.000 habitantes que demandan tambi3n actuaciones de diferente importancia para dar una continuidad adecuada a los itinerarios de la red estatal de carreteras y accesos a puertos y aeropuertos de Inter3s general del Estado, en las cuales no se hab3a planteado ning3n convenio.

Para establecer las necesidades del conjunto con criterios homog3neos, se realizaron estudios entre 1989 y 1991, en grupos de seis a ocho ciudades, en los cuales se plantea recoger las pro-

puestas existentes en los Planes Generales de Ordenacion Urbana, el an3lisis de la congestion, la peligrosidad de los tramos de traves3as y la rentabilidad de las actuaciones propuestas. Las cuestiones ambientales se encuentran plenamente incorporadas en las valoraciones de las actuaciones seleccionadas, y el ruido ambiental se trata de manera espec3fica. Las necesidades que en la red viaria tienen los transportes p3blicos, los modos no motorizados y los nodos de intercambio modal tambi3n est3n incorporados en los estudios citados. El estudio piloto de los mencionados fue dirigido por Manuel Crespo Bernardo y realizado por Javier Valero Calvete y en 3l se plante3 la metodolog3a que despu3s se aplic3 en el resto de los estudios, coordinados por el autor del presente documento.

Las cuestiones de dise3o de estas redes arteriales, que en esos momentos adolecen de unas recomendaciones espec3ficas, son tratadas de manera independiente en la Direccion General de Carreteras como ya se ha comentado.

La necesidad de planificar las actuaciones urbanas y conseguir acuerdos entre las administraciones implicadas se percibe como algo imprescindible para evitar variaciones tan bruscas en los recursos comprometidos como hab3a venido ocurriendo en los 3ltimos a3os, a diferencia de la estabilidad con

la que se gestionaba el programa de autov3as.

Las actuaciones consideradas inclu3an transferir tramos cuya funcionalidad hab3a cambiado, acondicionar tramos previamente al cambio de titularidad y facilitar las paradas de transporte p3blico. Tal como se expresa en diferentes documentos, la DGC era consciente de la necesidad de participacion de las instituciones afectadas, y que la descoordinacion convertir3a los problemas en irresolubles aunque se dispusiese de sumas multimillonarias para su resolucion unilateral.

Por eso la planificacion sectorial fue discutida, principalmente con los ayuntamientos, abierta a analizar conflictos o necesidades de los transportes colectivos, necesidades especiales debidas a tr3fico pesado de mercanc3as, aspectos espec3ficos relacionados con los peatones y cuestiones medioambientales, teniendo como referencia principal la calificacion del suelo e incluyendo las cuestiones de ruido. La mitad del tiempo 3til de trabajo de los estudios se consider3 que deb3a ser empleado en esa coordinacion institucional.

La pol3mica acerca de si la carretera deb3a definir sus necesidades o deb3a ser una consecuencia de la planificacion territorial y urbana segu3a vigente. Concretamente la pregunta de qui3n debe decidir el comienzo de los estu-



dios que dan lugar a la reserva de terreno en zonas urbanas estaba en la mesa.

Los convenios eran una herramienta generalizada para resolver estas cuestiones de manera coordinada y probablemente en estos años todos los ayuntamientos buscaban ser la sede de algún acontecimiento relevante que garantizase la atención del MOPT y la firma de un convenio en el que plantear la solución a muchos de los problemas de movilidad, sentidos como déficit viario. En otras ocasiones se planteó el hacer una circunvalación lo suficientemente alejada como para que los tráficos de larga distancia no se viesan interferidos en un futuro por los tráficos locales, dejando así garantizada la continuidad de los itinerarios estatales sin necesidad de acuerdo con el ayuntamiento correspondiente, pero afortunadamente esta solución simplista no llegó a producir en aquel momento ejecuciones de viario que hubiesen dado lugar a tensiones urbanísticas poco controlables y a una infrautilización de un viario sin rentabilidad.

Por otra parte, la importancia de la intermodalidad era una cuestión asumida en la DGC, aunque teóricamente superaba los estudios modales que lógicamente le correspondían. Los estudios procuraban evitar la solución simple de que si existe congestión se resuelve con más capacidad viaria, intentando buscar soluciones en un campo más amplio, pensando en transportar personas y mercancías de la forma más eficiente en el conjunto del sistema de

transportes, y así se vieron especificadas condiciones en los pliegos de los estudios de la DGC donde se establecía que, antes de establecer propuestas sobre el viario, había que considerar el conjunto del sistema de transportes, las necesidades específicas del intercambio modal, tanto de personas como de mercancías, y la potenciación del transporte público. De hecho, la DGC participó activamente en 1996 en una conferencia de la OCDE cuyo objetivo era la priorización de las infraestructuras multimodales.

La dificultad de evaluar la demanda futura en zonas urbanas era otra cuestión importante no sólo para estimar su rentabilidad sino también para plantear el concepto de la vía a ejecutar. Esa dificultad y los problemas que acarreaaban eran sentidos también en otras administraciones europeas y por ello dio lugar a una mesa redonda de los ministros de transportes europeos (CEMT), en noviembre de 1996, conscientes de que esa evaluación condicionaba la consistencia de los análisis de rentabilidad económica de cualquier proyecto nuevo. Se planteaba asimismo el análisis y la cuantificación de la movilidad inducida (no existente antes de la realización de la obra nueva) por la creación de nuevo viario urbano.

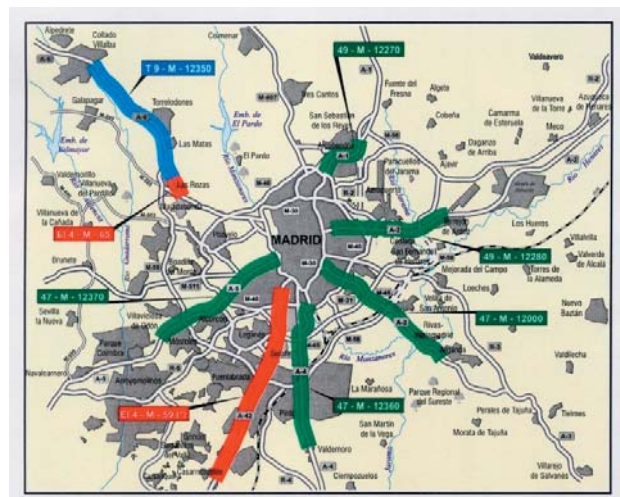
En ese periodo, de finales de los 80 a mediados de los 90, la DGC expuso en distintas ocasiones la necesidad de plantear un desarrollo sostenible y por tanto, un sistema de transportes sostenible, en el cual la concertación entre administra-

ciones es fundamental para la utilización adecuada del conjunto de los recursos existentes y poder garantizar la movilidad de personas y mercancías.

Este planteamiento se ve reforzado a comienzos de los 90 por los criterios de planificación estratégica, y en 1993, en una publicación sobre las alternativas de actuación en los tramos urbanos congestionados, se expresaba que, siguiendo las directrices del Plan Director de Infraestructuras (PDI), los tres pilares de las soluciones habían de ser la intermodalidad, la concertación institucional y la política de suelo. Se concretaba que dentro de la intermodalidad, al existir muchas ciudades españolas donde el único modo existente es la carretera, había que poner el acento en el transporte público de superficie, reservando plataformas en los principales accesos a autobuses y vehículos de alta ocupación, prestando especial atención a los puntos de intercambio modal.

Los problemas de congestión y las bases de las soluciones propuestas siguen siendo los mismos durante años. Cabe citar como ejemplos la ponencia en el XXIII Congreso mundial de la carretera: "Soluciones sostenibles en tramos congestionados en la Red Estatal de Carreteras de España" de 2007 y el informe de la Fundación RACC: "La congestión en los corredores de acceso a Madrid" de 2009, que siguen siendo vigentes a pesar del tiempo transcurrido.

A comienzos del siglo XXI, en los estudios de las posibles nuevas plata-







formas prioritarias para el transporte público se siguieron estos criterios y se planteó el estudio de los accesos como conjunto, incluyendo el tratamiento de las vías de servicio, las vías colectoras, los accesos, los enlaces, la permeabilidad transversal, el beneficio para los ayuntamientos afectados, la mejora del entorno y la disminución del ruido a los residentes colindantes. Un cambio cualitativo fundamental (que se produjo en el estudio informativo de la autovía Madrid-Toledo), fue que la evaluación de las alternativas a la hora de monetarizar los ahorros producidos se realizó considerando los viajeros y no los vehículos, teniendo en cuenta también a los viajeros usuarios de los transportes públicos. Estos estudios y los correspondientes proyectos de construcción fueron anulados posteriormente coincidiendo con la crisis que produjo una paralización generalizada de obras y proyectos.

### 8. Información pública y publicidad institucional

*Necesidad de una buena comunicación con los ciudadanos y de una concertación institucional. Información pública y participación pública. Convenios y concertación.*

La priorización de inversiones siguiendo criterios objetivos, la coordinación de las distintas administraciones, el diseño de las vías para permitir la coe-

xistencia equilibrada de los vehículos con recorridos de corta o larga distancia, la consideración de los residentes afectados por el tráfico y de los usuarios no motorizados eran temas importantes, pero había uno especial: además de invertir, coordinar y diseñar era imprescindible no olvidar que la ciudad son las personas. Ya lo dijo Shakespeare en Coriolano: ¿Qué es la ciudad sino la gente? ("What is the city but the people?"). Esa gente está formada por colectivos con intereses diferentes con respecto al viario y como ejemplo basta pensar en la oposición entre los pequeños comerciantes y los grandes centros comerciales ubicados en los enlaces de las redes arteriales. Por este motivo se consideró prioritario fomentar los debates en torno a los proyectos de viario urbano a realizar y permitir que se establecieran con claridad las opiniones de los distintos grupos que directa o indirectamente se sentían afectados. Las experiencias fueron de todo tipo, desde una ciudad en la cual el trazado de la variante se discutió exhaustivamente en locales municipales cedidos durante meses y que dio lugar que hasta el obispado correspondiente alegase, o la creación de un periódico en Lleida para informar a los afectados (La Terra Ferma), hasta situaciones en las cuales los enconamientos dieron lugar a necesitar la presencia de la Guardia Civil para poder tramitar los expedientes, como ocurrió en un ayuntamiento de Aragón que se consideraba agraviado por el municipio vecino, mucho mayor y procuraba boicotear cualquier avance hacia la consecución de la obra decidida.

La diferencia entre la publicidad institucional, la información pública y la participación pública fue objeto de análisis en aquellos momentos con objeto de no confundir unas cuestiones con otras y procurar mejorar las dos últimas, sabiendo la dificultad añadida que tenía la última, que rebasaba la exigencia legal de los trámites de información pública, perfectamente reglados.

De aquéllos momentos a la actualidad, podemos observar un cambio en una dirección clara: la publicidad insti-

tucional presentaba en los logos y en la señalización a una institución que tenía un plan que desarrollar. El protagonismo era del Ministerio: MOPU, MOPT, Ministerio de Fomento y de los planes que se traducían en actuaciones: PGC o PIT si avanzamos unas décadas. En estos momentos, después de lemas insertos en el logo ministerial como: "Acortamos distancias. Acercamos personas", "Para que puedas llegar", "Conectados al futuro" vinculado a la campaña "Moviendo tu mundo", o el de septiembre de 2018 con motivo de un anuncio del corredor mediterráneo: "Estar más cerca. Llegar más lejos" se ha convertido en hábito cambiar los lemas al comienzo de cada legislatura. Ese pasar de darle importancia a la institución a dársela a la persona del ministro del Departamento parece responder a cambios de un ámbito social más amplio del que estamos considerando en este relato y probablemente sea irreversible en el contexto actual en el que la política exige publicidad llamativa y coyuntural, más que estratégica.

Volviendo a los años 80 y 90 y a ideas que subyacían en los análisis técnicos de las redes arteriales, siempre se tuvo en consideración la existencia de dos conceptos latinos: Urbs y Civitas, que indicaban los aspectos físicos y sociales que conformaban la ciudad, y cuando hablábamos de infraestructuras, al pensar en la creación de lo físico, no olvidábamos los valores de la Civitas, es decir la cohesión social, el intercambio y la pluralidad de las necesidades de los ciudadanos. La epiqueya, interpretación moderada y prudente de la ley según las circunstancias, era necesaria en las redes arteriales, en las cuales la aplicación estricta de las condiciones interurbanas hubiese sido catastrófica en caso de ser viable, y la concertación con los ayuntamientos implicados era absolutamente imprescindible para llevar a buen término la actuaciones.

La concertación traducida habitualmente en convenios sufrió un cambio con la creación, en paralelo con el comienzo de la redacción del Plan Direc-

tor de Infraestructuras 1993-2007 (PDI), de la Dirección General de Actuaciones Concertadas en las Ciudades (que existió entre 1993 y 1996 y por ello, más que una estructura administrativa estable, puede considerarse como una parte del gabinete vinculado a la persona del ministro). El PDI aprobado por el gobierno afirmaba pretender configurarse como un instrumento básico de la política territorial del Gobierno Central y como una base objetiva sobre la que apoyar un desarrollo concertado de ésta con las Administraciones Territoriales (regiones y municipios).

El PDI centró sus esfuerzos para solucionar los problemas de transporte urbano en un enfoque intermodal. En efecto, el Plan constataba que los problemas de movilidad dentro de las ciudades, y muy especialmente dentro de las grandes áreas urbanas y metropolitanas, no pueden ser resueltos por el vehículo privado y por ello proponía potenciar los modos colectivos y previa la concertación de los términos de la actuación entre las administraciones implicadas, crear órganos específicos de gestión, como consorcios o sociedades públicas o mixtas, cuyo objeto fuese llevar a cabo las actuaciones diseñadas.

Tal como se expresa en un documento de la época, en ese periodo aparecen dos problemas importantes, en primer lugar la doble interlocución

por parte del Ministerio frente a otras administraciones y en segundo lugar la división de las ciudades en dos grupos, las que tenían convenio y las que no. Parecía necesario establecer consideraciones objetivas que permitiesen a las ciudades con menor influencia política plantear sus necesidades en un tono de igualdad.

## 9. Los peajes como solución

**La apuesta por las concesiones de autopistas y las listas de actuaciones. Concesiones de radiales, quiebra, rescate, nuevas concesiones.**

El 26 de mayo de 1997 y el 3 junio de 1998, sin un marco de planificación, con una referencia a un anuncio ministerial de un Programa de Autopistas de Peaje, se generan sendas órdenes por las que se acuerda excepcionalmente la ejecución de determinadas actuaciones en materia de carreteras por razones de reconocida urgencia e interés público debidamente fundadas (BBOOE de 4 de junio de 1997 y 12 de junio de 1998).

Están incluidas todas las actuales radiales de Madrid, que financiarían la construcción de la M-50, salvo en el tramo del monte de El Pardo, para, en sus propias palabras, garantizar de un modo adecuado la movilidad metropolitana de Madrid.

En la segunda de las órdenes citadas, de 3 junio de 1998 se declaran urgentes y de excepcional interés público diversas actuaciones en materia de carreteras, entre otras, actuaciones en Valencia, el acceso al puerto de Castellón y la Ronda sur de León.

El Plan de Infraestructuras de Transporte (PIT) 2000-2007, que establece un marco más general, es básicamente un plan de inversiones, que se presenta como programa de la legislatura en la comparecencia del Ministro en la Comisión de Infraestructuras del Congreso en junio de 2000. En documentos que analizan su ejecución se destaca la colaboración privada por el hecho de haber adjudicado cinco autopistas de peaje en 2003.

Las referencias a las actuaciones en medio urbano en el citado PIT, se producen en forma de lista de actuaciones previstas o en curso, y en el seguimiento citado se enumeran actuaciones próximas a finalizar en Palencia, Badajoz, Barcelona, Granada, Valencia, Burgos, San Sebastián de los Reyes, Sagunto, Jerez de la Frontera, Gandía, Salamanca, Vigo y Castellón. También se enumeran con ánimo exhaustivo otras obras en ejecución de reordenación de accesos o terceros carriles y otras cuyo inicio está previsto.

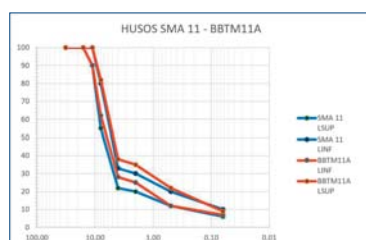
La situación a comienzos de 2018 de las autopistas radiales de Madrid, la de Cartagena a Vera y la circunvalación de Alicante puede resumirse diciendo que la gestión revierte al Ministerio por quiebra de las empresas concesionarias y que la voluntad expresada por el ministro es volver a concursarlas cuanto antes, aunque a finales de 2018, después de un cambio de gobierno, parece plantearse otro modelo de gestión en el cual toda la red de alta capacidad estatal puede verse sometida a un peaje para generar ingresos para su conservación.

Agradecimientos por las fotos a:

- Norberto Díez 1, 2, 3
- Carlos Llinás 12
- Apia XXI 16
- Ignacio Español 19 ❖



# Panorama actual de las Mezclas Bituminosas



## Current overview of bituminous mixtures

**Francisco Javier Payán de Tejada González**  
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos  
Ministerio de Fomento

**Andrés Costa Hernández**  
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Desde el comienzo del actual siglo XXI, se está viviendo en España y también a nivel internacional, una intensa actividad en el campo del desarrollo tecnológico de las mezclas bituminosas (I+D+i de las mezclas bituminosas). Esta actividad viene motivada tanto por la idea de conseguir mezclas con mejores características técnicas y, por tanto, más duraderas, como por conseguir mezclas más sostenibles. Una parte de este desarrollo tecnológico se debe a la transferencia tecnológica producida por nuestra participación en la Unión Europea, mientras que otra procede de desarrollos propios. En este artículo se presenta el panorama actual de las mezclas bituminosas en España, incluyendo todas aquellas tecnologías que, aunque todavía no sean demasiado utilizadas, presentan una posibilidad cierta de su aplicación práctica debido a que cuentan con suficiente investigación y desarrollo y se han aplicado, al menos de manera experimental, en pruebas a escala real y con buenos resultados. Así nos vamos a referir fundamentalmente a las mezclas con caucho, de las que ya se dispone en España de normativa oficial pionera en la Unión Europea,

a las mezclas SMA (Stone Mastic Asphalt) ampliamente utilizadas en Alemania y otros países del centro de Europa y sobre las que se ha desarrollado un proyecto de investigación financiado por el CDTI, a las mezclas ultradelgadas de las que ya está vigente la Norma Europea EN 13108-9 que las prescribe y normaliza su utilización y que se han estudiado y aplicado en tramos experimentales en varias carreteras de España (Aragón, Cataluña, Valencia, ...) a las mezclas de baja temperatura de fabricación y extendido sobre las que también hay una importante experiencia acumulada y que se han incorporado, las denominadas semicalientes, al Pliego de Prescripciones Técnicas para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3), a las mezclas recicladas, también incluidas en el Pliego de Obras de Conservación (PG-4), actualizado en 2017 mediante la Orden Circular 40/2017 y en el anteriormente citado PG-3 y, por último, a las mezclas sonoredutoras de importante trascendencia en zonas sensibles a la generación de ruido.

Since the beginning of the 21st century, there has been an intense activity in Spain and internationally in the field of technological development of bituminous mixtures (R+D+i of bituminous mixtures). This activity is motivated both by the idea of achieving mixtures with better technical characteristics and, therefore, more durable, and by achieving more sustainable mixtures. Part of this technological development is due to the technology transfer as a result of the participation of Spain in the European Union, while another comes from our own developments. This article presents the current panorama of bituminous mixtures in Spain, including all those technologies which, although not yet too widely used, have a real possibility of being implemented as they have been thoroughly investigated and developed and have already been applied, at least in an experimental manner, on a real scale tests with good results. Thus, we are going to refer mainly to rubber mixtures, of which Spain already has pioneering official regulations

in the European Union, to SMA mixtures (Stone Mastic Asphalt) widely used in Germany and other central European countries and on which a research project financed by CDTI has been developed, to ultra-thin mixtures included in European Standard EN 13108-9, already in force, which prescribes and standardizes their use and which have been studied and applied in experimental sections on several roads in Spain (Aragon, Catalonia, Valencia, ...), to low-temperature mixtures for manufacturing and spreading, the so-called semi hot mixtures, on which there is also significant experience and have been included in the General Technical Specifications for Road and Bridge Works (PG-3), to recycled mixtures, also included in the General Technical Specifications for Maintenance Works (PG-4), updated in 2017 by means of Circular Order 40/2017 and in the aforementioned PG-3 and, finally, to noise-reducing mixtures of significant importance in noise-sensitive areas.

## 1. INTRODUCCIÓN

En este artículo se presentan, dentro del panorama actual de las mezclas bituminosas en España, aquellas tecnologías que, aunque aún no hayan sido demasiado utilizadas presentan un potencial importante para su aplicación en carreteras de tráfico elevado y que ya han sido probadas, aunque solo haya sido a nivel experimental.

Estas nuevas mezclas tienen en común la búsqueda de soluciones más durables, en general con mayores contenidos de betún que las actualmente utilizadas, y con mejores condiciones de textura para favorecer la adherencia del neumático con el pavimento.

Otras características buscadas son las relacionadas con el medioambiente. El aprovechamiento de residuos como el caucho procedente de neumáticos al final de su vida útil (NFVU) o el propio reciclado de los pavimentos envejecidos son otra línea de interés en el desarrollo de nuevas mezclas.

Las mezclas de baja temperatura de fabricación y extendido reducen las emisiones de CO<sub>2</sub>, ahorran combustibles fósiles, mejoran el entorno de trabajo y reducen los riesgos a la seguridad y salud de los trabajadores.

En esta línea se pueden considerar también las mezclas ultradelgadas de altas prestaciones que buscan la reha-

bilitación superficial con el máximo ahorro de materiales.

Por último, también la contaminación acústica es objeto de atención en el desarrollo de nuevas mezclas que buscan la reducción del ruido de rodadura emitido a la atmósfera.

Muy pocos de los avances conseguidos en el campo de las mezclas bituminosas habría sido posible sin el desarrollo previo y la disponibilidad de los materiales básicos que las componen, así como de los medios necesarios para su fabricación y aplicación, por lo que también se van a exponer algunos de los últimos avances en los materiales disponibles.

## 2. MATERIALES BÁSICOS

### 2.1. Betunes

Actualmente, además de los betunes tradicionales de penetración y modificados con polímeros, se dispone de una serie de betunes, tanto fabricados en central como in situ, que permiten la fabricación de las nuevas mezclas.

Los betunes multigrado tienen una menor susceptibilidad térmica, es decir son más viscosos a temperaturas elevadas que los correspondientes betunes de la misma categoría de penetración y, por tanto, presentan mayor temperatura de anillo y bola para la

misma penetración a 25°C. Esto permite su empleo con mayores garantías de resistencia a las deformaciones plásticas sin que se aumente el riesgo de fragilidad de la mezcla por un exceso de rigidez. Estos betunes se han incorporado a finales de 2014 al PG-3. Sus características están recogidas en la Tabla 211.2b del citado PG-3.

Los betunes con caucho surgen como resultado final de numerosos trabajos de investigación realizados para valorizar los neumáticos al final de su vida útil (NFVU) que constituyen un residuo de gran volumen, aunque inerte. El caucho fue uno de los primeros polímeros en experimentarse para la modificación de los betunes, por ello, entre las múltiples posibilidades de valorización, se pensó que su incorporación a las mezclas bituminosas produciría una mejora de sus características consiguiéndose así la doble ventaja de acabar con el residuo y obtener nuevas y mejoradas prestaciones. Entre los betunes con caucho se encuentran tres tipos diferentes y dos métodos de fabricación.

Los betunes mejorados con caucho son betunes que incorporan caucho en polvo procedente de neumáticos al final de su vida útil (NFVU) en proporciones tales que mejoran las características del betún de penetración de base sin llegar a las prestaciones de un betún modificado. Se les

Tabla 211.2.B. Requisitos de los betunes asfálticos duros y multigrado.

CARACTERÍSTICA		UNE-EN	UNIDAD	15/25	MG 35/50-59/69	MG 50/70-54/64
PENETRACIÓN A 25 °C		1426	0,1 mm	15-25	35/50	50/70
PUNTO DE REBLANDECIMIENTO		1427	°C	60-76	59-69	54-64
RESISTENCIA AL ENVEJECIMIENTO UNE-EN 12607-1	CAMBIO DE MASA	12607-1	%	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 0,5
	PENETRACION RETENIDA	1426	%	≥ 55	≥ 50	≥ 50
	INCREMENTO PUNTO REBLANDECIMIENTO	1427	°C	≤ 10	≤ 10	≤ 10
ÍNDICE DE PENETRACIÓN		12591 13924 Anexo A		De -1,5 a +0,7	De +0,1 a +1,5	De + 0,1 a + 1,5
PUNTO DE FRAGILIDAD FRAASS		12593	°C	TBR	≤ -8	≤ -12
PUNTO DE INFLAMACIÓN EN VASO ABIERTO		ISO 2592	°C	≥ 245	≥ 235	≥ 235
SOLUBILIDAD		12592	%	≥ 99,0	≥ 99,0	≥ 99,0

exige un valor mayor de la temperatura de anillo y bola y una cierta elasticidad medida mediante el retorno elástico.

Los betunes modificados con caucho son betunes que cumplen las prescripciones establecidas en el PG-3 para los betunes modificados con polímeros. Incorporan una mayor cantidad de polvo de NFVU que los mejorados con caucho.

Los betunes de alta viscosidad modificados con caucho son betunes con una elevada proporción de caucho, del orden del 20%, que presentan una elevada viscosidad y se emplean en mezclas especiales, como son las mezclas antirremonte de fisuras, permitiendo contenidos de betún elevados en las mezclas bituminosas, del orden del 9%, consiguiendo así mezclas más flexibles y duraderas debido al elevado porcentaje de ligante que incorporan.

Todos estos tipos de betunes con caucho se pueden fabricar en central o in situ. Cuando se fabrican en central debe cuidarse su estabilidad para lo que suele añadirseles aditivos o incluso otros polímeros con objeto de mejorar sus prestaciones y facilitar el almacenamiento.

Por otro lado, para la fabricación de las mezclas de baja temperatura

de fabricación y extendido se pueden emplear betunes especialmente diseñados que incorporan aditivos, ya sean de tipo ceras que modifican la viscosidad del betún o surfactantes que modifican la tensión superficial entre el betún y el árido posibilitando su recubrimiento a menores temperaturas. Sin ser el único procedimiento para fabricar mezclas a baja temperatura, estos betunes ofrecen la sencillez de una fabricación de la mezcla que no presenta diferencias importantes respecto a la habitual, excepto por la temperatura de calentamiento de los áridos.

Otras investigaciones sobre los betunes van en la dirección de mejorar las características de autorreparación de las mezclas bituminosas. Para ello se incorporan nanotubos de carbono que convierten las mezclas en semiconductoras lo que permite su excitación y calentamiento mediante microondas.

## 2.2. Áridos

La tendencia actual de aprovechar al máximo todos los residuos y, a su vez, conservar los materiales vírgenes, lleva también a la utilización de áridos reciclados procedentes de la misma carretera o de residuos de procesos industriales.

El fresado de las capas de mezclas bituminosas envejecidas produce un material compuesto por áridos de gran calidad y betún envejecido, materiales ambos que se pueden emplear en la fabricación de nuevas mezclas bituminosas. Dependiendo del volumen de fresado que se quiera aprovechar, o lo que es lo mismo, del porcentaje o tasa de fresado que se quiera incorporar a la nueva mezcla, será necesario una mayor o menor adaptación de las plantas existentes o incluso de nuevas instalaciones. El PG-3 actual ya considera la incorporación de hasta el 60 % sin más consideraciones que las de disponer de los medios de fabricación adecuados.

Por otro lado, las escorias de acería son un residuo de muy buenas características técnicas para su empleo en las mezclas bituminosas, excepto por su posible expansividad debida a la existencia de óxidos de calcio y magnesio libre, que puede evitarse tratándolas adecuadamente.

Existen dos tipos de escorias de acería, las de tipo LD producidas por las acerías de refinado del arrabio procedente de los altos hornos que tratan el mineral de hierro, y que sólo existen en Asturias, y las procedentes de horno de arco eléctrico que tratan la chatarra para la obtención del acero y

# Rutas Técnica

que se encuentran más repartidas por toda la geografía española.

Por último, hay intentos de utilización en las carreteras, como áridos de residuos de industrias de carácter más local como el Paval, procedente del tratamiento de las escorias salinas derivadas de la industria del aluminio, o la cerámica procedente de la industria azulejera, o como otros que tienen interés únicamente en ámbito local.

## 2.3. Aditivos y adiciones

Entre los aditivos a incluir en las mezclas, se ha investigado y existe ya amplia experiencia con el polvo de caucho procedente de NFVU utilizado por vía seca como un árido más para obtener lo que la Orden Circular 21/2007 denomina mezclas con adi-

ción de caucho, o las fibras de celulosa y otras fibras utilizadas en las mezclas con alto contenido de betún para evitar su escurrimiento y conseguir un buen comportamiento flexible de la mezcla bituminosa fabricada con ellas.

## 3. MEZCLAS BITUMINOSAS

Aparte de las mezclas tradicionales han surgido un numeroso grupo de mezclas que o bien intentan mejorar las prestaciones de las habituales o bien intentan ser más sostenibles.

### 3.1. Mezclas con caucho

Son mezclas que utilizan betunes con incorporación de polvo procedente de NFVU. Se han venido desa-

rollando en España desde finales del siglo XX, promoviéndose especialmente en los últimos 20 años a través de los Planes Nacionales de Residuos y de la propia normativa del Ministerio de Fomento.

Existen numerosas experiencias de aplicación a escala real tanto privadas como de la Administración. En la tabla 1 se presentan algunas de las realizadas por el Ministerio de Fomento. Una relación más completa de las obras realizadas incluyendo caucho en las mezclas ha sido publicada por SIGNUS.

Del seguimiento realizado a los tramos experimentales construidos en Valladolid se han obtenido los gráficos que se presentan a continuación, en los que se puede ver la evolución de diferentes parámetros a lo largo de los años.

Tabla 1

Año	Provincia	Ctra.	Experiencia	Ubicación
2004	Valladolid	VA-20	BETÚN MEJORADO CON CAUCHO, VÍA HÚMEDA	Ronda interior de Valladolid
2004	Valladolid	VA-20	BETÚN MEJORADO CON CAUCHO, VÍA HÚMEDA	Ronda interior de Valladolid
2004	Valladolid	A-6	BETÚN MODIFICADO CON CAUCHO, VÍA HÚMEDA	Medina del C. - Tordesillas
2005	Valladolid	A-6	BETÚN MODIFICADO CON CAUCHO, VÍA HÚMEDA	Tordesillas-Medina del C. CI
2005	Zamora	N-610	BETÚN MEJORADO CON CAUCHO, VÍA HÚMEDA	L.P. Valladolid-Castrogonzalo
2006	Valladolid	A-6	BETUNES MODIFICADOS DE ALTA VISCOSIDAD CON Y SIN CAUCHO	Ataquines
2006	Valladolid	N-601	BETÚN MODIFICADO DE ALTA VISCOSIDAD CON CAUCHO	Travesía de Medina de Rioseco.
2006	Valladolid	A-6	MEZCLA BITUMINOSA CON ADICION DE CAUCHO POR VÍA SECA	Variante de Tordesillas
2007	Valladolid	A-62	MEZCLA BITUMINOSA CON ADICION DE CAUCHO POR VÍA SECA	Variante de Tordesillas
2007	Palencia	A-65	BETÚN MEJORADO CON CAUCHO, VÍA HÚMEDA	Ronda Norte de Palencia
2009	Málaga	N-340	BETUNES MEJORADOS CON CAUCHO Y MODIFICADOS CON CAUCHO FABRICADOS EN CENTRAL	Málaga
2009	Málaga	N-340	BETUNES MEJORADOS CON CAUCHO Y MODIFICADOS CON CAUCHO FABRICADOS IN SITU	Málaga
2010	Orense	N-532	BETUNES MEJORADOS CON CAUCHO	Orense
2010	Valladolid	A-6	BETUNES MEJORADOS CON CAUCHO Y MODIFICADOS CON CAUCHO FABRICADOS EN CENTRAL	Tordesillas - Mota del Marqués
2011	Valladolid	A-6	BETUNES MEJORADOS CON CAUCHO IN SITU Y EN CENTRAL, Y BETUNES DE ALTA VISCOSIDAD CON NFVU	Arévalo - Medina el Campo
2012	Burgos	A-1	BETÚN MEJORADO CON CAUCHO IN SITU, VÍA HÚMEDA. RECLADO EN CALIENTE	Segovia-Valladolid

En el gráfico 1 se puede ver la evolución de los ligantes empleados en uno de los tramos experimentales desde el momento en que se diseñó la fórmula de trabajo hasta 5 años después. Si inicialmente el betún con caucho presentaba un mayor valor del punto de reblandecimiento anillo y bola, para el mismo valor de la penetración a 25°C, a los cinco años se igualan. Si bien, los valores posteriores a la puesta en obra se han obtenido sobre muestras de ligante recuperado de los testigos extraídos en cada momento, lo que puede significar una pérdida del caucho no incorporado al betún como modificador.

En el gráfico 2 se presenta la evolución del CRT del mismo tramo experimental. Se puede comprobar como todos los subtramos se comportan de idéntica forma, presentando valores muy próximos entre sí. En los gráficos 3 y 4 se presenta la evolución de la inspección visual. Ésta se realiza de acuerdo con la metodología incluida en la circular sobre Rehabilitación de Firmes del año 2002, mediante personal técnico a pie. A cada defecto encontrado se le da un valor, y para cada tramo se suman los valores de todos los defectos encontrados, de forma que cuanto más alto es el valor del tramo peor es el estado en que se encuentra.

En el gráfico 3 se puede ver cómo el subtramo con betún de penetración normal es el que se encuentra en mejor estado, si bien hay que decir que, aunque en el momento de diseño del experimento se buscó que las situaciones de partida fueran idénticas para cada uno de ellos, es probable que la situación local de cada tramo fuera distinta y que esto haya influido en el comportamiento a medio plazo de las capas experimentales.

En el gráfico 4 se presenta la evolución respecto a la inspección visual de un tramo experimental en el que se probaron un betún de alta viscosidad modificado con caucho, dos betunes de alta viscosidad modificados con polímeros y un betún modificado

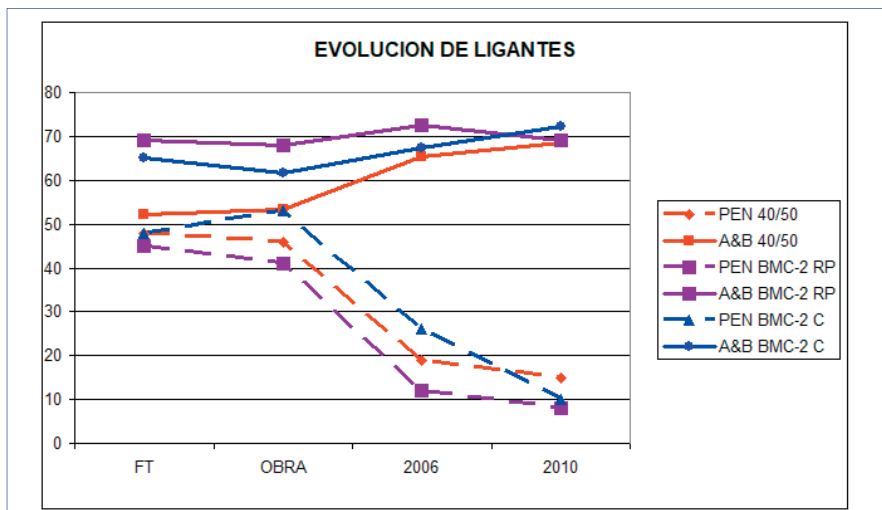


Gráfico 1.

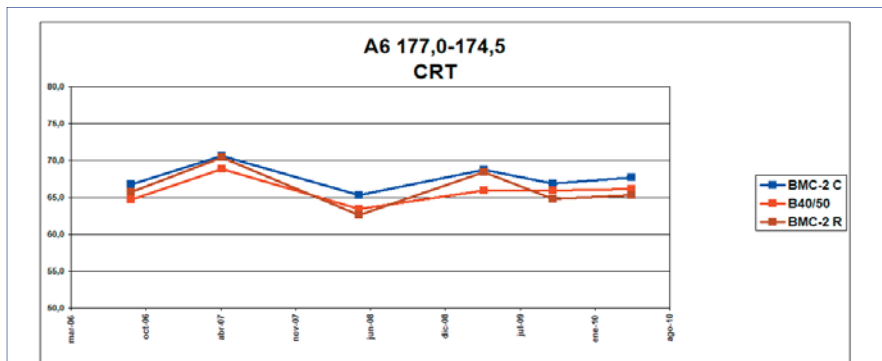


Gráfico 2.

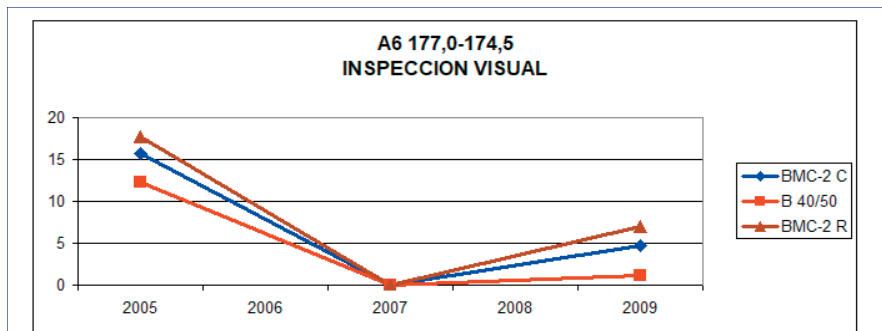


Gráfico 3.

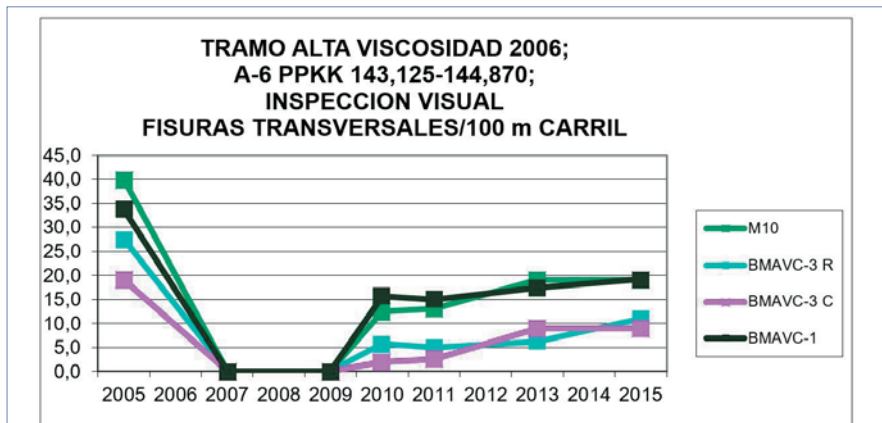


Gráfico 4.

# Rutas Técnica

con polímeros (PMB 45/80-65). Los betunes que mejor se comportaron fueron los de alta viscosidad modificados con polímeros, que son productos muy elásticos con valores de retorno elástico por encima del 75%. El betún de alta viscosidad modificado con caucho y el betún modificado con polímeros tuvieron comportamientos semejantes.

En el gráfico 5 se presentan los valores obtenidos por los diversos tramos experimentales de Valladolid en relación con el ruido de rodadura medido por el método CPX de proximidad.

Hay bastante dispersión respecto a lo previsible. Los tramos menos ruidosos son los construidos con mezclas con betunes de alta viscosidad o betunes modificados con polímeros. En un rango intermedio se incluyen capas de rodadura construidas con betunes con caucho y de penetración, mientras que en el nivel más elevado de ruido aparecen una capa fabricada con betún con caucho y otra con betún de penetración. Realmente, el ruido depende fundamentalmente del contenido de huecos y de la textura de la capa, similar en todos los tramos excepto en los menos ruidosos en los que se ha empleado una mezcla discontinua con una macrotextura negativa importante. Además, con los contenidos de caucho presentes en las fórmulas de trabajo no se puede esperar la obtención de capas menos rígidas que las habituales con betún de penetración, efecto que también podría contribuir a una menor generación de ruido debida a las vibraciones mecánicas generadas por el impacto del neumático sobre la carretera.

En relación con la incorporación de caucho a las mezclas bituminosas, en los tramos experimentales ejecutados por los autores no tenemos constancia de que mejoren su comportamiento, si bien los tramos estudiados se corresponden con situaciones locales y de poca longitud que pueden verse afectadas por sus

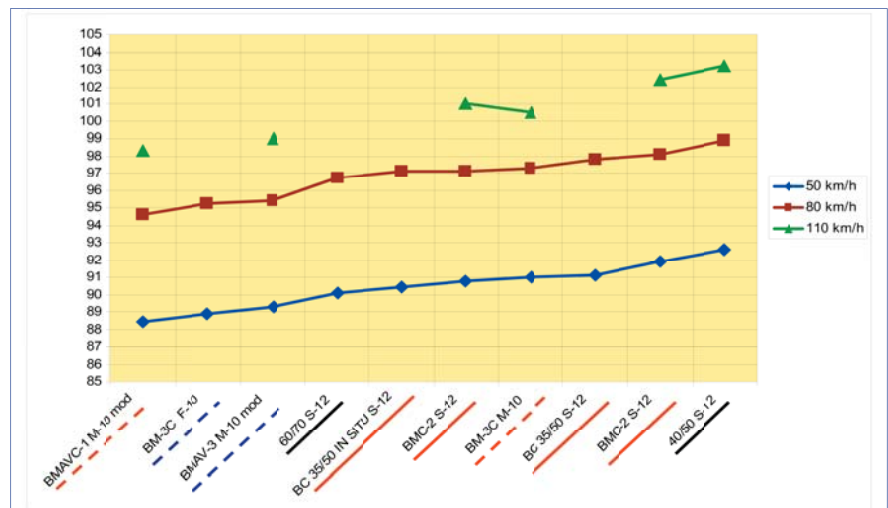


Gráfico 5.

condiciones de entorno. En los años 2010 y 2011, se realizaron dos obras de refuerzo importante en Valladolid, con más de 56 km de doble calzada, donde se probaron diversas tecnologías de mezclas con caucho y de donde se espera obtener datos estadísticos más fiables sobre su comportamiento a medio y largo plazo.

En cuanto a nuevas líneas de investigación, se están diseñando nuevas mezclas por la vía seca con incorporación de caucho en granos superiores a 1 mm y hasta 7 mm, lo que además de facilitar el uso del caucho procedente del NFVU, reduciendo su tratamiento, permitirá conseguir mezclas muy flexibles que funcione bien desde el punto de vista acústico.

### 3.2. Mezclas recicladas

El reciclado de mezclas asfálticas es una técnica de la que se dispone de normativa en el Artículo 22 del vigente PG-4 actualizado mediante la Orden Circular 40/2017 y de la que se han realizado bastantes experiencias en obras importantes de rehabilitación. Además, en el artículo 542 del PG-3 se ha considerado la incorporación de material procedente del fresado de mezclas bituminosas y se indican las condiciones en que puede hacerse.

En la tabla 2 se presentan las posibilidades de uso de las distintas técnicas de rehabilitación.

En la tabla 3 se presentan la mayoría de las realizaciones de obra de reciclado en la Red de Carreteras del Estado.

De acuerdo con el Artículo 542 del vigente PG-3, se pueden considerar 3 tipos distintos de tasas de reciclado, que son las siguientes:

- BAJA, cuando la tasa es < 15% y que se regula por lo establecido en el citado Artículo.
- MEDIA, cuando la tasa es > 15% e inferior al 60%, que se regula mediante el Artículo 22 del PG-4.
- ALTA, cuando la tasa es > 60%. En este caso será preceptiva la autorización expresa de la D.G. de Carreteras y se deberá realizar un estudio específico en el Proyecto.

En relación con el material fresado (RAP) a incorporar a las mezclas bituminosas hay que tener en cuenta el tipo de fracturación para conseguir granulometrías con el menor porcentaje de finos posible y sin rotura de los áridos; el tipo de capas fresadas, intentando reducir al mínimo el fresado de capas que incorporan lechadas o microaglomerado en frío y evitando completamente aquellas que hayan sufrido deformaciones plásticas; la granulometría de los acopios rechazando los tamaños superiores a 25 mm y, en la mayor parte de los casos separando el pasa por el tamiz 25 en dos tamaños, fino y grueso; y, por último, hay que controlar la humedad, por lo que si el material se va a acopiar



Tabla 2.

Tráfico	UBICACIÓN	TÉCNICAS DE RECICLADO		
		RECICLADO EN CALIENTE EN CENTRAL	RECICLADO EN FRIO	
			EMULSION	CEMENTO
T00	CALZADA	En reposición + 10 cm de recrecido con MB(542-543 PG-3) en doble capa	NO	NO
	ARCEN	SI	SI	NO
T0	CALZADA	En reposición + 8 cm de recrecido con MB(542-543 PG-3) en doble capa	NO	NO
	ARCEN	SI	SI	
T1	CALZADA	En reposición + 5 cm de recrecido con MB(542 PG-3) capa única (8 cm en dos capas si es preceptivo incluir una capa de rodadura drenante o discontinua (543 PG-3))	En reposición + 8 cm de recrecido con MB (542-543 PG-3) en doble capa	Se podrá utilizar recreciendo con MBC (542-543 PG-3) según criterio 6.3 o 6.1.IC según tipo de obra o reciclado a realizar
	ARCEN	SI	SI	
T2	CALZADA	En reposición + 5 cm de recrecido con MB (542 PG-3 o 22.3 PG-4) en capa única. En caso de colocarse una capa de rodadura con MB(543 PG-3) el espesor total será como mínimo de 8 cm en dos capas.	En reposición + 5 cm de recrecido con MB(542 PG-3) en capa única	Se podrá utilizar recreciendo con MBC (542-543 PG-3) según criterio 6.3 o 6.1.IC según tipo de obra o reciclado a realizar
	ARCEN	SI	SI	
T3/T4	CALZADA	SI + Capa de MB (542 PG-3 o 22.3 PG-4) o microaglomerado en frío		
	ARCEN	SI		

Tabla 3.

Año	Provincia	Ctra.	Experiencia	Ubicación
1995	Zamora	N-525	RECICLADO IN SITU EN CALIENTE	Mombuey - Padornelo
1995	Cáceres	N-630	RECICLADO IN SITU CON CEMENTO	L.P. Salamanca - Cañaverall
1995	Cáceres	N-630	RECICLADO IN SITU CON EMULSIÓN	Cañaverall Sur – Cáceres
2000	Cáceres	N-V	RECICLADO IN SITU CON EMULSIÓN	Navalmoral de la Mata
2003	Palencia	N-120	RECICLADO IN SITU CON EMULSIÓN	Osorno-L.P. León
2006	Cáceres	N-110	RECICLADO IN SITU CON EMULSIÓN Y 0,5 % DE CEMENTO	LP Ávila - Navaconcejo
2008	Cáceres	A-5	RECICLADO EN CALIENTE DE ALTA TASA	L.P. Toledo-Almaraz (Cáceres)
2010	Teruel	N-211	RECICLADO IN SITU CON EMULSIÓN	Caminreal-Castel de Cabra
2011	Cáceres	N-521	RECICLADO EN CALIENTE DE TASA MEDIA	Cáceres- Malpartida
2012	Burgos	A-1	BETÚN MEJORADO CON CAUCHO IN SITU, VÍA HÚMEDA. RECICLADO EN CALIENTE	Segovia-Valladolid
2015	Valladolid	A-62	RECICLADO EN CALIENTE TASAS MEDIA Y BAJA	Valladolid - Tordesillas

# Rutas Técnica

antes de su incorporación a la mezcla debe protegerse de la lluvia.

El betún de aportación debe compensar la dureza del betún incorporado por el RAP, por lo que debe ser más blando de lo habitual o, en función de la tasa de reciclado, incorporar rejuvenecedores.

Se pueden utilizar las plantas habituales, tanto continuas como discontinuas con las debidas precauciones. En cualquier caso, debe evitarse el contacto directo del RAP con la llama del quemador. Existen diversos tipos de plantas continuas, algunas específicas como las de doble tambor en las que el material se incorpora al anillo exterior entre el tambor interior en contacto con la llama y el exterior. Existen también otras disposiciones con mezclador independiente o con incorporación del RAP en zonas alejadas de la llama. En las plantas discontinuas, para tasas bajas, el RAP se puede incorporar directamente al mezclador, aumentando los tiempos de mezcla para permitir la transferencia de calor al RAP. Para tasas por encima del 15 % e inferiores al 30 % se debe dosificar el RAP separándolo en dos tamaños para evitar la incorporación de un exceso de finos. Cuando la tasa se eleva por encima del 30 %, la planta debe disponer de dos tambores/secadores, uno para el árido virgen y otro para el RAP. En este último la fracción fina del RAP se incorpora en una zona adelantada respecto del quemador y alejado de éste.

En cualquier caso, se debe tener en cuenta la temperatura a la que hay que

calentar el árido virgen para obtener la temperatura final del árido combinado y los tiempos de amasado para que se realice completamente la transferencia de calor entre el árido y el RAP.

Otra opción es el reciclado in situ con emulsión, que es una buena solución para carreteras de tráfico ligero, extendiendo encima una capa de rodadura. El proceso es rápido. El equipo fresa la mezcla existente, la mezcla con la emulsión y la extiende. Hay que tener cuidado con el fresado de la capa existente ya que a veces se producen trozos de gran tamaño que hay que eliminar. También es necesario dejar la capa sin cubrir durante un tiempo para permitir su curado. En caso de que haya que dar paso al tráfico se debe extender un riego con grava como protección del reciclado y procurar evitar que el tráfico se canalice por las mismas zonas de rodada fin de evitar deformaciones prematuras.

El aprovechamiento del material fresado en tasa baja en las nuevas capas de mezcla bituminosa debería realizarse de manera sistemática en todas las obras, pues no conlleva ninguna precaución extraordinaria. Las tasas medias deberían contemplarse en todas las obras de rehabilitación en que se vayan a fresar las capas existentes. Para las tasas altas se debe disponer de medios excepcionales y realizar un estudio especial del Proyecto, necesiándose en la Red de Carreteras del Estado una autorización expresa de la Dirección General de Carreteras.

Entre las nuevas líneas de investigación en este campo se encuentran

las mezclas templadas fabricadas con emulsión de alta tasa, la utilización de betunes con caucho en mezclas recicladas o la fabricación de mezclas SMA con incorporación de RAP.

### 3.3. Mezclas semicalientes

Mezclas semicalientes son aquellas que permite reducir la temperatura de fabricación en, al menos, 40°C. Se encuentran normalizadas en la última revisión de los Artículos 542 y 543 del vigente PG-3.

La fabricación de mezclas semicalientes se puede realizar con diversos procedimientos entre los que se encuentran la incorporación al ligante de aditivos orgánicos (ceras, amidas, etc.) que modifican la viscosidad del ligante, la incorporación de aditivos químicos (surfactantes) que mejoran las características tensoactivas del ligante aumentando su capacidad para mojar los áridos y no modifican la reología del ligante, y la espumación del betún, bien de forma directa añadiéndole agua, bien mediante la incorporación del agua a través de la humedad de sus áridos componentes.

La utilización de mezclas semicalientes proporciona mejoras de varios tipos: medioambientales como son el ahorro de combustibles fósiles y la reducción de la emisiones de CO<sub>2</sub>, económicas por el ahorro de combustibles, laborales al mejorar el ambiente de trabajo al reducir las temperaturas de la mezcla, y técnicas en cuanto al menor envejecimiento del betún y la obtención de periodos de trabajabili-

Tabla 4.

Año	Provincia	Ctra.	Experiencia	Ubicación
2007	Málaga	N-331	MEZCLA SEMICALIENTE (aditivado)	Málaga
2008	Palencia	A-67	MEZCLA SEMICALIENTE (aditivado)	Alar del Rey
2010	Tarragona	N-240	MEZCLA SEMICALIENTE (aditivado)	Gandesa
2011	Segovia	N-110	MEZCLA TEMPLADA FABRICADA EN PLANTA ESPUMANDO EL BETÚN CON EL AGUA DE LAS ARENAS	Ayllón
2012	Burgos	A-1	MEZCLA RECICLADA TEMPLADA DE TASA TOTAL (emulsión)	Lerma

dad más largos con menores pérdidas de temperatura en el transporte y extendido.

En la tabla 4 se presentan las obras experimentales de mezclas semicalientes realizadas en la Red de Carreteras del Estado.

Las mezclas semicalientes son técnicamente comparables a las mismas mezclas en caliente establecidas en el PG-3. En el caso de utilizar aditivos orgánicos, como las ceras, se modifica la reología del betún obteniéndose ligantes con índices de penetración mayor de 1. Estas mezclas son más rígidas a bajas temperaturas, lo que se debe tener en cuenta respecto a su comportamiento en zonas frías.

Las plantas no precisan grandes adaptaciones, excepto en el caso de la espumación del ligante mediante la adición directa de agua para lo que hay que incorporar un equipo de espumación previamente a la incorporación del betún al mezclador.

Al ser las temperaturas de calentamiento de los áridos más bajas hay que tener en cuenta el mantenimiento del tiro en los quemadores para eliminar el polvo de los áridos, lo que en general no crea problemas.

Los procesos de transporte, extendido y compactación no se modifican, si bien, al ser menor la temperatura de la mezcla, las pérdidas durante el transporte también son menores y se

reduce la heterogeneidad térmica. La compactación debe realizarse para cada tipo de mezcla dentro del rango establecido, especialmente si se utilizan aditivos orgánicos.

### 3.4. Mezclas templadas

Mezclas templadas son aquellas que se fabrican y ponen en obra temperatura inferior a los 100° C. Si el ligante se utiliza en forma de emulsión, esta debe calentarse a 60 – 70 °C para evitar el choque térmico con los áridos. Las mezclas templadas no están actualmente recogidas en el PG-3.

Su fabricación puede realizarse mediante la espumación de betún o con emulsión. Se utilizan plantas específicas para ellas de tipo continuo o, en otro caso, deben adaptarse las plantas en caliente.

Se pueden fabricar mezclas templadas con emulsión con tasa de reciclado del 100%. Se han realizado algunas obras de este tipo, en forma experimental, con muy buenos resultados. En principio son mezclas destinadas a carreteras de bajo tráfico.

### 3.5. Mezclas SMA

Las mezclas SMA, normalizadas en la norma europea UNE EN 13108-5, son mezclas discontinuas con una mayor proporción de árido grueso y

un alto porcentaje de filler, elevados contenidos de betún y la incorporación de aditivos tipo fibra de celulosa para evitar el escurrimiento del ligante.

Se ha realizado en España un proyecto de investigación financiado por el CDTI, que aglutina a empresas privadas y organismos públicos de investigación, sobre el desarrollo de las mezclas SMA que se puede consultar en la página web [www.proyectosma.eu](http://www.proyectosma.eu).

Si se comparan estas mezclas con las del tipo BBTM habitualmente utilizadas en España, se puede apreciar que son parecidas a las del tipo A, con un mayor porcentaje de gruesos y un porcentaje similar de polvo mineral.

Este proyecto ha redactado una propuesta de norma de la que se han obtenido los datos que se consignan a continuación.

En los gráficos 6 y 7 se presentan los husos comparativos de estas mezclas de acuerdo con la propuesta normativa del proyecto SMA.

En las tablas 5 y 6 se presentan las características de estas mezclas SMA y su comparación con las mezclas tipo BBTM prescritas en el Artículo 543 del vigente PG-3.

El importante esqueleto mineral confiere a estas mezclas una elevada estabilidad y resistencia a las deformaciones plásticas. Al incorporar un elevado contenido de betún, el

Tabla 5.

		BBTM-A 11	BBTM-B 11	PROPUESTA PLIEGO SMA-11
LIGANTE MÍNIMO %		5,2	4,75	5,8
HUECOS MEZCLA %	MÍNIMO	≥ 4	12	4
	MÁXIMO		18	6
ESCURRIMIENTO	MÁXIMO			< 0,3
SENSIBILIDAD AL AGUA %		≥ 90		≥ 90
DEFORMACIONES PLÁSTICAS	WTS	≤ 0,07 (T00-T2)		≤ 0,07 (T00-T1)
	PRDAIR			
ESPELOR DE CAPA		2,0 - 3,0		3,0 - 5,0

Tabla 6.

TIPO DE CAPA	TIPO DE MEZCLA	ESPESOR (CM)	CONTENIDO MÍNIMO DE LIGANTE, %/SM
RODADURA	SMA 8	2-4	5,8
RODADURA	SMA 11	3-5	5,6
	SMA 16	4-8	5,6
INTERMEDIA	SMA 16	5-9	5,4

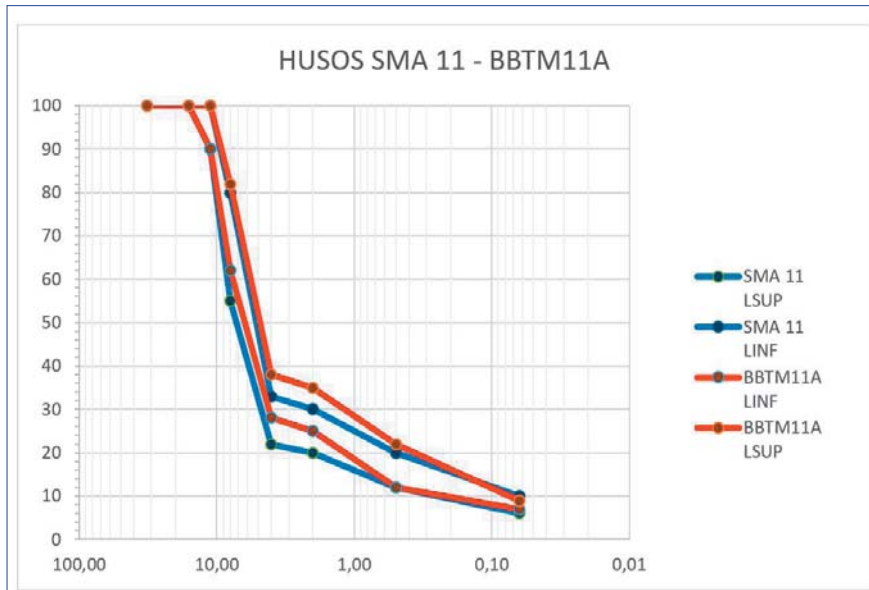


Gráfico 6.

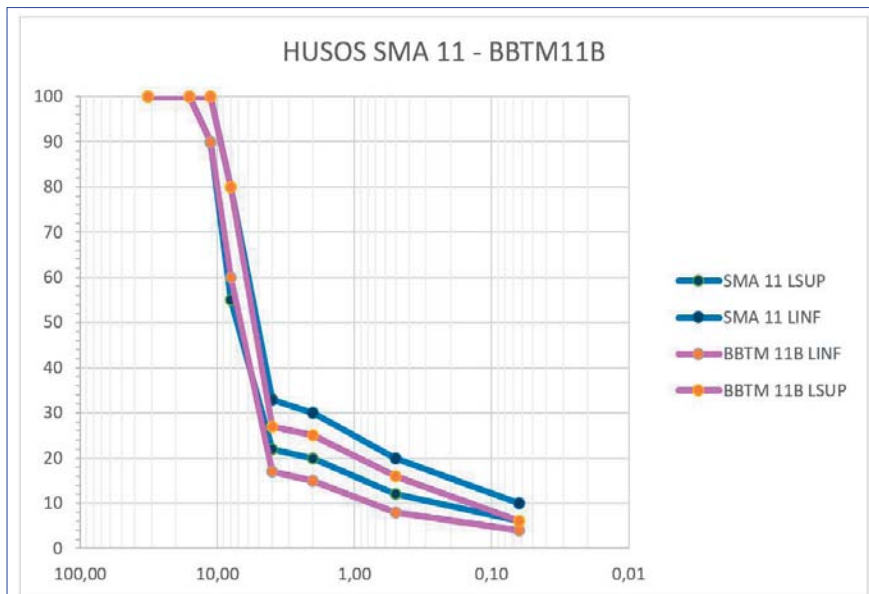


Gráfico 7.

contenido de huecos es bajo y la película de ligante que cubre el árido es gruesa lo que favorece su resistencia al agua, aunque puede tener efectos negativos sobre la resistencia al deslizamiento en los primeros momentos

después de su extendido. Las fibras permiten la incorporación de contenidos de ligante elevados sin que se produzca escurrimiento. Por los mismos motivos anteriores la resistencia a fatiga es alta, con valores de  $\epsilon_6$  del

orden de 200  $\mu$ def, así como la resistencia a la progresión de las fisuras. Además, se consiguen macrotexturas elevadas lo que proporciona una buena resistencia al deslizamiento y una buena drenabilidad superficial del agua.

### 3.6. Mezclas ultradelgadas

Las mezclas ultradelgadas son aquellas que se extienden en espesores de 10 a 20 mm, están formadas por una curva granulométrica generalmente discontinua que proporciona un contacto directo árido - árido que le confiere una textura abierta.

Este tipo de mezclas bituminosas están ya prescritas en una norma europea, dentro de la serie 13108, bajo la denominación EN 13108-9:2016, denominada en Europa: Asphalt for Ultra Thin Layer (AUTL).

Son capas monogranulares con tamaño máximo de 5,6 mm que contienen un alto porcentaje de betún, entre el 5-7 % y generalmente adición de fibras.

Se consigue una buena macrotextura negativa, entre 0,8 y 1,2 mm, que proporciona valores de CRT del orden de 80 cuando, además, se utilizan áridos de elevado CPA.

Los mayores problemas que pueden presentar estas mezclas son la falta de adherencia al soporte y la regularidad superficial de la capa de apoyo. Para garantizar la adherencia con el soporte se utilizan, en todo caso para el riego de adherencia, emulsiones muy modificadas e incluso extendedoras con aplicación simultánea del riego.

La regularidad de la capa soporte es necesaria dado que el escaso espesor de la capa ultradelgada no es capaz de corregir los defectos de irregularidad existentes.

En nuestro país, este tipo de capas se han utilizado en diversas obras por varias zonas de España (Aragón, Cataluña, País Valenciano, ...), hasta ahora con buenos resultados.

Estas mezclas pueden ser útiles en la extensión de capas delgadas para la rehabilitación superficial de capas de rodadura, especialmente en casos en que sea necesaria la recuperación del CRT o cuando existan limitaciones de gálibo que aconsejen reducir al máximo el espesor de las capas de recrecido.

### 3.7. Mezclas sonorreductoras

Mezclas sonorreductoras son aquellas que ayudan a reducir el ruido de rodadura producido por los vehículos.

De acuerdo con la definición de SANDBERG Y EJSMONT, un pavimento silencioso es aquel que, al interactuar con un neumático, influye en el ruido de rodadura de tal forma que se produce una reducción de al menos 3 dB con relación al ruido generado sobre un pavimento convencional.

Se consideran tres fuentes de ruido debido a la circulación de los vehículos:

- Los ruidos debidos a los fenómenos aerodinámicos, que son aquellos que se generan por el movimiento del vehículo dentro de un fluido como es el aire.
- Los ruidos mecánicos debidos al motor, escape y otros de los vehículos.
- El ruido de rodadura generado por el contacto entre el neumático y el pavimento.

A bajas velocidades predomina el ruido mecánico, mientras que a altas velocidades predominan los otros dos.

El ruido aerodinámico depende de la forma de la carrocería del vehículo y es influyente a velocidades muy altas.

Por último, el ruido de rodadura, que es el predominante a partir de 50-60 km/h, se genera por tres fenómenos diferentes:

- Las vibraciones mecánicas debidas al impacto del neumático sobre la carretera, con emisiones dentro del rango de bajas frecuencias entre 300 Hz y 2 kHz.
- Las vibraciones debidas a los fenómenos aerodinámicos producidos por el movimiento del aire en el contacto entre neumático y pavimento, con emisiones en el rango de las frecuencias medias entre 1kHz a 3 kHz.
- Las vibraciones debidas a los fenómenos de adherencia y deslizamiento del neumático sobre el pavimento.

Existe, además, un efecto de amplificación del sonido por reflexión contra las superficies del pavimento y del neumático en la zona próxima al contacto entre ambos, denominado efecto diedro, y ligado, por tanto, a su geometría.

A estos fenómenos de generación de ruido se contraponen la posible absorción sonora del pavimento que depende de la porosidad, la resistencia al paso del aire o permeabilidad y la tortuosidad, así como del espesor de capa.

Un factor que puede reducir la emisión de ruido es la elasticidad del pavimento. Existen diversos estudios que afirman que los pavimentos rígidos generan un mayor ruido que los pavimentos flexibles y, así, es de esperar que pavimentos mucho más elásticos como aquellos que contengan una gran cantidad de elastómeros o los que incorporan caucho por vía seca con tamaños de grano superiores a 1 mm, puedan reducir el ruido al absorber por deformación de su superficie parte de la energía de las ondas incidentes.

Entre las mezclas sonorreductoras de las que podemos disponer actualmente se encuentran:

- Las mezclas drenantes, cuya capacidad de reducción del ruido de rodadura emitido depende del porcentaje de huecos, el espesor y el tamaño máximo del árido. Estas mezclas se pueden disponer en capa simple o doble, en cuyo caso la capa superior es la de menor tamaño máximo, consiguiéndose un mayor efecto de reducción con la capa doble.
- Las mezclas discontinuas cuya capacidad de reducción del ruido obedece a la importante macrotextura negativa.
- Las mezclas SMA por el mismo efecto que las discontinuas
- Las mezclas poroelásticas, aún en fase experimental, que deberían su efecto sobre la reducción de ruido a la absorción de energía por deformación de la capa.

## 4. CONCLUSIONES

Existe una gran diversidad de posibilidades en cuanto a las mezclas bituminosas a emplear en la construcción de carreteras.

Las mezclas a utilizar en cada caso dependerán de los objetivos a satisfacer, la capa en que se encuentren y de las condiciones de entorno y medios disponibles.

En cualquier caso, siempre se deberá aplicar la solución más sostenible económica, técnica y socialmente, entre las posibles que cumplan las condiciones requeridas.

El reciclado en caliente es una realidad incontestable. La incorporación de fresado a las mezclas bituminosas en caliente debería ser sistemática en proporciones por debajo del 15%. Para proporciones de hasta el 25 % no debería haber ningún problema sobre su incorporación a las mezclas bituminosas en caliente con los estudios previos necesarios. Por encima de esta tasa la necesidad de medios específicos

puede afectar a la generalización de su uso.

El reciclado en frío con emulsión puede ser, ya actualmente, una solución económica y ventajosa para carreteras de bajo tráfico.

Las mezclas de baja temperatura de fabricación y extendido son otra realidad que debería implantarse por razones medioambientales y de mejora de las condiciones de trabajo de los operarios.

En cuanto a las mezclas SMA y las mezclas ultradelgadas existen ya numerosas experiencias que auguran su buen comportamiento. Se deberían experimentar aún más para extender su uso.

Las mezclas SMA compiten por el espacio de las mezclas discontinuas, si bien son más caras al incorporar más betún y aditivos. Deberían demostrar que su durabilidad, no solo ligada a los fenómenos de fatiga, compensa este mayor gasto.

Las mezclas ultradelgadas compiten con los microaglomerados en frío a los que casi doblan en precio. Aunque son claramente ventajosas desde el punto de la emisión de ruido, igualmente deberían demostrar que su durabilidad compensa el mayor gasto.

Las mezclas sonoreductoras son una necesidad en entornos urbanos y áreas sensibles al ruido. Deberían considerarse al diseñar en estas zonas.

## 5. AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer al Comité de Firms de la Asociación Técnica de Carreteras, y en especial a su presidente, sus acertados comentarios al texto del artículo que, sin duda, han servido para mejorarlo tanto en su forma como en su contenido.

## 6. BIBLIOGRAFIA

[1] Ministerio de Fomento. Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de Carreteras y Puentes. PG-3"

[2] Dirección General de Carreteras. "Curso de firmes". Varios autores. Edición 2015

[3] Payán de Tejada, FJ "Innovación y desarrollo de las mezclas asfálticas en la Red de Carreteras del Estado". Revista Carreteras, nº extraordinario CILA, nov 2013.

[4] Navas Gómez; Espinosa Capella, JL "Evaluación y análisis de obras ejecutadas con áridos procedentes del sector azulejero" IX Jornada Nacional ASEFMA. 2014

[5] Barral, m et al. "Ecomezclas bituminosas y de base cemento para la ejecución de firmes de carreteras a partir de materiales alternativos. Proyecto EFCAR." X Jornada Nacional ASEFMA. 2015

[6] Navarro, JA; Vírseda, L.; Ruiz, A. "Estudios sobre áridos a emplear en capas de rodadura en la Diputación Foral de Gipuzkoa" I Congreso Multisectorial de la Carretera. 2015

[7] Colás, Ma M.; Pérez, I; Gelpí, A; "Última generación de polvo de neumáticos fuera de uso para pavimentos de alto rendimiento: proyecto powder road." X Jornada Nacional ASEFMA. 2015

[8] Pérez, i et al "Mezclas asfálticas con betunes modificados con nanotubos de carbono. Diseño y propiedades" X Jornada Nacional ASEFMA. 2015

[9] Payán de Tejada, FJ ""Experiencias de la Administración del Estado con las mezclas bituminosas con polvo de neumático". Jornada Técnica "Mezclas bituminosas con polvo de neumático" Valladolid, 2015

[10] Del Cerro, J. "Mezclas bituminosas en caliente. Experiencias realizadas en la Red de Carreteras del Estado. Provincia de Málaga" VIII Congreso Nacional de Firms

[11] Güell, A et al "Mezclas semicalientes con betunes de baja temperatura de fabricación y extendido. Experiencias realizadas" III Jornada Técnica ASEFMA. 2008

[12] Péra, V et al "Ejecución de una obra a elevada distancia y condiciones

adversas aplicando tecnología de baja temperatura" IX Jornada Nacional ASEFMA. 2014

[13] Pérez Mena, V, et al. "Betún mejorado con caucho de NFU para mezclas de alto módulo" IX Jornada Nacional ASEFMA. 2014

[14] Soto, J.A. et al. "Puesta en obra de una mezcla semicaliente en la N-420 a la altura de Gandesa (Tarragona)." V Jornada Nacional de ASEFMA. 2010F

[15] López, J.R. et al. "Mezclas bituminosas recicladas semicalientes con espuma de betún" X Jornada ASEFMA. 2010

[16] Costa, A et al. "Mezclas SMA (Stone Mastic Asphalt), sostenibles y medioambientalmente amigables" IX Jornada Nacional de ASEFMA. 2014

[17] Rubio, B et al. "Tramo de ensayo a escala real con mezclas bituminosas en caliente de la familia SMA (Norma UNE EN 13108-5)" VII Jornada Nacional ASEFMA. 2012

[18] Rubio, B. et al. "Diseño de mezclas SMA, como capa de rodadura e intermedia para su empleo en España". VII Jornada Nacional ASEFMA. 2012

[19] Pérez, F et al. "El comportamiento a fisuración y por fatiga de las mezclas SMA" VII Jornada Nacional de ASEFMA. 2012

[20] López, JR, et al. "Nuevas mezclas bituminosas ultradelgadas". X Jornada Nacional ASEFMA. 2015

[21] Encarnación, E et al "Experiencia en mezclas fonoabsorbentes" IX Jornada Nacional ASEFMA. 2014

[22] Costa, A "Una mirada hacia el futuro de las mezclas bituminosas" Semana de la Ingeniería de Caminos en Madrid 2015

[23] ASEFMA "Monografía nº 3: Reducción del Ruido Ambiental en Origen. La contribución del sector de las Mezclas Asfálticas"

[24] De León Alonso, L.A. et al. "20 años de mezclas asfálticas con polvo de neumático en las carreteras españolas" SIGNUS ECOVALOR. 2018. ❖

# Análisis geométrico y operacional de las curvas de bajo ángulo de deflexión



Geometric and operational analyses of low-deflection curves

## José Luis Ulpiano Cogollos

Personal Investigador,  
Grupo de Investigación en Ingeniería de Carreteras (GIIIC),  
Universitat Politècnica de València

## Francisco Javier Camacho-Torregrosa

Profesor Contratado Doctor,  
GIIIC, Universitat Politècnica de València

## Alfredo García García

Catedrático,  
GIIIC, Universitat Politècnica de València

En la presente investigación se pretende analizar la adecuación del diseño de curvas de bajo ángulo de deflexión en el diseño geométrico, abordando dicho estudio desde dos perspectivas: necesidad geométrica y operacional, y percepción por parte de los usuarios. Igualmente, serán analizadas las características de este tipo de curvas dentro de la red de carreteras española.

El primer análisis será realizado contrastando los diferentes requisitos que la Instrucción de Carreteras 3.1-IC impone para el diseño de curvas en planta, determinando qué opciones geométricas son imposibles, así como las implicaciones operacionales (no perceptuales) de los diseños permitidos y no permitidos. Dentro de este contraste se abordará también el análisis de la ratio de curvas que actualmente cumplen la Instrucción de Trazado, analizando una muestra de 354 curvas de bajo ángulo de deflexión en toda la geografía española.

Con el objetivo de analizar la percepción de los usuarios respecto de estas curvas, esto es, determinar científicamente qué configuraciones son más proclives a generar confusiones y, por lo tanto, deben evitarse, se procede al planteamiento de una encuesta a un grupo de usuarios. Esta segunda parte del estudio no está contemplada en el presente artículo, si bien los resultados de la primera sirven de base para su planteamiento.

This research focuses on the adequacy of low-deflection curves to Spanish guidelines. This analysis is performed from two different perspectives: geometry and operation, as well as driver perception. The prevalence and characteristics of these kind of curves within the Spanish road network will also be examined.

The first analysis will be done by comparing the different requisites for horizontal curves by the Spanish Standards. This analysis will show some geometric combinations that are not possible, as well as the operational implications of some design combinations within and beyond guidelines. In addition, a sample of 354 low-deflection horizontal curves distributed across the Spanish road network will be analyzed, to determine to what extent guidelines are met.

Despite geometric and operational compatibility of new solutions to low-deflection curves, an adequate driver perception must be fulfilled. An online survey will be used to gather driver feedback on a series of preselected curves, hence determining which combinations are more likely to induce erratic maneuvers and therefore must be avoided. While this second part of the research is not covered here, the curve sampling has been set based on these geometric and operational conclusions.

## 1. INTRODUCCIÓN

Según la vigente Instrucción de Trazado 3.1-IC (2016), el diseño geométrico en planta de carreteras se realiza mediante la combinación de tres tipos de elementos geométricos: rectas (curvatura nula), curvas circulares (curvatura constante), y clotoides (variación lineal de la curvatura respecto de su desarrollo). Estos tipos de elementos se combinan para generar un eje en planta que garantice condiciones de seguridad y confort.

Dentro de estos elementos, las rectas no producen aceleración transversal sobre los vehículos, mientras que las curvas circulares generan una aceleración transversal constante (siempre y cuando sea constante la velocidad de recorrido). Con el objetivo de controlar y laminar los saltos de aceleración transversal entre unas y otras se disponen curvas de transición, que en la Instrucción se materializan mediante clotoides. Estas clotoides presentan una variación lineal de la curvatura conforme a su desarrollo, suponiendo, por lo tanto, una transición lineal de aceleración centrífuga entre elementos geométricos de curvatura constante, si se mantiene la velocidad.

Así pues, la Instrucción de Trazado 3.1-IC establece que, como norma general y práctica más extendida, las curvas aisladas (esto es, entre dos alineaciones rectas), deben ser de Tipo I, compuestas por una curva circular entre dos clotoides simétricas. Estas clotoides deben presentar una longitud mínima, de tal forma que se garantice unas variaciones confortables de aceleración transversal (Criterio I) y de peralte (Criterio II).

Además de las limitaciones por aceleración transversal y transición del peralte, existen otros condicionantes de índole perceptual en el diseño de las curvas de transición. De hecho, el Criterio III.1 de la Instrucción establece que la variación de azimut entre los extremos de una clotoide debe ser mayor o igual

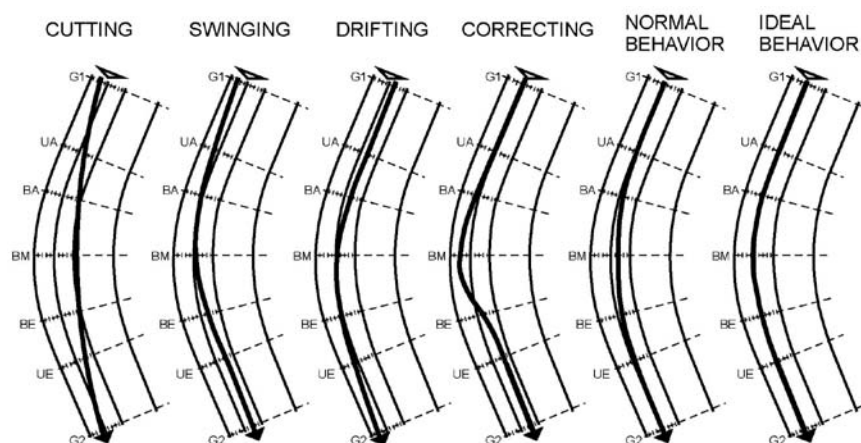


Figura 1. Clasificación de maniobras en curvas, propuesta por Spacek (2005)

a un dieciochoavo de radián (esto es,  $\tau_{III,1} \geq 3.54^{\circ}$ ). El criterio III.2 implica que el retranqueo de la curva circular debe ser mayor o igual que 50 cm. Existe un criterio III.3, que supone que cada clotoide debe abarcar, como mínimo, una quinta parte del ángulo total de giro de la curva, aunque se trata de un criterio recomendable y no obligatorio.

Si bien la curva Tipo I es la más utilizada en la Instrucción, existen tres salvedades para las que se permite (o se exige) el diseño de una curva Tipo III, esto es, curva circular sin clotoides:

1. Curva circular de radio superior a 2500 m (en carreteras del Grupo 3), o superior a 5000 m (en carreteras de los Grupos 1 y 2). En este caso, la aceleración centrífuga es tan reducida que el salto de aceleración transversal es despreciable y puede realizarse sin transición.
2. Velocidades inferiores a 40 km/h (como trazados urbanos). En este caso, el salto de aceleración transversal es igualmente de muy poca entidad, no necesitando curvas de transición.
3. Curvas de bajo ángulo de deflexión. Cuando el ángulo entre las alineaciones rectas confluyentes es inferior a seis gonios, la Instrucción exige disponer una única curva circular, sin clotoides, limitando su desarrollo mínimo (y por tanto estableciendo un radio mínimo).

Precisamente, las curvas de bajo ángulo de deflexión suponen una problemática diferente al de las curvas de mayor ángulo. Al calcularse su longitud como el producto entre dicho ángulo (expresado en radianes) y el radio, un valor moderado del radio conducirá a desarrollos de la curva reducidos. Esto puede tener como consecuencia la percepción de un codo óptico, pudiendo generar maniobras erráticas por parte de los conductores en su aproximación. Por ello, gran parte de normativas dimensionan estas curvas a partir de su desarrollo mínimo.

Algunos autores han estudiado las maniobras realizadas por los conductores al recorrer curvas en planta. Spacek (2005) propuso una clasificación para los tipos de trayectorias más habituales. Algunos de estos tipos de trayectorias pueden considerarse voluntarios (por ejemplo, un recorte de curva trazando un radio más suave que el real), y otras de acción correctiva (generalmente tras una mala percepción, ya sea antes o dentro de la curva). La clasificación propuesta por este autor puede verse en la Figura 1.

Esta clasificación ha sido recientemente ampliada por Mauriello et al. (2018). En su estudio, analizaron en simulador de conducción 2000 trazadas en curvas en planta de diferentes radios (si bien con un ángulo de deflexión constante de 50 gon). Clasificaron el total de trayectorias en seis tipos, pero agregaron una clasifi-



cación de segundo orden, generando un total de 21 subtipos. Tanto el radio como el sentido de giro de la curva fueron factores influyentes en la elección del tipo de maniobra.

## 2. OBJETIVOS

El Grupo de Investigación en Ingeniería de Carreteras (GIIC), de la Universitat Politècnica de València, desarrolló entre los años 2014 y 2016 el proyecto de investigación CASEFU - "Estudio experimental de la funcionalidad y seguridad de las carreteras convencionales" (referencia TRA2013-42578-P). Dentro de sus objetivos, se encuentra el análisis de la geometría de las curvas de bajo ángulo de deflexión, así como su percepción y los efectos operacionales asociados. Este estudio cubre los siguientes cinco ámbitos:

- Análisis geométrico de las curvas de reducido ángulo de deflexión (esto es, las curvas de 20 gonios o menos, entre las que se encuentran las de bajo ángulo de deflexión).
- Análisis de los factores operacionales relacionados con las anteriores curvas.
- Muestreo de curvas en la red de carreteras en España, y determinación del grado de cumplimiento de la Instrucción.
- Análisis perceptual de dichas curvas, con el objetivo de determinar qué configuraciones pueden ser el origen de maniobras erráticas.
- Caracterización operacional de los conductores en determinadas curvas de bajo ángulo, propuesta de medidas de bajo coste y reevaluación operacional tras su implantación.

En el presente artículo se cubren los tres primeros aspectos: análisis geométrico y operacional (teórico) de las curvas de menos de 20 gonios, así como el análisis del cumplimiento normativo en una amplia muestra de curvas de carreteras convencionales en España.

## 3. ANÁLISIS TEÓRICO

### 3.1. Análisis geométrico

Considerando las restricciones que la Instrucción de Trazado 3.1-IC impone al diseño de curvas en planta de Tipo I, es posible calcular la clotoide de mínima para cada radio de curva circular. A partir de dicho resultado, y empleando la relación entre el ángulo girado por una clotoide y su longitud, puede determinarse el ángulo mínimo que debería tener una clotoide, en relación con el radio de la curva circular asociada (Figura 2) (consi-

derando en todo momento curva de Tipo I). En dicha figura se representan todos los criterios, habiendo desdoblado el criterio I (considerando la variación de la aceleración centrífuga recomendada, así como la máxima permitida) y el criterio II (en función de la velocidad de proyecto del tramo). No se incluye el criterio III.3 al no ser preceptivo.

En la Figura 2 se aprecia un importante efecto: a medida que el radio de la curva disminuye, el ángulo mínimo de la clotoide a disponer (y por tanto el mínimo ángulo de deflexión de la curva completa)

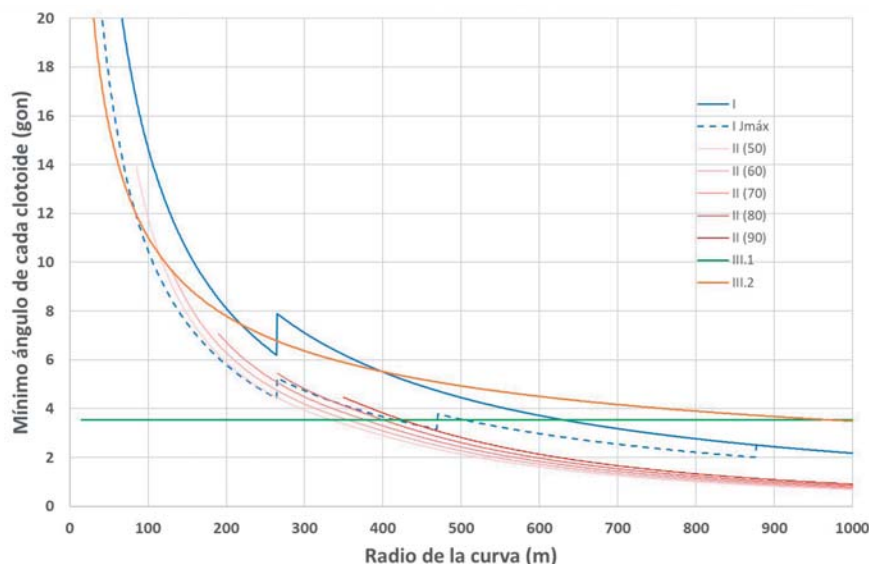


Figura 2. Ángulo mínimo que debe tener una clotoide, en función de los diferentes criterios. Grupo III.

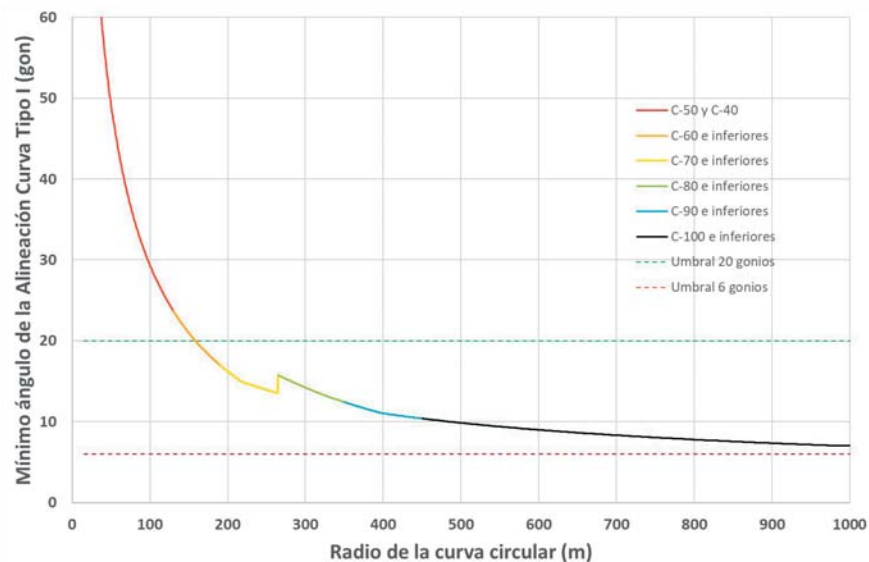


Figura 3. Ángulo de deflexión mínimo para cualquier alineación curva tipo I, en función del radio (las gráficas se van superponiendo a medida que aumenta el radio). Grupos II y III

umenta. La Figura 3 muestra el ángulo mínimo que una curva Tipo I puede presentar ( $\Omega$ , gon), asumiendo desarrollo nulo de curva circular (clotoides en punta) y combinando todos los criterios obligatorios para las curvas de transición. Para la aplicación del criterio I, se ha considerado una variación de aceleración centrífuga  $J$  y no  $J_{máx}$ , al entender que el uso de esta última debe reducirse únicamente a casos excepcionales. Igualmente, se han resaltado en diferentes colores según la velocidad de proyecto del tramo. A modo de ejemplo, las curvas con radios mostrados en naranja pueden disponerse para carreteras de tipo C-60, C-50 y C-40, pero no en C-70 y superiores.

En el apartado 4.4.5 de la actual Instrucción, se indica que, de forma general, el desarrollo mínimo de una curva más sus clotoides (Alineación Curva Tipo I) debe presentar un ángulo igual o superior a 20 gonios, pudiendo aceptarse valores entre 6 y 20 gonios. Estos dos umbrales se han resaltado en la Figura 3. De hecho, es imposible diseñar una curva tipo I con un ángulo inferior a 7 gonios cumpliendo todos los criterios, independientemente del tipo de carretera y de su grupo. Para radios inferiores a 160 m, todas las curvas adecuadamente diseñadas cumplen necesariamente con tener un ángulo de deflexión superior a 20 gonios.

Para aquellos casos en los que se necesita un menor ángulo de deflexión (inferior a 6 gonios), la Instrucción permite, en su apartado 4.4.8, utilizar curvas Tipo III, formadas únicamente por una curva circular sin clotoides. Existe siempre solución geométrica para este tipo de curva (siempre y cuando no solape con otros elementos geométricos), si bien hay limitaciones perceptuales: un radio muy pequeño puede ocasionar un codo óptico en planta, generando confusión en los conductores y, potencialmente, maniobras erráticas. Por ello, den-

tro del mismo apartado se establece una restricción a su desarrollo, lo que de forma indirecta afecta al radio:

$$D_c \geq 325 - 25 \cdot \Omega$$

Donde  $D_c$  es el desarrollo de la curva (m), y  $\Omega$  su ángulo de deflexión, en gonios.

Este tipo de curva se puede aplicar para hasta 2 gonios, límite por debajo del cual no se permite diseñar, salvo en las proximidades a otras infraestructuras.

### 3.2. Análisis operacional

Operacionalmente, las curvas de bajo ángulo de deflexión suponen un cambio importante en cuanto a su fundamento. Las curvas Tipo I parten de la base de no superar cierto valor de rozamiento transversal, considerado como límite de las condiciones de seguridad y confort. El valor de la velocidad así determinado recibe el nombre de *velocidad específica*.

La limitación para curvas de bajo ángulo de deflexión es puramente de percepción visual (garantizar que no se produce un codo óptico), si bien también afecta a la operación

vehicular. Aplicando la relación con el radio, las velocidades específicas máximas que podrían llegar a alcanzarse en función del ángulo de deflexión, según la relación ofrecida por la Instrucción, vienen en la Figura 4.

Como puede observarse, las velocidades específicas para curvas de bajo ángulo de deflexión son muy superiores a las permitidas en España, por lo que los conductores siempre circularán en condiciones de seguridad y confort sobre las mismas. De hecho, podría extenderse la actual restricción de aplicación para curvas Tipo III hasta los 10 gonios, cifra para la cual la velocidad específica iguala los 100 km/h (trazos en rojo). Eso sí, la velocidad específica disminuye rápidamente a partir de este umbral (para los dos tipos de carretera).

Analizando las aceleraciones centrífugas en el paso por las curvas a diferentes velocidades (y no solo a la específica), se puede observar que las curvas de bajo ángulo tampoco suponen un problema, ya que su magnitud está muy por debajo de la generada por la velocidad específica (Figura 5). Al igual que en los casos anteriores, se ha extrapolado la función in-

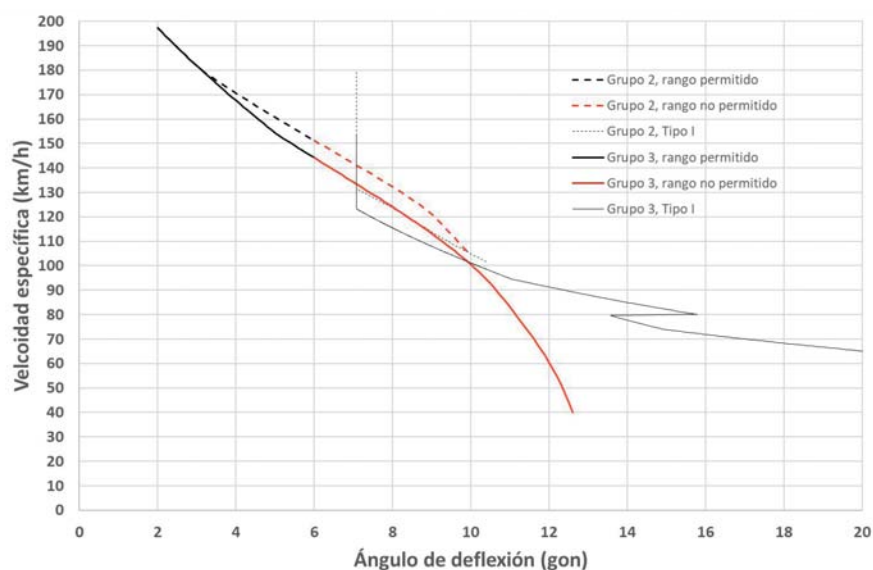


Figura 4. Velocidad específica en función del ángulo girado, para curvas de bajo ángulo (trazo grueso) y curvas Tipo I (trazo fino).

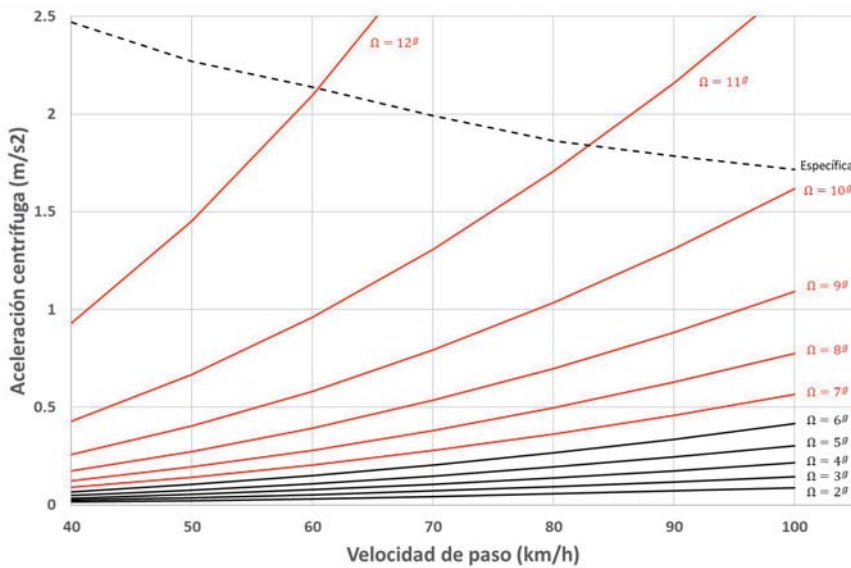


Figura 5. Aceleraciones producidas por los radios que la actual Instrucción de Trazado permite, comparadas con la aceleración producida por la velocidad específica.

dicada en la normativa, donde se puede apreciar que cuando el ángulo de deflexión es de 10 gonios, la aceleración centrífuga se acerca en magnitud a la correspondiente a la velocidad específica (para una velocidad de paso de 100 km/h). En cualquier caso, ángulos de giro de 7, 8 e incluso 9 gonios parecen no presentar problemas operacionales, independientemente de la velocidad de paso.

#### 4. ANÁLISIS DE CUMPLIMIENTO DE UNA MUESTRA DE CURVAS EN ESPAÑA

Tras el análisis geométrico y operacional realizado a las curvas de

bajo ángulo, y su relación con las curvas Tipo I, es conveniente analizar hasta qué punto este tipo de curvas son frecuentes en las carreteras españolas.

El primer paso en este análisis consiste en determinar las condiciones del muestreo. Dicho muestreo se realizó por provincias, seleccionando una determinada muestra de curvas de ángulo reducido (no necesariamente de bajo ángulo) para cada provincia. Esta búsqueda se realizó empleando ortofotografías aéreas provenientes del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea.

La búsqueda se centró en curvas de menos de 20 gonios, si bien buscando con mayor énfasis aquellas en torno y menores de 6 gonios. Me-

dante un software específico de restitución geométrica desarrollado por el propio GIIIC (Camacho-Torregrosa et al., 2015), se obtuvo la geometría de todas ellas. Precisamente, este software es especialmente útil para esta investigación, ya que emplea un algoritmo basado en el azimut y por lo tanto puede detectar con mucha precisión el ángulo girado entre alineaciones.

Es importante indicar que este software siempre calibra secuencias recta-clotoide-curva circular-clotoide-recta, independientemente de la existencia de clotoides. De este modo, se asumió que las curvas tipo III serían aquellas para las cuales la aplicación ajusta un desarrollo mínimo para las curvas de transición.

Tras extraer la geometría de todas y cada una de las curvas detectadas, se llegó a una muestra de 354 curvas de menos de 20 gonios, con la distribución de ángulos y longitudes que aparece en la Figura 7.

De la muestra completa, 284 curvas presentan un ángulo girado entre 6 y 20 gonios (puntos verdes, 80.23% del total), 25 son menores a 6 gonios pero cumpliendo el criterio de la Instrucción (puntos en amarillo, 7.06% de la muestra) y 45 curvas (puntos rojos, 12.71% del total) presentan un ángulo inferior a 6 gonios sin cumplir el criterio de desarrollo mínimo establecido por la Instrucción de Trazado.

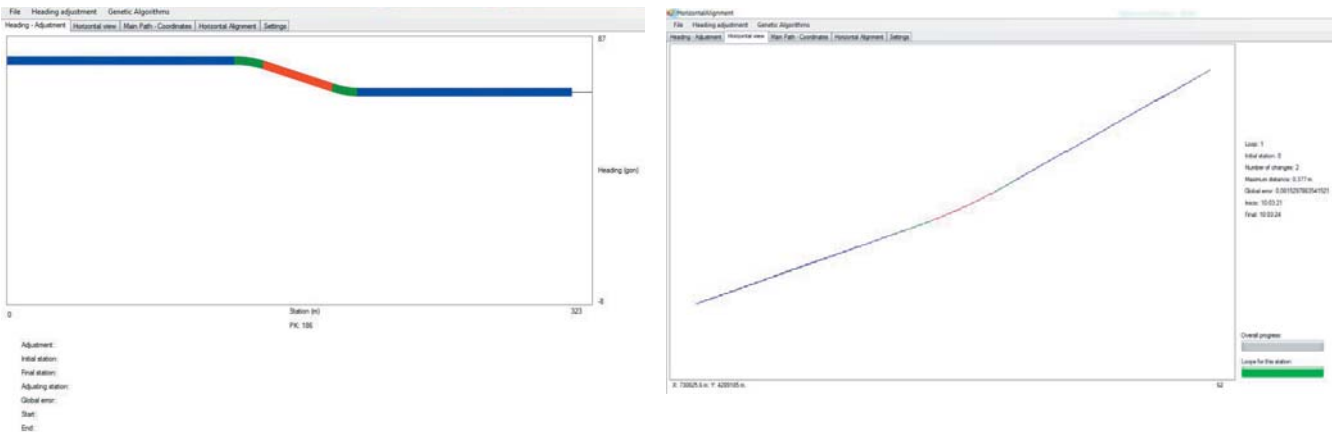


Figura 6. Restitución de curva de bajo ángulo de deflexión con software propio.

Estas curvas pueden disponerse en un gráfico ángulo-radio (Figura 8), donde también se han superpuesto los umbrales que la Instrucción de Trazado 3.1-IC permite disponer para las curvas en carreteras de los grupos 2 y 3, anteriormente calculados. Como puede observarse, un porcentaje nada despreciable de curvas estudiadas (tanto tipo I como tipo III) incumplen los criterios establecidos por la actual Instrucción. Resumiendo, todas las curvas tipo I por debajo del umbral presentan un ángulo girado incompatible con las clotoides mínimas (o bien son más cortas, o bien no presentan clotoides), mientras que los incumplimientos de las curvas tipo III son por presentar un desarrollo inferior al mínimo especificado.

De igual modo, resulta relevante que muchas de las curvas con deflexiones menores de 6 gonios presentan clotoides no despreciables, si bien la curva tipo III equivalente (mismo ángulo de deflexión y desarrollo) difiere en poco de magnitud por el elevado valor del radio.

De las curvas superiores a 6 gonios, 127 de 284 incumplen, suponiendo un 44.7% del total. Este incumplimiento está distribuido tal y como aparece en la Figura 9. Como cabía esperar, el número de incumplimientos es especialmente elevado para ángulos reducidos (siendo obviamente el 100% de los casos entre 6 y 7 gonios, ya que el mínimo ángulo de giro permitido para una curva Tipo I es de 7.07 gonios y las curvas Tipo III solo se permiten para ángulos de giro de 6 gonios o menos). De hecho, la única opción de diseñar curvas dentro de este rango de ángulos que sean acordes con la Instrucción es disponer curvas Tipo III con radios mayores de 2500 m en carreteras del Grupo 3, o superiores a 5000 m en los otros dos grupos, casos para los que la Instrucción permite obviar las clotoides.

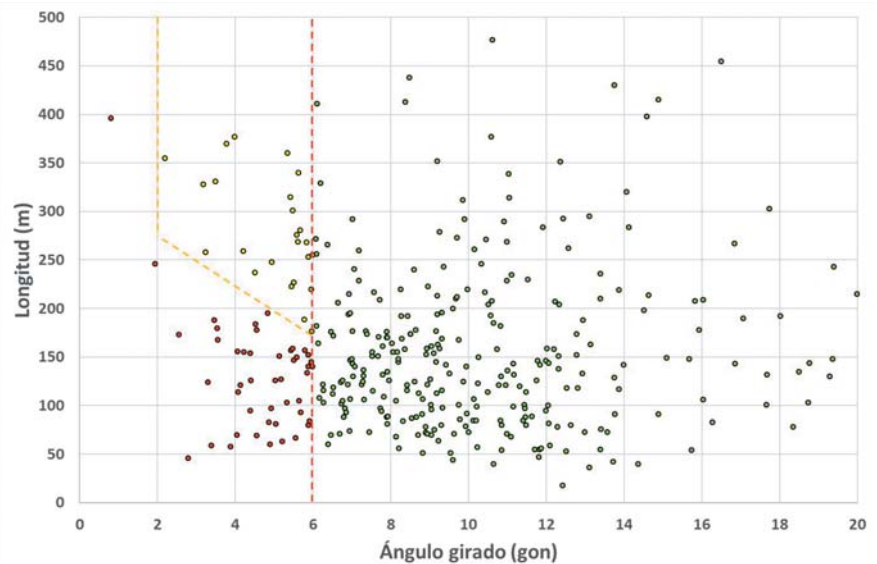


Figura 7. Distribución de ángulos y longitudes de las curvas objeto de estudio. Aparecen también representados los criterios de la Instrucción.

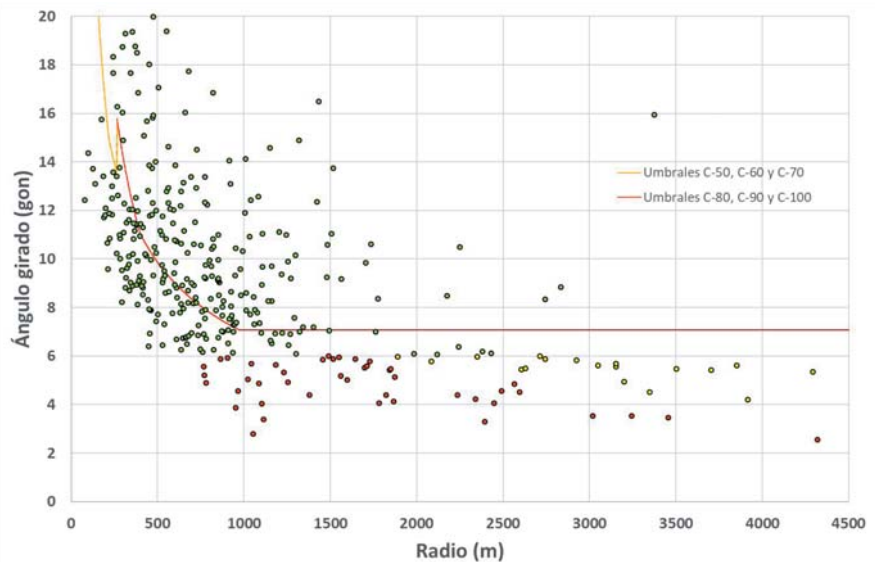


Figura 8. Distribución de ángulos respecto del radio.

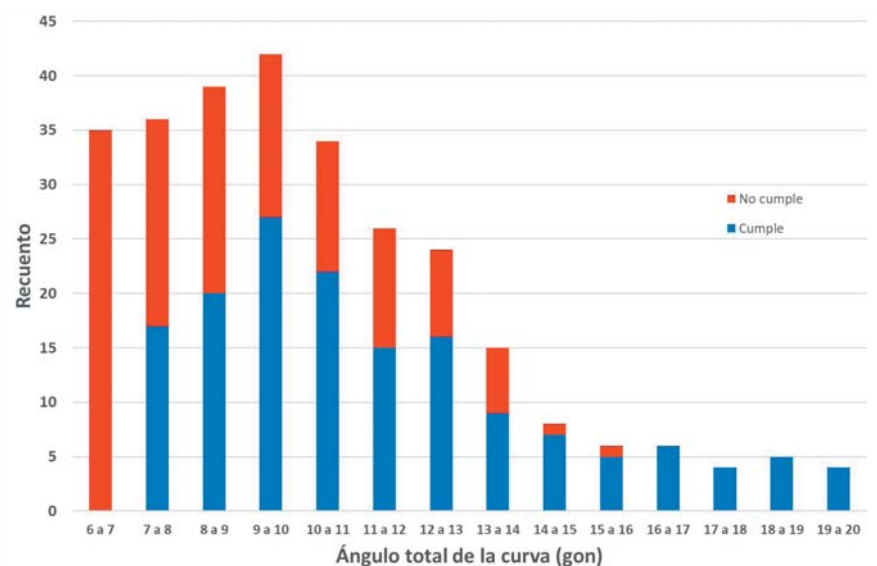


Figura 9. Distribución de incumplimientos para curvas superiores a 6 gonios, en función del ángulo total.

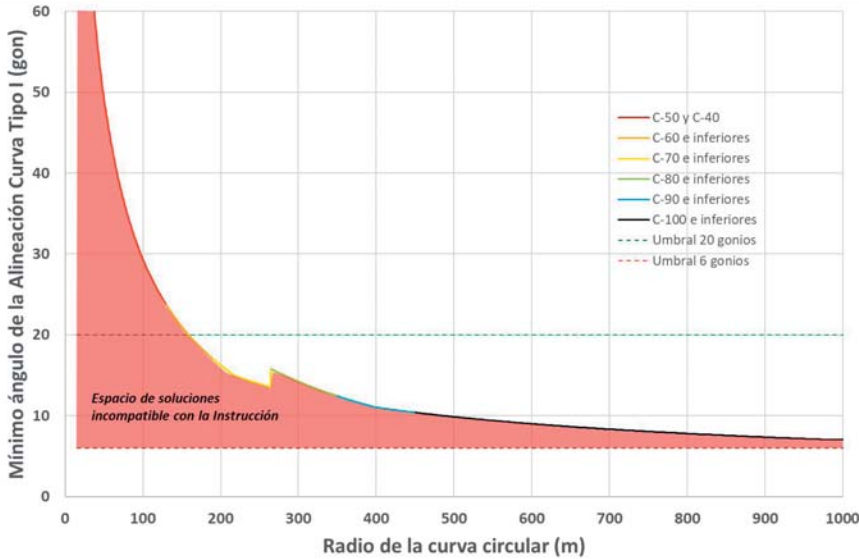


Figura 10. Distribución de incumplimientos para curvas superiores a 6 gonios, en función del ángulo total.

### 5. DISCUSIÓN

El análisis geométrico ha mostrado la imposibilidad, si se cumple la Instrucción 3.1-IC, de disponer curvas con clotoides para ángulos de deflexión relativamente bajos. Combinando las limitaciones de curvas Tipo I y Tipo III, existe un espectro bastante amplio de radios y ángulos para los cuales no existe la posibilidad de diseñar ninguna curva cumpliendo la normativa (Figura 10). Si bien esto puede no resultar problemático para radios elevados, sí es un condicionante altamente restrictivo para carreteras de menor entidad, donde encajar un menor ángulo de deflexión puede requerir aumentar el radio en un valor inasumible por encaje orográfico o en el entorno.

Si bien no existe solución geomé-

trica para estos casos, se ha analizado la posibilidad de extender ligeramente el criterio de disposición de curvas de bajo ángulo de deflexión más allá de los seis gonios. Operacionalmente sería viable, no suponiendo una afección relevante hasta aproximadamente los nueve gonios. Esto permitiría cubrir el espectro de diseño actual. De hecho, es imposible diseñar una curva entre 6 y 7 gonios con radio inferior a 2500 m con la actual Instrucción.

Aun así, quedaría por ver si el criterio de la Instrucción debe ser alterado, añadiendo o restando soluciones al espacio de validez. Este análisis debería hacerse teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Operacional. Afección al rozamiento transversal movilizado o a la aceleración centrífuga.

- Perceptual. Determinación de si la geometría propuesta puede suponer la aparición de codos ópticos, falsas inflexiones, o algún otro problema que pueda generar maniobras erráticas.
- De comportamiento. Algunas geometrías, tal y como demostraron Spacek (2005) y Mauriello et al. (2018) pueden ser más propensas a que los conductores realicen una trazada fuera del carril, invadiendo parcialmente el carril opuesto o el arcén, según el sentido de giro.

Examinando las normativas de otros países, hay algunas que operan de forma similar a la española, limitando el desarrollo de las curvas de bajo ángulo en función del mismo. A modo de ejemplo, el Green Book de EE.UU., en su séptima versión (AASHTO, 2018), establece el siguiente desarrollo mínimo (adaptada en unidades) para curvas con un ángulo de deflexión de 5.55º o menores:

$$D_c \geq 300 - 27 \cdot \Omega$$

Donde la  $D_c$  es el desarrollo mínimo (en m), y  $\Omega$  el ángulo de deflexión (en gonios).

Otro caso similar es el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras de Colombia (Instituto Nacional de Vías, 2008), que también permite disponer una única curva circular entre alineaciones de seis grados o menos, presentando en este caso una relación tabulada entre el radio y el án-

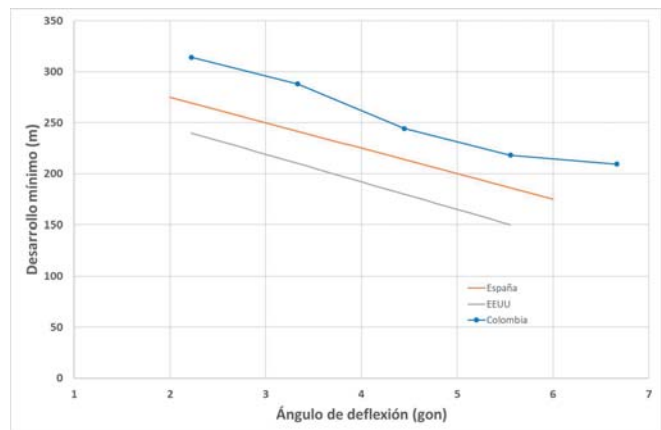
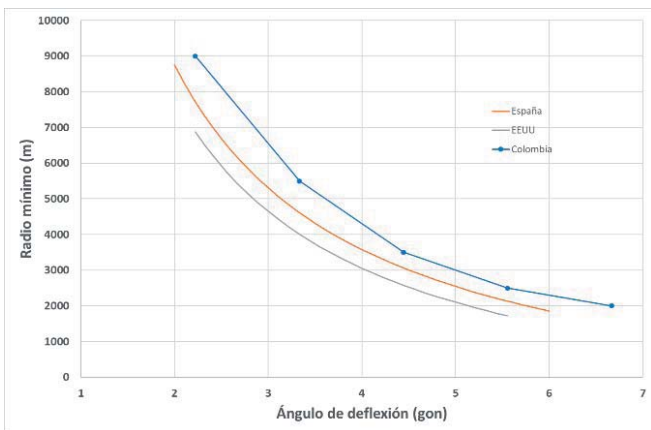


Figura 11. Mínimos radios (izquierda) y mínimos desarrollos (derecha) establecidos por las normativas española, estadounidense y colombiana para las curvas de bajo ángulo de deflexión.

gulo de deflexión aproximadamente parabólica.

La Figura 11 muestra las relaciones de desarrollos y radios mínimos para estas dos normativas, en comparación con la Instrucción 3.1-IC. Nótese que, si bien las relaciones difieren en recorrido, dominio y forma, sus órdenes de magnitud son similares.

Finalmente, hay otras normativas que controlan la visibilidad de las curvas en general (no solo las de bajo ángulo) estableciendo una relación entre su desarrollo y la velocidad de proyecto de la propia curva. Es el caso de la normativa italiana (Ispettorato Generale per la Circolazione e la Sicurezza Stradale, 2001), que establece un desarrollo mínimo de la curva igual a 2.5 segundos circulando a su velocidad de proyecto, o el Green Book, que impone un desarrollo mínimo (en metros) del triple de la velocidad de diseño del tramo (en km/h). Estos aspectos también podrían ser considerados para una posible futura revisión del criterio de diseño de curvas de bajo ángulo.

## 6. CONCLUSIONES

Se presenta un análisis geométrico y operacional de las curvas de bajo ángulo de deflexión, cubriendo además las curvas que, sin entrar en dicha categoría, también presentan un ángulo bajo.

Dicho análisis revela que existe un gran número de combinaciones de ángulo y radio para las cuales la actual Instrucción 3.1-IC no permite diseñar curvas, bien sea con clotoides o sin ellas. Estas combinaciones pueden ser necesarias en muchos casos, especialmente en zonas de mayor dificultad de encaje.

El análisis operacional arrojó que el actual criterio de desarrollo para las curvas de bajo ángulo de deflexión no impone restricciones relevantes para los conductores. Además, dicho criterio podría extenderse más allá de los seis gonios propuestos en la actualidad. Igualmente, la

comparación con otras normativas internacionales muestra relaciones similares, o bien haciendo depender su desarrollo de la velocidad de diseño de la curva o del tramo.

Se ha analizado una muestra de más de 350 curvas de bajo ángulo, escogida por toda la geografía española. Dicho análisis muestra que un porcentaje nada despreciable de curvas entre 6 y 20 gonios no se ajusta a la normativa actual en lo referente al diseño de las curvas de transición. En cuanto a las curvas inferiores a 6 gonios, un 45% de las examinadas presentan un desarrollo inferior al marcado por la Instrucción.

Los resultados anteriores indican la necesidad de plantearse el diseño geométrico en planta en lo tocante a la frontera de las curvas de bajo ángulo de deflexión. Si bien los resultados operacionales parecen indicar que hay posibilidades de ello, falta considerar el factor perceptual. Para ello, la última parte del estudio contempla la realización de una encuesta de percepción de curvas de bajo ángulo, mediante el visionado de vídeos circulando por una variada muestra de curvas en planta de este tipo, con el objetivo de situar la frontera de percepción adecuada de este tipo de curvas.

## 7. AGRADECIMIENTOS

La presente Investigación es parte del proyecto "CASEFU – Estudio experimental de la funcionalidad y seguridad de las carreteras convencionales" (referencia TRA2013-42578-P), cuyo objetivo es actualizar el modo en el que se diseñan las carreteras convencionales en España atendiendo a criterios de operación, seguridad y funcionalidad. Dicho proyecto fue financiado por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades. Asimismo, también forma parte de la Tesis Doctoral de José Luis Ulpiano, contratado FPI (referencia BES-2014-069488) a cargo del anterior proyecto y financiado

por el citado ministerio y el Fondo Social Europeo.

## 8. REFERENCIAS

- [1] AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS (AASHTO) (2018). *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets (Green Book)*.
- [2] CAMACHO-TORREGROSA, F.J., PÉREZ-ZURIAGA, A.M., CAMPOY-UNGRÍA, J.M. GARCÍA, A. Y TARKO, A. (2015). *Use of Heading Direction for Recreating the Horizontal Alignment of an Existing Road*. Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering, vol. 30(4), pp. 282-299.
- [3] INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS (2008). *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras*. Ministerio de Transporte, República de Colombia.
- [4] ISPETTORATO GENERALE PER LA CIRCOLAZIONE E LA SICUREZZA STRADALE (2001). *Norme Funzionali e Geometriche per la Costruzione delle Strade*. Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (Italia).
- [5] MAURIELLO, F., MONTELLA, A., PERNETTI, M. y GALANTE, F. (2018). *An Exploratory Analysis of Curve Trajectories on Two-Lane Rural Highways*. Sustainability 10:4248.
- [6] MINISTERIO DE FOMENTO. (2016). *Instrucción de carreteras 3.1-IC "Trazado"*. Ministerio de Fomento de España.
- [7] SPACEK, P. (2005). *Track Behavior in Curve Areas: Attempt at Typology*. Journal of Transportation Engineering – ASCE, vol. 131(9), pp. 669-676
- [8] ULPIANO-COGOLLOS, J.L., CAMACHO-TORREGROSA, F.J. y GARCÍA, A. (2016). *Análisis del comportamiento de conductores en curvas de bajo ángulo de deflexión*. XII Congreso de Ingeniería del Transporte. Valencia, España. ❖

# Tipología de accidentes con ciclistas en vías urbanas e interurbanas



Typology of accidents involving cyclists on urban and interurban roads

## Comité Técnico de Seguridad Vial

Asociación Técnica de Carreteras (ATC)

### Pablo Sáez Villar

ICCyP. ACEX –Asociación de Conservación y Explotación

### Diego Sanz Abella

ICCyP. INCOSA

### Francisco Selma Mendoza

ICCyP.

### José Vicente Pedrola Cubells

ICCyP. DGC. Ministerio de Fomento

En España, ha habido siempre una gran afición al ciclismo deportivo, tanto profesional como aficionado, que entrena permanentemente en las carreteras, preferentemente en los fines de semana, circulando prioritariamente por los arcenes, donde los hay. También, en las áreas rurales hay desplazamientos diarios al campo o a las cooperativas agrícolas a través de los caminos y algún tramo de carreteras locales.

Las políticas de favorecimiento de la movilidad sostenible en los últimos veinte años han promovido un mayor uso de la carretera por ciclistas, lo que ha producido un aumento considerable de la accidentalidad de estos usuarios vulnerables. Esta circunstancia nos ha empujado en el Comité Técnico de Seguridad Vial de la A.T.C. a constituir un grupo de trabajo para el estudio y análisis de esta accidentalidad, revisar las acciones de las distintas administraciones de carreteras para incrementar la seguridad de este colectivo y, finalmente, así poder extraer unas conclusiones que deriven en una recomendaciones para mejorar la seguridad de los ciclistas en las carreteras españolas. Así pues, en este artículo se expondrán algunos de los resultados del estudio y análisis realizado sobre la tipología de los accidentes más frecuentes y sus causas, distinguiendo el ámbito urbano del interurbano

In Spain, there has always been a great interest in cycling, both professional and amateur. Cyclists constantly train on the roads, preferably at weekends, circulating primarily on the roadsides, where there are. Also, in rural areas there are daily bicycle trips to the countryside or agricultural cooperatives through rural roads and some sections of local roads.

Sustainability-oriented policies have promoted greater use of the roads by cyclists which has led to a considerable increase in the accident rate for these vulnerable users. This circumstance has led us, as Technical Committee on Road Safety of the Technical Road Association (ATC), to constitute a Working Group to study and analyze these accidents, to review the actions applied by the different road Administrations to increase the safety of this group and, finally, to be able to draw conclusions that lead to recommendations to improve the safety of cyclists on Spanish roads. Therefore, this article will present some of the results of the study and analysis carried out on the typology of the most frequent accidents and their causes, distinguishing between urban and interurban areas.

## Prólogo

**U**suarios vulnerables es el término con el que se conoce, y en el que se agrupan, una serie de colectivos de usuarios de las carreteras caracterizados por su vulnerabilidad ante un accidente de tráfico. Dicha vulnerabilidad deriva de la diferencia de masa y velocidad entre estos usuarios y los vehículos mayoritarios que circulan por las carreteras (coches, furgones y camiones), lo que les hace que siempre se lleven la peor parte ante cualquier conflicto con dichos vehículos. Uno de estos colectivos vulnerables lo constituyen los ciclistas.

El uso de la bicicleta como medio de desplazamiento por nuestras vías ha ido in crescendo en los últimos años y se ha manifestado aún más recientemente con las políticas públicas puestas en marcha fomentadoras del uso de la bici como un elemento de transporte ecológico en las ciudades. Pero esta mayor utilización de la bicicleta, tanto como medio de desplazamiento diario (especialmente en las ciudades) como práctica deportiva (en zonas interurbanas), ha conllevado un aumento de la siniestralidad de los ciclistas. Es por ello que socialmente se está demandando actuaciones encaminadas a incrementar la seguridad de este colectivo y por ello se contemplan en los planes nacionales de seguridad estrategias específicas para mejorar la seguridad de la circulación en bicicleta.

Dentro del Comité de la ATC que presido ya se iniciaron por el año 2012 trabajos para analizar la accidentalidad con implicación de los ciclistas en España y su problemática concreta. Los resultados principales obtenidos en el periodo de trabajo 2012-2015 se publicaron en 2016 en un artículo en la Revista Rutas. Pero los trabajos han continuado dada la continua preocupación de los miembros del Comité y la concienciación social por la seguridad de este colectivo de usuarios. Así pues, fruto de esta inquietud y labor realizada en el seno del Comité de Seguridad Vial de la ATC, se plasma en el presen-

te artículo algunos de los resultados derivados del estudio y análisis de las tipologías de los accidentes y situaciones con mayor riesgo para los ciclistas, tanto en el ámbito urbano como fuera de las poblaciones, y haciendo a modo introductorio una breve reseña a la accidentalidad de ciclistas en nuestro país. Se ha pretendido en el presente artículo ser conciso pero a la vez muy gráfico y explicativo de la casuística más frecuente y peligrosa ante la que nos enfrentamos todos. Espero y deseo fehacientemente que su lectura nos haga recapacitar y extremar las precauciones ante futuras situaciones con presencia de bicicletas en las vías públicas. Nos lo agradecerán y lo agradeceremos pues no hay que olvidar que todos somos o seremos en algún momento ciclistas.

Por último, quisiera expresar mi agradecimiento a todos los miembros del grupo de trabajo de usuarios vulnerables del Comité Técnico de Seguridad Vial de la Asociación Técnica de la Carretera, que tengo el honor de presidir, y especialmente a aquellos que han contribuido a la elaboración de este artículo, por su esfuerzo y dedicación.

**Por Roberto Llamas Rubio,  
Presidente del Comité Técnico  
de Seguridad Vial de la Asociación  
Técnica de Carreteras (ATC)**

## Introducción

El Comité técnico de Seguridad Vial de la A.T.C. constituyó en 2014 un Grupo de estudio de “usuarios vulnerables en la carretera”, al objeto de estudiar la accidentalidad en este tipo de usuarios, cuya evolución ha ido en aumento en los últimos quince años.

Bajo la coordinación de Pablo Sáez Villar, se constituyó una Ponencia con José V. Pedrola Cubells, Diego Sanz Abella y Francisco Selma Mendoza que iniciaron sus trabajos bajo la siguiente premisa, después de un análisis previo: separar en el análisis la accidentalidad de ciclistas y de

peatones, por cuanto que con los primeros datos recogidos y con las primeras comparaciones realizadas, se comprobaron que tanto las causas de las accidentes, como los motivos que los generaban eran distintos entre ambos. Por tanto, se optó por estudiar primero la accidentalidad en ciclistas para, en base a su análisis proceder, a continuación, a elaborar las Recomendaciones pertinentes, dejando la problemática de la accidentalidad de peatones para un futuro estudio.

En una primera fase se recopilaban y trataron los datos de accidentalidad facilitados por la DGT, cuyas conclusiones fueron plasmadas en un artículo técnico publicado en la Revista RUTAS, en el número 167 de 2016, bajo el título “Estudio y análisis de la accidentalidad con ciclistas en las carreteras españolas”.

El Grupo de estudio ha seguido profundizando en la línea de trabajo iniciada, evaluando en una segunda fase las diferentes tipologías y situaciones relacionadas con los accidentes ciclistas, tanto en ámbito urbano como interurbano, dando como resultado el artículo que se presenta.

## La accidentalidad ciclistas en España.

Considerando de forma conjunta, es decir tanto las vías urbanas como las interurbanas, la accidentalidad y mortalidad de los accidentes en los que se ha visto implicado algún ciclista, se puede concluir los siguientes comentarios.

La evolución del número de accidentes de ciclistas presenta una tendencia creciente en los últimos años. Así en la serie recogida el incremento de accidentalidad se ha más que triplicado entre 2003 y 2016. Siendo la situación más preocupante pues desde el año 2010 el incremento es mucho más importante que en los años anteriores.



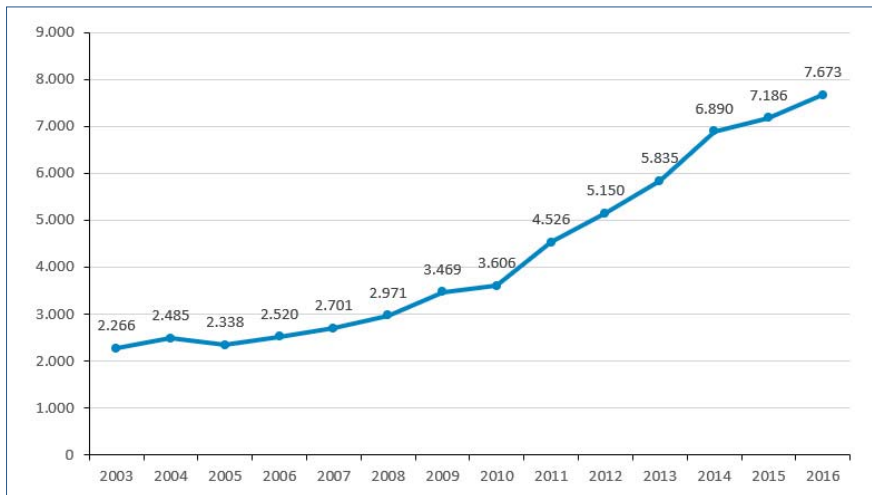


Figura 1. Evolución número de accidentes con víctimas con bicicletas implicadas en vías urbanas e interurbanas. Fuente: DGT



Figura 2. Evolución número de ciclistas fallecidos en vías urbanas e interurbanas. Fuente: DGT

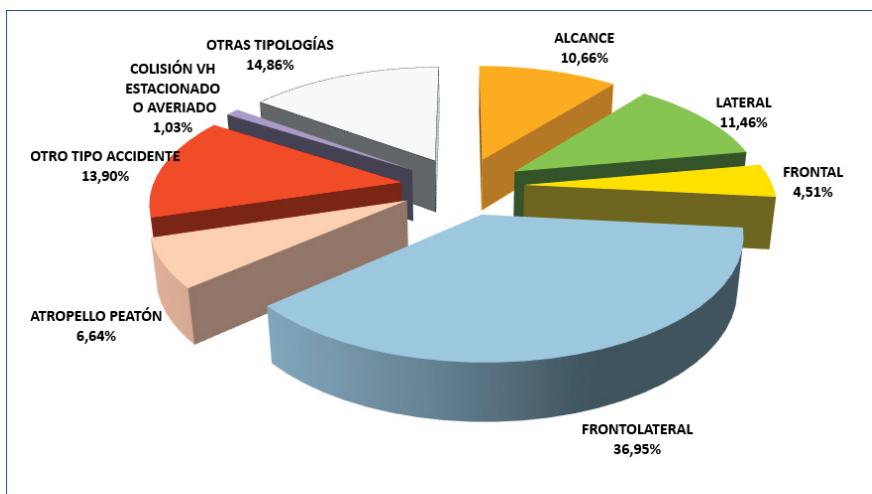


Figura 3. Tipología de accidentes ciclistas. Periodo: 2008-2012. Fuente: DGT

Debe mencionarse además que estos accidentes se produjeron mayoritariamente en vías urbanas (75-80 %) en donde la mortalidad es menor, puesto que el número mayor de ciclistas fallecidos se produjo en vías interurbanas (70-75%), claro reflejo de la importancia que la velocidad tiene en este tipo de accidentes.

Apuntar, finalmente que mientras que la evolución de la accidentalidad ha tenido una tendencia creciente y más acentuada en los últimos años del periodo de estudio, la mortalidad dientes de sierra, con mínimos en 2008 y 2011, y con una tendencia global ligeramente decreciente.

## Tipología de accidentes con ciclistas

El siguiente paso del estudio se centra en el análisis de la tipología de los accidentes con víctima en los que se ha visto implicado algún ciclista.

En la Figura 3, se muestra el análisis obtenido de las diversas tipologías de accidentes que se han establecido para el estudio.

Sin duda el accidente fronto-lateral es el tipo de accidente más habitual en el que se ven involucrados los ciclistas, llegando hasta un porcentaje del 37%. Si a ello le unimos los accidentes de tipo frontal y lateral, el porcentaje total llegaría al 53%, es decir más de la mitad de los accidentes.

Destacable es también que el alcance supone algo más del 10% de los accidentes en los que se ven implicado algún ciclista. Mencionar también el atropello a peatones, con un 6,6%, como una tipología significativa y la colisión con un vehículo estacionado o averiado, con poco más del 1%, como la siguiente tipología a destacar, siendo el resto de tipologías, en el entorno del 28% de muy variada naturaleza.

Posteriormente se analizará la evolución de estas tipologías de forma separada en zonas urbana e interurbana, todo ello en el periodo 2008-2012.

Pasamos a continuación a discretizar las posibles causas que motivan todo este tipo de accidentes. Para ello se han planteado y desarrollado unos esquemas que pretenden plasmar los conflictos más habituales entre ciclistas y otros usuarios, que dan lugar a las diferentes tipologías de accidentes, diferenciando entre vías urbanas y no urbanas.

En la Tabla 4 se muestra un resumen de las principales tipologías de situaciones que influyen en la accidentalidad en el que están involucrados ciclistas y vehículos motorizados, tanto en vías urbanas como en vías interurbanas.

	Vía Urbana	Vía Interurbana
1.- Giros a derecha	X	X
2.- Cruces transversales	X	X
3.- Adelantamiento sin distancia seguridad (1,5 m)	X	X
4.- Alcance vehículo	X	X
5.- Apertura puertas vehículo estacionado	X	
6.- Peatones (acera-bici, intersección paso peatonal)	X	
7.- Animales (acera-bici)	X	
8.- Adelantamiento desestimado vehículo		X
9.- Colisión frontal en adelantamientos o carreteras con sección reducida		X
10.- Incorporación/salida vehículo por la derecha		X
11.- Incorporación vehículo por la izquierda		X
12.- Aproximaciones a glorietas	X	X
13.- Glorietas	X	X

## Tipología de accidentes con ciclistas en vías urbanas

Centrándonos en las vías urbanas, se puede ver en la figura 5 la evolución de las principales tipologías de accidentes ciclistas en vías urbanas, observándose la cada vez más significativa importancia y relevancia que tienen los accidentes fronto-laterales en la accidentalidad de los ciclistas.

Pasemos, a continuación, a analizar las posibles situaciones generadoras de riesgo en la circulación de ciclistas en las zonas urbanas (conforme a las caracterizaciones realizadas en la Tabla 4).

## Accidentes motivados por giros a derecha de los vehículos.

Tal y como se observa en el esquema que se adjunta, el accidente tiene su origen en que el vehículo realiza un giro a la derecha con presencia de un ciclista, que circula correctamente, y que motiva que el vehículo cierra el paso al ciclista, pudiendo llegar éste a colisionar frontalmente sobre el lateral del vehículo.

Son varios los motivos, que de forma individualizada o concurrente, pueden dar lugar a este tipo de accidente y cuya peligrosidad está directamente relacionada con la brusque-

dad de la maniobra y con la velocidad de circulación del vehículo a motor:

- La ausencia de visibilidad del conductor al encontrarse el ciclista en un punto ciego
- La toma de decisión incorrecta del conductor al calcular inadecuadamente la relación entre el movimiento de giro a realizar y la velocidad del ciclista

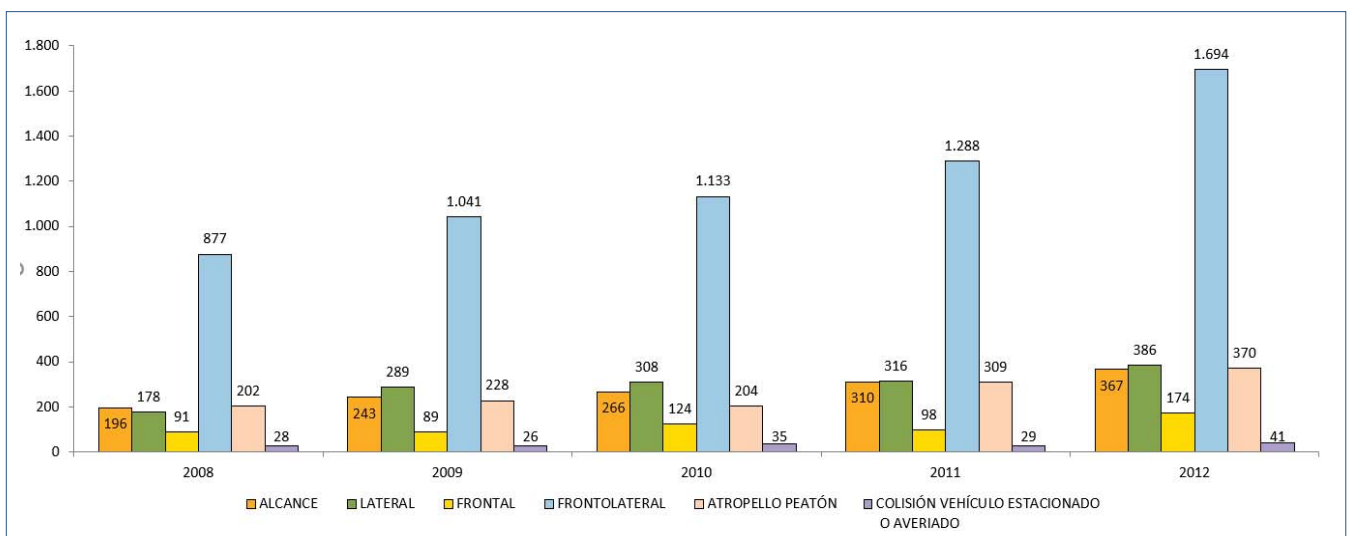
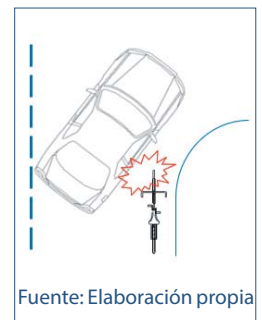


Figura 5. Tipología de accidentes ciclistas en zona urbana. Periodo: 2008-2012. Fuente: DGT

c) La presencia de otro vehículo que obliga la detención del conductor que realiza la maniobra de giro. Posibilidades: paso peatonal próximo, presencia de semáforo, entrada a zona de servicios (garaje, gasolinera,...).

Es posible minimizar ese tipo de accidentes con ciclistas mediante la construcción de un carril ciclista segregado previo a la intersección, realizando el cruce mediante un STOP para el ciclista. Esta solución además de posible. Es recomendable en zonas urbanas con elevada intensidad de ciclistas y en carreteras con elevado tráfico.

Este tipo de situación se puede dar tanto en vías urbanas como interurbanas.

### Accidentes motivados por cruces transversales

Se incluyen en esta tipología aquellas situaciones en los que el vehículo/ciclista no se detiene a tiempo cuando un ciclista/vehículo se cruza en su trayectoria en una intersección urbana en tipo T, tal como se presenta en el esquema adjunto.

La causa de este tipo de accidente se encuentra, generalmente, en la ausencia de visibilidad motivada por la presencia de obstáculos que dificultan o impiden la percepción del ciclista por el conductor, o del conductor por el ciclista (vehículos estacionados, mobiliario urbano,...).

Esta tipología de accidentes se produce igualmente en vías interurbanas,

especialmente en accesos a vías secundarias o caminos. En las vías interurbanas con elevada intensidad de tráfico, debe evaluarse la posibilidad de ejecución de un paso inferior de galibo reducido para ciclistas y peatones, con el objetivo de permeabilizar la vía principal, dada la gravedad del accidente, caso de producirse.

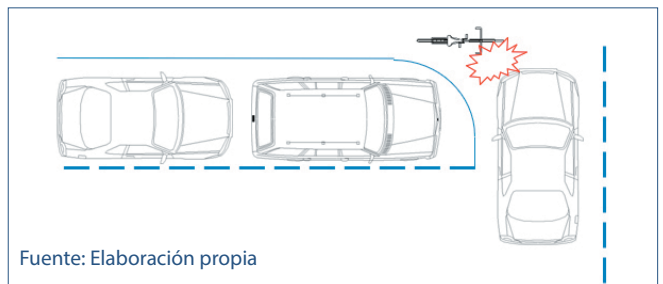
### Accidentes motivados por la realización de un adelantamiento sin distancia seguridad (1,5 m)

El origen del accidente es la realización de una maniobra de adelantamiento por el vehículo sin mantener una separación lateral suficiente con el ciclista que circula a la derecha del vehículo, provocando un desequilibrio de este. Provocando una caída del usuario de la bicicleta, bien por realizar una maniobra inesperada por la proximidad del vehículo que está adelantando o bien por producirse una colisión con algún elemento exterior del vehículo.

Esta tipología de accidentes puede producirse tanto en vías urbanas como interurbanas. En las carreteras interurbanas, adicionalmente hay que considerar el efecto que el vacío produce al paso de un vehículo pesado y que genera una situación de riesgo adicional a la de la proximidad de adelantamiento. De ahí la importancia de que los vehículos mantengan la distancia mínima de



Figura 6. Carril segregado con STOP para el ciclista



Fuente: Elaboración propia

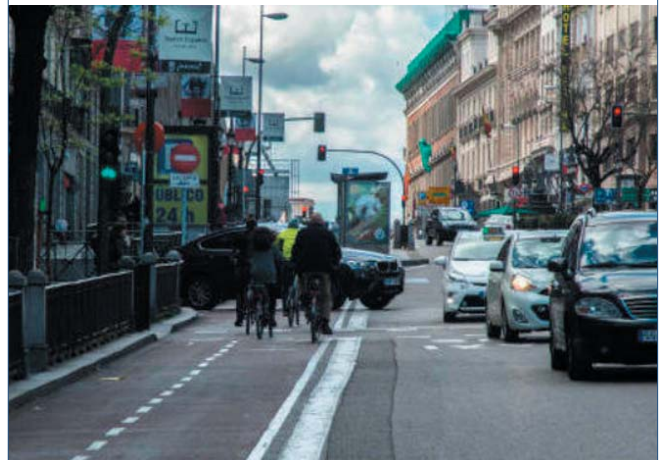


Figura 7. Cruces transversales en zonas urbanas



Figura 8. Adelantamiento sin guardar distancia de seguridad en zonas urbanas e interurbanas



interurbanas. El riesgo y peligrosidad en este segundo tipo de vías se ve acentuado por la gran diferencia de velocidad entre el ciclista y el vehículo, lo que motiva accidentes de elevada mortalidad para los ciclistas.

### Accidentes motivados por la apertura de puertas en un vehículo estacionado

también para las puertas del lado del acompañante.

En el caso de vías ciclistas diseñadas específicamente para los usuarios de la bicicleta debe prestarse especial atención en la fase de diseño debiendo considerarse los gálibos mínimos necesarios para realizar la acción de apertura de puertas y minimizar el riesgo de esta tipología de accidente.

1,5m de separación con el ciclista en la maniobra de adelantamiento. Recomendable para las zonas urbanas, y de obligado respeto en las carreteras, e independientemente de la sección transversal de la misma y de que exista o no arcén pavimentado.

Debe prestarse una especial atención a la difusión de esta prescripción de separación de 1,5m entre vehículo y ciclista durante la maniobra de adelantamiento y a su cumplimiento.

### Accidentes motivados por el alcance del vehículo al ciclista

El vehículo alcanza al ciclista fundamentalmente por una falta de percepción, distracción o ausencia de visibilidad.

Puede producirse tanto en calles unidireccionales como bidireccionales. Las causas que motivan este tipo de accidentes se acentúan en periodo nocturno y/o en periodos meteorológicamente adversos.

Esta tipología de accidentes puede darse tanto en vías urbanas como

Tal y como se pretende reflejar en el esquema adjunto, se trata de un accidente que se produce cuando el ciclista circula próximo al margen derecho del carril, en una zona de aparcamiento, donde se encuentra un vehículo estacionado y en el que el conductor abre la puerta del vehículo sin percibir la presencia del ciclista.

Aunque en el esquema que se presenta se ha considerado la apertura de la puerta de la zona del conductor, este problema, en vías con doble carril de circulación y aparcamiento en ambos márgenes puede darse

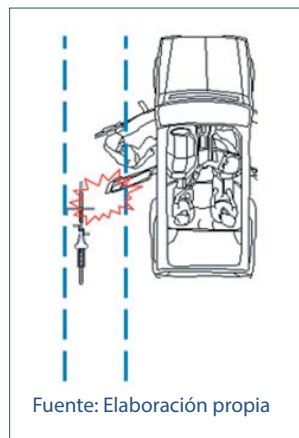


Figura 9. Apertura de puertas del vehículo en proximidad de ciclista

ca, podría darse en vías interurbanas por estacionamiento de un vehículo por avería,... aunque en este caso la percepción del ciclista es mucho mayor que la se puede dar en vías urbanas, donde la probabilidad de ocurrencia de esta incidencia es mucho más probable).

El riesgo de accidente no se circunscribe únicamente al posible impacto del ciclista con la puerta del vehículo, sino que podría darse el caso de que el ciclista reaccionase ante la apertura de la puerta del vehículo, modificase bruscamente su trayectoria, e irrumpiese en la zona de circulación de otro vehículo que circulase en sus proximidades (generando un alcance, caso ya comentado) o bien, tal y como se observa en la Figura 9, podría acceder, de forma brusca, a una zona de acera con posible afección a los peatones o chocar con el bordillo de la acera, produciendo una caída del ciclista.

### Accidentes motivados por conflictos con peatones (acera-bici, intersección paso peatonal)

Esta tipología de accidentes es consecuencia de los conflictos existentes entre ciclista y peatón producidos por:

- ausencia de espacio específico en aceras para el tránsito y circulación de cada uno de los usuarios
- invasión del peatón del arcén bici, o salida de la bici de su zona de carril
- conflicto de prioridades en intersecciones entre carril bici y paso de peatones

Este tipo de accidente puede agravarse por una velocidad excesiva del ciclista y por la falta de atención del peatón que circula por la acera.

Resulta imprescindible realizar un diseño adecuado de aceras-bici teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Anchura mínima de las aceras para su implantación



Figura 10. Conflicto entre peatones y bicicletas

- Anchura óptima de la acera-bici. Evitar sobredimensionamiento.
- Tratamiento de aceras-bici unidireccionales o bidireccionales
- Planteamiento de medidas en función de la intensidad del tráfico peatonal.
- Alternativas de tratamientos para la segregación del tráfico ciclista-peatonal en aceras-bici.
- Implantación de sistemas óptimos de reducción de velocidad ciclista en puntos singulares o de conflicto con el tráfico peatonal.
- Análisis de trazado en las paradas de transporte público y en las zonas de acumulación de tráfico peatonal.
- Estudio y tratamiento de cruces e intersecciones.
- Materiales óptimos para pavimento en aceras-bici. Diferenciación y visibilidad frente tráfico peatonal.
- Diseño e implantación de señalización vertical y horizontal en aceras-bici.
- Implantación de estacionamientos ciclistas con afección mínima al tráfico peatonal. Dimensiones mínimas de maniobrabilidad adecuada.

Este tipo de situaciones son específicas de las vías urbanas. Como, además, hemos visto en el apartado anterior es posible que alguna acción de los vehículos, o de sus ocupantes, generen conflictos entre las bicicletas y los peatones.

En vías interurbanas, de forma aislada podría darse esta situación cuando peatón y bicicleta utilizan conjuntamente la zona del arcén para circular.

### Accidentes motivados por animales (acera-bici)

Se trata de un caso análogo al caso anterior, por lo que se debe incidir en la necesidad de realizar un adecuado diseño de las aceras-bici, pero además debe tenerse en cuenta el agravante de la incertidumbre de las reacciones o movimientos que puede tener un animal paseado por su dueño, por lo que tanto los ciclistas como los propietarios de los animales deben ser conscientes de la situación de riesgo que pueden generar o que se pueden encontrar en caso de presencia de animales de compañía en su proximidades.



Figura 11. Bici y animales domésticos

### Tipología de accidentes con ciclistas en vías interurbanas

Siguiendo un planteamiento análogo al ya establecido para la tipología de accidentes con ciclistas en las zonas urbanas, se recoge en la Figu-

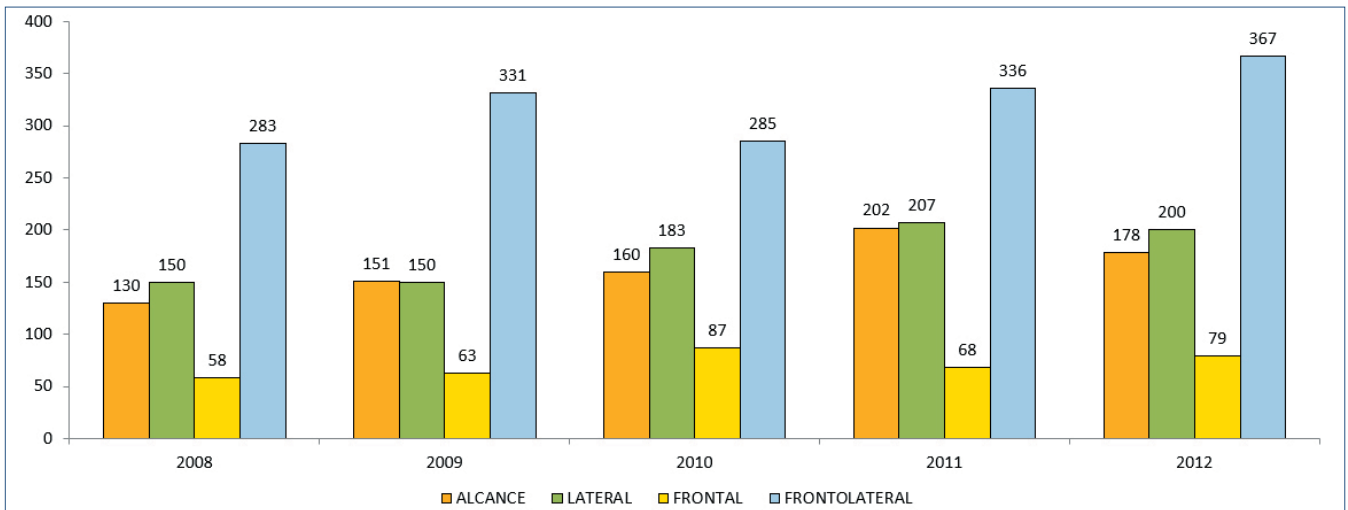


Figura 12. Tipología de accidentes ciclistas en zona interurbana. Periodo: 2008-2012. Fuente: DGT

ra 12 la evolución de las principales tipologías de accidentes ciclistas en las vías interurbanas, observándose, de un lado el incremento constante en el número de accidentes y de otro la relevancia que tienen los accidentes fronto-laterales en la accidentalidad de ciclistas en vías interurbanas (como ya ocurría también en vías urbanas). Aunque en este tipo de vías interurbanas hay que destacar, como significativos, tanto los accidentes por colisión lateral como los alcances.

Pasemos, a continuación, a analizar las posibles situaciones generadoras de riesgo en la circulación de ciclistas en las zonas interurbanas (conforme a las caracterizaciones realizadas en la Figura 4).

### Accidentes motivados por la realización de un adelantamiento desistido del vehículo

El vehículo procede a realizar la maniobra de adelantamiento al ciclista y cuando se encuentra a la altura del ciclista, bien por detectar la presencia de un vehículo en dirección contraria, bien por considerar que no dispone de espacio suficiente para realizar el adelantamiento, o por cualquier otra causa, decide abortar la maniobra. Al realizar la rectificación de su trayectoria para regresar a su carril de circulación cierra el paso al ciclista pudiendo colisionar de forma lateral o alcanzar por detrás al mismo.



Figura 13. Adelantamiento con vehículo en sentido contrario



Figura 14. Adelantamiento con ciclistas en sentido contrario

Debe destacarse la peligrosidad de la maniobra dada la importante diferencia de velocidad entre el vehículo y el ciclista. Pudiendo producirse el accidente sin necesidad de que el vehículo toque al ciclista, pudiendo éste caer por el vacío que genera el vehículo a su paso.

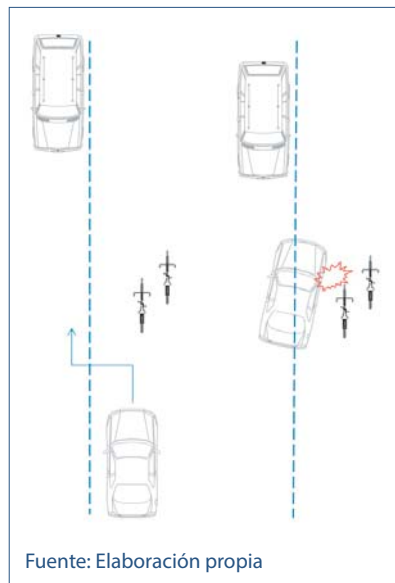
Nos encontramos ante una tipología de incidencia específica de las zonas interurbanas, aunque podría darse

también, de forma aislada y esporádica, en zonas urbanas. Las Figuras 13 y 14 muestran situaciones de riesgo potencial en este tipo de tipologías, en las que además tiene una influencia significativa tanto la sección transversal de la carretera, la orografía y el número de ciclistas que están circulando.

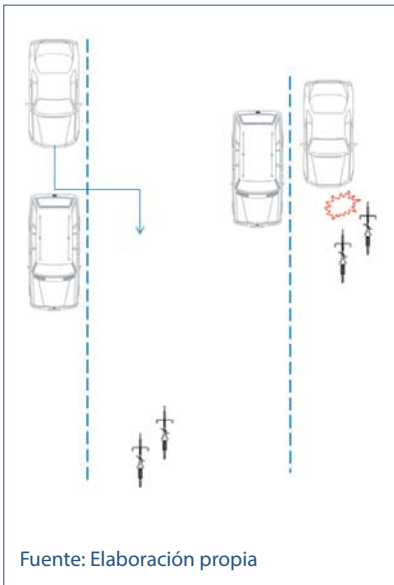
### Accidentes motivados por colisión frontal del ciclista con un vehículo en adelantamientos o carreteras con sección reducida

Este tipo de accidentes tienen su origen en la maniobra de adelantamiento de un vehículo al que le precede, sin percibir la presencia de un ciclista, o grupo de ciclistas, circulando en sentido opuesto. Y que caso de que no pueda abortar la maniobra, impacta frontalmente con los mismos.

La peligrosidad de esta tipología de accidente tiene especial significado tanto la sección transversal de la carretera como la orografía (rampa o pendiente) y la visibilidad de la carretera.



Fuente: Elaboración propia



En caso de carreteras con arcén, aunque de reducida sección, cabe la posibilidad de que el ciclista se refugie en el mismo, aunque existe un riesgo elevado de pérdida de control de su bicicleta, especialmente si circula en grupo.

En carreteras con sección reducida o trazado accidentado, existe la posibilidad de producirse un accidente por colisión frontal al invadir el carril contrario.

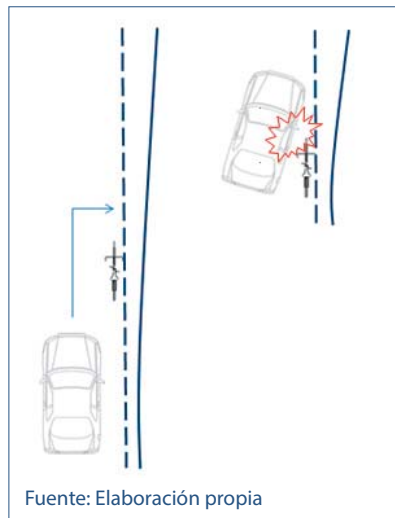
No debiendo olvidar tampoco la influencia en este tipo de accidentes del propio trazado ya que en caso de ser sinuoso, continuas curvas o cambios de rasante, podría disminuir notablemente la visibilidad de los vehículos o de los propios ciclistas.

### Accidentes motivados por la incorporación/salida vehículo por la derecha

Este tipo de accidentes se produce cuando un vehículo procede a realizar la maniobra de salida de la vía o la incorporación a otra, con la presencia de un ciclista circulando por el arcén de la vía principal.

Ante la proximidad de la salida, y un cálculo erróneo de distancias o velocidades, el vehículo adelanta al ciclista y realiza el giro a derecha hacia la vía a la que pretende incorporarse, cerrando el paso al ciclista.

En este tipo de situaciones el ciclista puede colisionar con la parte lateral del vehículo, o el vehículo alcanzar al ciclista por la parte posterior.



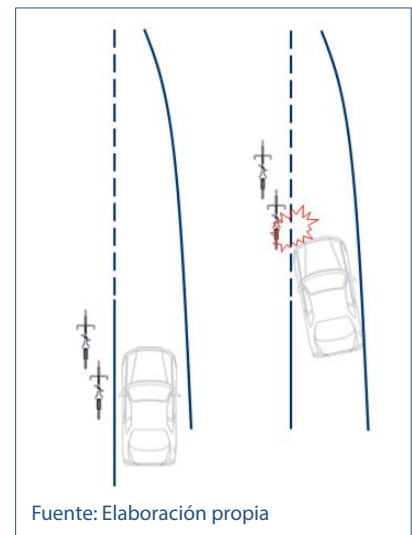
Nuevamente nos encontramos ante una tipología de accidentes que pueden tener una elevada gravedad y que son casi específicos de las vías interurbanas.

### Accidentes motivados por la incorporación de vehículo por la izquierda

Tipología de accidente que tiene su origen la maniobra de incorporación de un vehículo de una carretera a otra principal, desde una vía de aceleración, o una vía secundaria, con la presencia de ciclistas circulando por el arcén de la vía principal.

Ante la proximidad de la salida, el vehículo adelanta al ciclista y realiza el giro a izquierda hacia la vía a la que pretende incorporarse, cerrando el paso al ciclista.

Este tipo de accidente se produce por la falta de percepción del ciclista por parte del conductor, o por un cálculo erróneo de distancias o velocidades, colisionando el vehículo de forma fronto-lateral o por alcance a los ciclistas en función de la velocidad de circulación de los mismos.



Nos encontramos ante una tipología de accidentes que pueden tener una elevada gravedad y que son casi específicos de las vías interurbanas.

## Accidentes motivados en las aproximaciones a glorietas

En la aproximación a glorietas se produce una pérdida de la sección de arcén lo que obliga al ciclista a incorporarse al carril de circulación.

Existe el riesgo de que el vehículo alcance al ciclista debido a que no espera esta maniobra y circule a una velocidad inadecuada. El ciclista no tiene visibilidad en la incorporación que se acentúa con la disparidad de velocidades.

Esta situación puede deberse mejorarse mediante la creación de un carril ciclista segregado previo a la glorieta. Máxime cuando la vía es utilizada de forma significativa por ciclistas.

Esta tipología de accidentes en aproximaciones a glorietas se produce tanto en vías urbanas como en vías interurbanas.

*NOTA: Esta pérdida de sección de carril no es exclusiva de los accesos a glorietas, pudiendo existir también en zona de acceso a puntos singulares de la carretera (secciones transversales más estrechas en puentes, aproxima-*

*ciones a travесías, zonas de aparcamiento de vehículos escolar,...) por lo que dicho estrechamiento debe ser, en cualquier caso, señalizado.*

## Accidentes motivados por conflictos en la circulación en las glorietas

Existe riesgo de colisión fronto-lateral debido a los problemas de trenzado que surgen entre vehículo y ciclista. El conflicto se produce cuando el conductor quiere salir de la glorieta y el ciclista circula por la parte derecha del carril exterior, en glorietas que no presentan tratamiento adecuado mediante segregación de tráfico ciclista.

Otra tipología de situaciones que puede dar lugar a accidentes en glorieta se produce cuando un vehículo que circula por el anillo interior se encuentra con un grupo de ciclistas, cuya cabeza del pelotón se encuentra dentro de la misma, mientras que la cola del grupo circula por el ramal de incorporación. Existe riesgo de

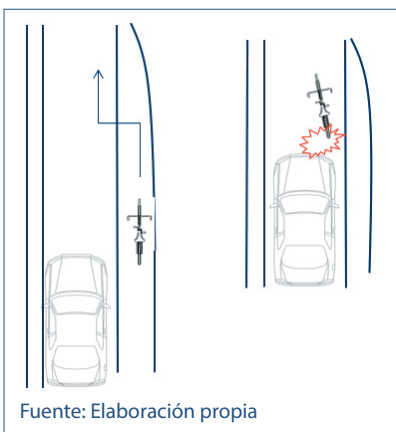
colisión fronto-lateral como consecuencia que el vehículo no cede el paso al considerar que tiene preferencia por estar circulando dentro de la glorieta.

Cuando accede el primer ciclista a la glorieta, tanto él como el resto del grupo se considera una única unidad y tiene prioridad de paso, por lo que el vehículo debe esperar a que pase el último ciclista del grupo.

Estas tipologías de accidentes en glorietas se producen tanto en vías urbanas como en vías interurbanas.

## Bibliografía

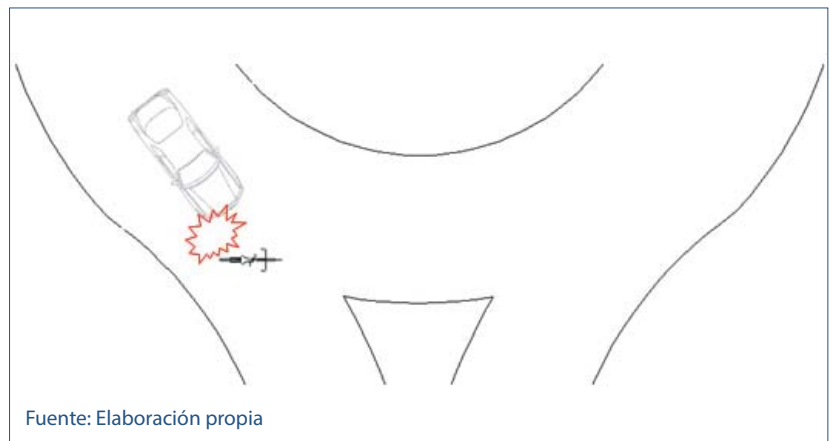
- [1] "Manual para el Planeamiento, Proyecto y Ejecución de Pistas Ciclistas". AIPCR. Madrid.1.985
- [2] "Guide Général de la Voirie Urbaine". Ministère de l'Équipement, du Logement, de l'Aménagement du Territoire et des Transports. AIVF / CETUR.1988.



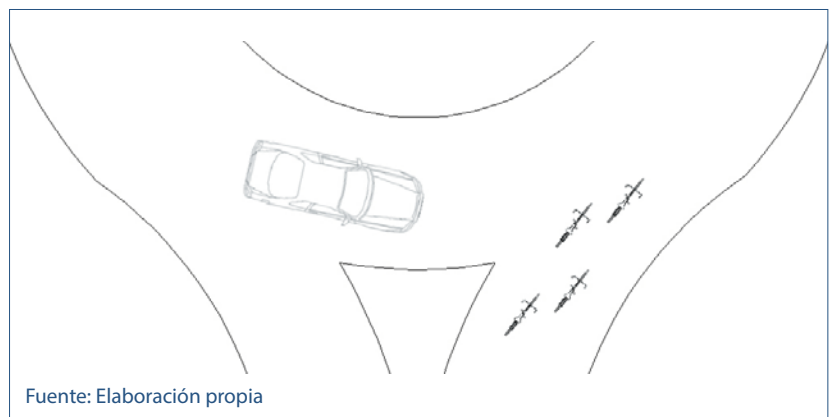
Fuente: Elaboración propia



Figura 17. Ejemplo de carril bici en glorietas



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia



- [3] "La bicicleta en la ciudad". Ministerio de Fomento. 1996
- [4].-"Normativa técnica para la redacción de Proyectos de Itinerarios/ Rutas ciclistas/peatonales". Diputación de Valencia. Área de Carreteras. 1997.
- [5] "Manual de recomendaciones de diseño, construcción, infraestructura, señalización, balizamiento, conservación y mantenimiento de carril bici". Ministerio del Interior. Dirección General de Tráfico. 2001.
- [6] "Recomendaciones de vías ciclistas". Comunidad de Madrid. Consejería de obras públicas, urbanismo y transportes. Alfonso Sanz Alduan, Antonio Fernández Zúñiga, Pedro Puig-Pey. Dirección General de Carreteras. 2001.
- [7] "Señalización de Vías Ciclistas en la Comunidad Valenciana". Joan Cerveró Pozo. Conselleria d'Obres Públiques, Urbanisme i Transport. Generalitat Valenciana. 2001.
- [8] "Plan Director Ciclable 2003-2016". Diputación Foral de Vizcaya. 2002.
- [9] "Plan de la red de Vías Ciclistas de Guipúzcoa". Diputación Foral de Gipuzkoa. 2002.
- [10] "National Cycling Policies for Sustainable Urban Transport. Policy Note and Declaration". European Conference of Minister of Transport. Paris 2004.
- [11] "Plan Estratégico de Infraestructuras y Transporte (PEIT)". Ministerio de Fomento. Junio 2005
- [12] "Manual de vías ciclistas de Guipúzcoa. Recomendaciones para su planificación y proyecto". Alfonso Sanz, Igor Martín, José Francisco Cid, Ander Irazusta, Itziar Eizaguirre. Diputación Foral de Guipúzcoa. 2006.
- [13] "Manual per al disseny de vies ciclistas de Catalunya". Generalitat de Catalunya. Departament de Política Territorial i Obres Públiques. 2007. Antoni Bedoya i Echave, Lara Medina y Sara Hernández.
- [14] "Plan Director de la bicicleta en Navarra". Gobierno de Navarra. 2007.
- [15] "The National Cycling Strategy". Department of Transport. United Kingdom. 2007.
- [16] "Plan Director Movilidad Ciclista de Madrid". "Criterios para el diseño y trazado de vías ciclistas" Alfonso Sanz Aludán. Ayuntamiento de Madrid. Abril 2008.
- [17] "Plan Regional de Vías Ciclistas y Peatonales de Madrid". (Plan CIMA). Comunidad de Madrid. 2008.
- [18] "Tipología y secciones transversales de vías ciclistas en España". Miguel Ángel Carrera Hueso, Diego Sanz Abella, Francisco Selma Mendoza. Artículo revista Carreteras. Nº 172. Asociación Española de la Carretera. 2010.
- [19] "Trazado de vías ciclistas en España". Miguel Ángel Carrera Hueso, Diego Sanz Abella, Francisco Selma Mendoza. Artículo revista Carreteras. Nº 174. Asociación Española de la Carretera. 2010.
- [20] "Pro bici. Guía de la Movilidad Ciclista. Métodos y técnicas para el fomento de la bicicleta en áreas urbanas". IDEA y Transyt. Julio 2010.
- [21] "Firmes empleados en vías ciclistas en España". Miguel Ángel Carrera Hueso, Diego Sanz Abella, Francisco Selma Mendoza. Artículo revista Carreteras. Nº 176. Asociación Española de la Carretera. 2011.
- [22] "La movilidad segura de los colectivos mas vulnerables. La protección de peatones y ciclistas en el ámbito urbano." Observatorio Nacional de Seguridad Vial. D.G.T. Diciembre 2011.
- [23] "Tipología, Secciones, Trazado y Firmes de vías ciclistas en España". Miguel Ángel Carrera Hueso, Diego Sanz Abella, Francisco Selma Mendoza. Ponencia XXI Congreso Vyodeal. A.E.C. Ibiza. 2011.
- [24] "Recomendaciones Técnicas para el diseño de Vías Ciclistas en España". Miguel Ángel Carrera Hueso, Diego Sanz Abella, Francisco Selma Mendoza. Ponencia. V Congreso Nacional de Seguridad Vial. A.E.C. Logroño. 2011.
- [25] "Proyectar Vías Ciclistas". Miguel Ángel Carrera Hueso, Diego Sanz Abella, Francisco Selma Mendoza. Libro editado por la Diputación de Valencia. Valencia 2012.
- [26] "Estudio y análisis de la accidentalidad con ciclistas en las carreteras españolas". José Vicente Pedrola Cubells, Diego Sanz Abella, Francisco Selma Mendoza. Artículo revista Rutas nº 167. Madrid 2016.
- [27] "Actuaciones de seguridad vial en tramos urbanos e interurbanos". José Vicente Pedrola Cubells. Ponencia. VIII Congreso Nacional de Seguridad Vial. A.E.C. Valencia. 2017.
- [28] "Experiencias en actuaciones de seguridad para ciclistas". José Vicente Pedrola Cubells. Diego Sanz Abella. Francisco Selma Mendoza Ponencia. VII Jornadas Nacionales de Seguridad Vial. Ministerio de Fomento-A.T.C. Toledo. 2017.
- [29] "Medidas de calmado de tráfico en redes viarias locales". Francisco Selma Mendoza. Ponencia. VII Jornadas Nacionales de Seguridad Vial. Ministerio de Fomento-A.T.C. Toledo. 2017.



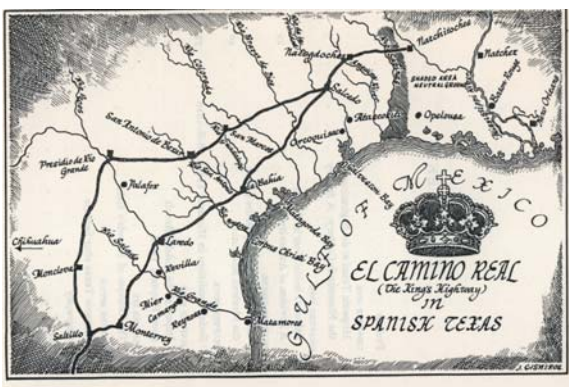
# LOS CINCO CAMINOS ESPAÑOLES QUE SON “NATIONAL HISTORIC TRAILS” DE ESTADOS UNIDOS.

## II. El “Camino Real de los Tejas” (1689)

THE FIVE SPANISH ROADS THAT ARE “NATIONAL HISTORIC TRAILS” OF THE UNITED STATES

**Luis Laorden**

*Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos*



“Tejas” significaba “amigo” en la lengua de los indios “caddo” que con esta palabra recibieron a los españoles. Posteriormente el nombre “Tejas” o “Texas” se aplicó a todo el territorio de la actual Texas

Figura 1. Mapa esquemático del Camino Real de los Tejas dibujado por José Cisneros para el libro “Tragic Cavalier Governor Manuel Salcedo of Texas, 1808-1813.” de Felix D. Almaraz, Jr.

**E**l presente artículo es el segundo de una serie en la Revista “RUTAS” de la Asociación Técnica de Carreteras dedicada a los cinco caminos españoles en el Oeste norteamericano incluidos en la reducida lista de los “National Historic Trails” de Estados Unidos. El primero de estos artículos dedicado al “Camino Real de Tierra Adentro” fue publicado en el número anterior a éste.

**T**his article is the second in a series of “RUTAS” Magazine of the Technical Road Association dedicated to the five Spanish roads in the American West included in the short list of the “National Historic Trails” of the United States. The first of the articles in this series dedicated to the “Camino Real de Tierra Adentro” was published in the previous issue of the Magazine.

### 1. RAZÓN DE SER Y DESCRIPCIÓN GENERAL DEL “CAMINO REAL DE LOS TEJAS”.

El “Camino Real de los Tejas” empezó en 1689 como camino militar para vigilar la costa de Texas y expulsar a los expedicionarios que a finales del siglo XVII el rey Louis XIV de Francia envió a la zona para ocupar territorio español.

Conseguido el objetivo militar el Camino evolucionó para facilitar la gran colonización y poblamiento del enorme territorio de Texas en el que había muchas tribus indias diferentes. España dejó en este territorio un legado de pro-

greso y entendimiento con la población india según quedó reflejado en las cinco Misiones de San Antonio que en 2015 fueron declaradas Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO.

En los años últimos de la presencia de España en Texas el “Camino Real de los Tejas” fue soporte de las múltiples acciones militares y civiles de los que estaban a favor o en contra de la independencia de México, conseguida en 1821. En los primeros años de México el Camino facilitó el establecimiento de colonos estadounidenses en Texas. El interés de Estados Unidos por Texas creció a partir de la



Figura 2. Emblema del “Camino Real de los Tejas National Historic Trail”. Una joven india con su bebé a la espalda y la Misión de San José en San Antonio.



Figura 3. Mapa de la parte del “Camino Real de los Tejas” calificada “National Historic Trail” de Estados Unidos mostrando las alternativas y los ramales diversos del Camino.

batalla del Álamo en 1836. Texas se independizó y en 1845 pasó a formar parte de Estados Unidos. El último servicio del “*Camino Real de los Tejas*” fue facilitar el movimiento de las tropas estadounidenses en la guerra de 1846-1848 en la que México perdió a favor de Estados Unidos el oeste norteamericano que antes había sido español.

El “*Camino Real de los Tejas*” arrancaba del “*Camino Real de Tierra Adentro*” en la provincia mexicana de Coahuila y se dirigía hacia el Noreste con dos alternativas. La alternativa Sur venía de Saltillo y Monterrey y cruzaba el río llamado primero Bravo del Norte y luego río Grande en donde actualmente está el paso fronterizo entre Nuevo Laredo en México y Laredo en Estados Unidos. La alternativa Norte venía de Monclova y cruzaba el río en la zona del “Paso del águila” donde los españoles establecieron el Presidio de San Juan Bautista cerca del actual paso fronterizo entre Piedras Negras en México y Eagle Pass en Estados Unidos.

Pasado el río Grande las dos alternativas del Camino continuaban hacia el Este. La alternativa sur fue llamada de La Bahía por discurrir en la franja costera del golfo de México y la del norte fue llamada de San Antonio porque pasaba por esta población que fue la capital definitiva de la provincia de Texas. Las dos alternativas confluían en la población de Nacogdoches y continuaban hasta la población de Los Adaes, situada en la frontera con la Louisiana francesa, que fue la primera capital de la provincia de Texas. Más tarde cuando en 1763 Francia derrotada por Inglaterra tuvo que retirarse de América del Norte y la Louisiana occidental pasó a ser española con lo que la frontera desapareció y el Camino se prolongó para llegar hasta la población de Natchitoches que hasta entonces había sido la capital fronteriza francesa.

La frontera entre México y Estados Unidos establecida desde 1848 en el río Grande, corta el “*Camino Real de los Tejas*” en dos partes, la parte occidental que permanece mexicana y la parte oriental que es actualmente de Estados Unidos. Obviamente la parte que tiene la calificación de “*National Historic Trail*” y tratamos en el presente artículo es sólo la de Estados Unidos. El camino considerado “*National Historic Trail*” por Estados Unidos incluye numerosos ramales

que configuran una malla de relación entre las dos alternativas mencionadas. La longitud total del Camino calificado en 2004 como “*National Historic Trail*” de Estados Unidos es de 2.580 millas equivalentes a 4.150 kilómetros, incluyendo las dos alternativas principales y los ramales o enlaces diversos.

### El nombre del “Camino Real de los Tejas”.

“*Tejas*”, escrito con “j” o con “x”, significaba “amigo” o “aliado” en la lengua de los indios “caddo” que habitaban en la zona del Este de Texas próxima al valle del Misisipi y con esta palabra recibieron a los españoles. En el origen, decir “*Tejas*” era referirse a los españoles. Posteriormente el nombre “*Tejas*” o “*Texas*” se aplicó genéricamente a todo el territorio de la actual Texas.<sup>1</sup>

Aunque el nombre de “*Camino Real de los Tejas*” está aceptado habitualmente hay historiadores que opinan que más adecuado habría sido llamarle el “*Camino Real de Tierra Afuera del Oriente*” para hacer ver que los dos caminos indicados pertenecían a la misma familia con la diferencia de que el Camino que tratamos ahora va hacia el Este, es decir a la “*Tierra Afuera del Oriente*”, en vez de ir a la “*Tierra adentro del Norte*”. Para simplificar en el presente artículo nos referiremos al “*Camino Real de los Tejas*” con tan solo una palabra pero escrita con mayúscula, el Camino.

### Muchos nombres se conservan en español.

Hay partes del Camino que conservan sus nombres originales escritos en español. Como ejemplos tenemos *Camino Pita*, *Presidio Road*, *El Camino de en Medio*, *El Camino Arriba*, y *El Camino Carretera*. En la lista de tramos o sitios del Camino catalogados de Alto Potencial por el National Park Service de Estados Unidos que es el organismo encargado de la gestión del Camino, están entre otros los nombres en español de *Camino de la Laguna*, *Camino del Baño*, *Mission Road*, *Spanish Lake*, (estos dos últimos en inglés pero claramente españoles), *Lobanillos Swales*, *Dolores Crossing*, *La Villita Historic District*,

<sup>1</sup> NPS 2011, p. 8, nota 3.



Figura 4. Primer mapa del Golfo de México, "mare nostrum" español incluyendo la costa de Texas por Alonso Álvarez de Pineda en 1519.

*Loma Alta, Mission San José Acequia, Nogales Crossing, Paso de los Tejas, Sabinitas o Palo Alto Crossing, Frio Town Crossing, Frio County, Cabeza Creek Crossing, Rancho Señor San José / Rancho de Capitán Piscina, Fuerte del Cibolo, Paso de las Islas o Paso de Francia, Rancho de las Cabras, Rancho de San José de los Corralitos, Rancho de los Ojuelos, El Paso de Jacinto o Paso de los Indios, Garcitas Creek, Lavaca Bay, etc.*<sup>2</sup> Además de los indicados hay en la zona del Camino otros 344 sitios que conservan su nombre en español.<sup>3</sup>

## 2. TEXAS ANTES DEL CAMINO.

El primero en Texas fue Alonso Álvarez de Pineda nacido en Aldeacentenera, provincia de Cáceres, que en 1519 recorrió la costa y dibujó el primer mapa del golfo de México, desde Florida a Yucatan, incluyendo la costa de Texas en plena pugna entre Ponce de León y Hernán Cortés. Desde el principio el Golfo de México fue un "mare nostrum" español. Después de Álvarez de Pineda recorrieron nuevamente la costa en la primera mitad del siglo XVI Guido de Bazares, también escrito Labazares, y Gonzalo Gayón. En el mismo período pisaron tierra de Texas Alvar Núñez Cabeza de Vaca que viniendo de Florida naufragó en la isla que llamaron del "mal hado", actual Galveston, Francisco Vazquez Coronado viniendo del oeste y Luis Moscoso Alvarado continuador de Hernando de Soto viniendo de Florida. Andrés do Campo que había ido con Vázquez de Coronado atravesó Texas de norte a sur desde Kansas hasta la costa del golfo de México.

En 1590-1591 Gaspar Castaño de Sosa fue el primero que cruzó el río Grande con carretas a la altura de las actuales Ciudad Acuña en México y Del Rio en Estados Unidos, y recorrió el Oeste de Texas y parte de Nuevo México con una numerosa caravana. En la segunda mitad del siglo XVII hubo expedicionarios cercanos que cruzaron el río entonces llamado Bravo del Norte, actual río Grande, y entraron en Texas, entre ellos Juan de la Garza, Fernando de Azcue y el misionero Juan Larios con el capitán Fernando del Bosque. También hubo colonos locales y frailes con ánimo para expandir el evangelio por su cuenta. Con las expediciones



Figura 5. Estatua de Alonso Alvarez de Pineda en la ciudad de Corpus Christi, Texas.

indicadas empezó la historia de Texas aunque de momento este territorio quedó en posición de descanso para la Corona de España porque se consideraba que era territorio bien protegido, en el que ningún intruso inglés, francés o de otra nacionalidad, podía entrar.

Para que no faltase nada tuvimos además en Texas y también en Nuevo México, una monja que iba y venía por el cielo para predicar a los indios "jumano" sin salir de su convento en Ágreda de la provincia de Soria en España. Nos referimos a la famosa Sor María de Jesús de Ágreda, la llamada "Dama de azul", cuyas milagrosas bilocaciones fueron contadas por el padre Superior de los franciscanos, fray Alonso de Benavides, en Memoriales que escribió en 1630 y 1634 dirigidos a las dos autoridades de la época, el Rey de España y el Papa de Roma.

## 3. LOS PRIMEROS EN EL CAMINO 1689-1692.

### La expedición de Alonso de León con fray Damián Massanet en 1689.

La situación de tranquilidad respecto a Texas cambió en Nueva España cuando se recibió la noticia de que en 1685 una escuadra francesa enviada por Louis XIV al mando de René Robert de La Salle había entrado sin permiso en el "mare nostrum" español del Golfo de México y se había establecido en la costa de Texas para atacar a España y apoderarse de las ricas minas de plata del norte de la Nueva España. El ambicioso rey francés estaba aprovechando la inoperancia manifiesta del último rey Austria, Carlos II en sus años finales de reinado, para intentar conseguir el objetivo anhelado de implantarse en algún territorio de América mejor que Canadá y con ello disputar la hegemonía de España.

El virrey Tomás Antonio de la Cerda y Aragón ordenó inmediatamente la búsqueda y captura de los intrusos. Once expediciones fueron enviadas por mar y tierra para recorrer

<sup>2</sup> NPS 2011, pp.162-196.

<sup>3</sup> SANCHEZ - ERICKSON 2016, pp. 146-293.

Texas buscando el fuerte francés del que nadie daba noticia. Era como buscar una aguja pequeña en el pajar inmenso de Texas. Al final Alonso de León "el joven", recién nombrado gobernador de Coahuila, fue en 1689 con ciento trece hombres aguerridos y veloces como centellas a caballo y consiguió encontrar lo que buscaba a unas tres leguas al sureste de la actual población de Victoria y no fue un poderoso fuerte militar sino unas ruinas abandonadas en las que yacían sin enterrar los cadáveres de los que habían sido sus defensores masacrados poco antes por los indios "karankawa" de la zona. Los pocos franceses supervivientes del ataque indio habían huido despavoridos. Los restos del jefe La Salle no estaban porque dos años antes, el 19 de marzo de 1687, había sido asesinado por sus propios compañeros que no podían aguantar su mal carácter.

En esta expedición Alonso de León fue con el franciscano mallorquín Damián Massanet, que quería estudiar sobre el terreno la posibilidad de establecer Misiones y predicar a la población india de la zona hasta entonces olvidada. Alonso de León y fray Massanet escribieron diarios en los que anotaron las jornadas con las distancias recorridas y todo lo que veían. Llevaban un astrolabio para calcular posiciones mirando a las estrellas. Con la información que recopilaban dibujaron el primer esbozo del luego llamado "Camino Real de los Tejas".

Tanto Alonso de León como fray Massanet regresaron entusiasmados de la expedición que acababan de hacer juntos a Texas, aunque fuese desde puntos de vista diferentes. Para Alonso de León la expedición había sido un éxito militar por cumplir el objetivo de encontrar al intruso francés y el entusiasmo le venía por las posibilidades de riqueza agrícola y ganadera de las tierras por las que pasaron. Para fray Massanet el entusiasmo venía de una riqueza diferente, la espiritual de cristianizar a la población india.

### La segunda expedición de Alonso de León y Fray Damián Massanet en 1690.

Alonso de León volvió a recorrer Texas con ciento diez soldados y seis frailes del convento de la Santa Cruz de Querétaro con los que partió de la villa de Santiago de Monclova en Coahuila en 1690. En mayo llegaron hasta la parte final del Camino en el Este. El 1 de junio de este año fray Massanet fundó la primera Misión en Texas que llamaron de San Francisco de los Tejas y la Misión del Santísimo Nombre de María.

Nuevamente los dos jefes de la expedición regresaron contentos y propusieron planes a la superioridad más ambiciosos que los anteriores. Contaban para ello con el conocimiento adquirido de la parte de Texas que les interesaba. Había quedado trazado el Camino. Se hicieron los preparativos para una nueva expedición que Alonso de León "el joven" no llegó a ver porque falleció en marzo de 1691 a los cincuenta y dos años de edad.



Figura 6. Mapa "Camino que el año de 1689 hizo el Gobernador Alonso de León desde Coahuila hasta hallar cerca del Lago de San Bernardo el lugar donde habían poblado los franceses". Firmado Sigüenza 1689, con escala en leguas. Primer trazado del Camino Real de los Tejas.

### La expedición del gobernador Domingo Terán de los Ríos y fray Damián Massanet en 1691-1692.

Con las expediciones tratadas hasta ahora el territorio de Texas empezó a tener personalidad propia. En 1691 el virrey conde de Galve otorgó a este territorio la categoría de provincia al mismo nivel administrativo de las existentes más cercanas de Nuevo León, Nueva Vizcaya y la propia Coahuila o Nueva Extremadura de la que se desgajó Texas. Como primer gobernador fue nombrado Domingo Terán de los Ríos que era un veterano con treinta años de servicio en Perú y Nueva España donde había sido gobernador de las provincias de Sinaloa y Sonora.

Nada más recibir el nombramiento Terán de los Ríos hizo los preparativos necesarios y el 16 de mayo de 1691 se puso al frente de una nueva expedición con la que partió de Santiago de Monclova acompañado del imprescindible fray Damián Massanet con el objetivo de empezar el poblamiento efectivo de Texas mediante el establecimiento de poblaciones y la fundación de Misiones. Por tierra fueron cincuenta militares y colonos con diez frailes y tres hermanos legos y además fue una expedición por mar desde Veracruz con más personal y equipamiento para reunirse todos en la bahía de Matagorda.

Esta expedición de Terán de los Ríos y fray Massanet resultó más complicada de lo previsto. No se tuvo éxito en el poblamiento pero el resultado positivo fue completar el conocimiento del Camino..

## 4. LA CONFIGURACIÓN DEL CAMINO

La política española en Texas siguió el mismo modelo de poblamiento utilizado en todos los lugares de América basado en tres componentes, los "presidios", como eran llamados los fuertes militares, las Misiones para los indios y por último los pueblos y haciendas o ranchos dispersos para el establecimiento de los colonos civiles. La presencia española en Texas quedó configurada en tres zonas relacionadas

entre sí por medio del Camino. Mencionamos primero estas tres zonas y luego describimos sus elementos principales:

- La zona Oeste y central con la villa de San Antonio que fue la capital definitiva de Texas.
- La zona del Este fronteriza con la Louisiana francesa, que además de la primera capital en Los Adaes incluía la población de Nacogdoches.
- La zona baja del río Grande y la costa llamada de la Bahía, en referencia a la bahía de Matagorda.

## El “Arco de frontera” y los presidios de Texas.

El mantenimiento de los numerosos presidios que España tenía en la extensa frontera del norte de Nueva España costaba mucho dinero y no había personal suficiente para atenderlos adecuadamente. Siguiendo el espíritu de reforma que inspiraba la Ilustración el rey Felipe V encargó a militares experimentados que hiciesen recorridos de inspección y redactasen informes con mapas para conocer mejor la situación real de los diferentes presidios y proponer reformas. En 1711 se había creado en España el Real Cuerpo de Ingenieros Militares y en los reconocimientos participaron Ingenieros de este Real Cuerpo.

El primer recorrido de inspección fue el del brigadier Pedro de Rivera Villalón que acompañado del Ingeniero Francisco Álvarez Barreiro recorrió tres mil leguas en tres años y medio, de noviembre 1724 a junio de 1728. En 1764 el comandante Juan de Villalba y Angulo redactó un informe con los datos disponibles hasta el momento. El segundo recorrido de inspección fue el de Cayetano María Pignatelli Rubí Corberá y Sant Climent marqués de Rubí que recorrió 2.936 leguas con los ingenieros Nicolás de Lafora y José de Urrutia entre marzo de 1766 y febrero de 1768. El Reglamento de Presidios definitivo se aprobó en 1772. El último recorrido de inspección, útil especialmente para Texas, fue el de Teodoro de Croix de agosto de 1777 a noviembre de 1778, antes de tomar posesión del puesto de Comandante General de las Provincias Internas. En vez de un Ingeniero, Croix llevó como acompañante al fraile franciscano Juan Agustín de Morfi que escribió un interesante diario del recorrido y más tarde presentó diversos informes sobre la frontera y la problemática india.

La conclusión de la actividad reformista comentada en el presente apartado fue suprimir presidios que no se consideraron necesarios y configurar la defensa de la Nueva España mediante un “arco de frontera” que abarcaba desde el Golfo de México hasta el Golfo de California constituido por los quince presidios existentes más importantes y el complemento de compañías volantes además de dos líneas avanzadas de defensa en forma de punta de lanza, la central en Nuevo México con el “Camino Real de Tierra Adentro” y la oriental en Texas con el “Camino Real de los Tejas”, además del establecimiento en la Alta California.

En total hubo en Texas ocho presidios en los puntos estratégicos del Camino, que fueron los de San Juan Bautista (en la orilla occidental del río Grande), Nuestra Señora de los Dolores, San Antonio de Béxar, Nuestra Señora del Pilar, Nuestra Señora de Loreto (presidio de La Bahía), San Francisco Xavier de Gagedo, San Agustín de Ahumada y San Luis de las Amarillas.

## Misioneros y Misiones.

Entre 1690 y 1793 fueron fundadas 27 Misiones en la zona de influencia del Camino<sup>4</sup> y otras 11 en áreas alejadas<sup>5</sup> de Texas, aunque estos datos son discutibles porque algunos historiadores consideran como fundación de nueva Misión lo que era simple traslado de una Misión preexistente. Del total de Misiones indicado solo 9 han soportado intactas el paso del tiempo o han sido reconstruidas para hacerlas visitables. Las Misiones más importantes que han llegado hasta nuestros días son las cinco fundadas entre 1718 y 1731 en San Antonio que en 2015 fueron incluidas en la lista del Patrimonio de la Humanidad, incluyendo el “*Rancho de las Cabras*” que tenían los misioneros a 37 kilómetros de distancia y proveía de carne, leche y productos agrícolas a la población de San Antonio y alrededores.<sup>6</sup>

Una dificultad importante que debían superar los misioneros en su labor era la variedad de lenguas que hablaban las diferentes tribus indias en Texas. Más que lenguas únicas eran familias de lenguas porque debido a la ausencia de lenguaje escrito cada grupo de indios tenía formas de fonética diferentes para una misma palabra. La variedad era increíble. En las cinco Misiones de San Antonio los indios que en ellas convivían tenían más de cincuenta maneras diferentes de pronunciar las palabras. En muchos casos los misioneros confeccionaron diccionarios básicos para entenderse con la población india a su cargo en cada zona y con ello buscaban conseguir que el español fuese el idioma de unificación.<sup>7</sup>

## El paso del río Bravo del Norte en San Juan Bautista.

Antes de existir Texas el río Bravo del Norte era la frontera natural de Nueva España en el noreste. Este río era entonces mucho más bravo de lo que es ahora porque no estaba sometido al régimen de los embalses y las obras de regulación modernas. No había puentes y el cruce sin peligro del río solo era posible hacerlo en los puntos de vado natural con profundidad pequeña y corriente débil. Los vados además de servir para cruzar el río eran punto de reunión de los caminantes que llegaban y esperaban a

<sup>4</sup> NPS 2011. p. 9.

<sup>5</sup> QUIRARTE 2002, pp. 14-15

<sup>6</sup> QUIRARTE 2002, pp. 43-162. SAM WHT 2014 pp. 110

<sup>7</sup> SAM WHT 2014. Anexo 1. pp. 338-341.



Figura 7. El Arco de Frontera en las Provincias Internas de la Nueva España del Norte hacia 1776.



Figura 8. La bandera de España recibe a los visitantes en la entrada del Presidio de N.º S.º de Loreto, (presidio de La Bahía) en Texas.



Figura 9. Misión de San Antonio de Valero en San Antonio conocida popularmente como "Misión del Álamo".

ser de número suficiente para continuar el camino con mayor seguridad frente a las amenazas de los indios hostiles o las diversas incidencias que podían ocurrir. Este carácter de puntos de descanso y reunión hacía que en los vados hubiese actividad permanente de comercio y que los establecimientos fundados creciesen rápidamente con población civil estable además de los militares y los misioneros y también contasen con alojamientos para los transeúntes y la población india auxiliar.

El principio de la historia del vado del río Bravo del Norte en el llamado "Paso del Águila" de la alternativa norte del Camino está asociado al capitán Diego Ramón (1641-1724) que fue el fundador y comandante hasta su muerte del presidio de San Juan Bautista instalado en la orilla mexicana, puesto en el que además tuvo a su cargo el mando de la compañía volante encargada de la defensa de los demás establecimientos en la zona. Casi simultáneamente entre 1700 y 1703 fueron fundadas en este paso la Misión de San Juan Bautista muy próxima al presidio y algo alejadas las Misiones de San Francisco Solano y de San Bernardo. De los edificios mencionados solo se conserva en pie la Misión de San Bernardo cerca de la actual población de Guerrero a unos cincuenta kilómetros aguas abajo del paso del río.

El capitán Diego Ramón fue una de las figuras pioneras que más aportó a la historia de Texas en sus primeros años. Famosa fue su actuación con el explorador y comerciante francés Louis Juchereau de St. Denis al que en 1714 mantuvo en calabozo acusado de contrabando y envió a Ciudad de México para ser interrogado con el resultado de que este francés volvió contratado como asesor de la actividad española en la frontera. La historia incluye el romance que St. Denis mantuvo durante su encarcelamiento con la hermosa Manuela Sánchez Navarro, nieta política del capitán Diego Ramón, culminado con matrimonio feliz y familia numerosa para alegría no disimulada de todos.

### La primera capital de Texas en Los Adaes, 1721, y las relaciones con los vecinos franceses.

La presencia de los indios "caddo" o "caddodaches" en la zona del Este cercana al valle del Mississippi donde los españoles fundaron la ciudad de Los Adaes que tratamos

ahora, viene de épocas antiguas cuando estos indios construyeron grandes montañas funerarias de tierra que se conservan en nuestros días, relacionadas de algún modo intangible con las pirámides en países tan distantes de América del Norte como Egipto, China, México o Perú.

Los indios "caddo" tuvieron la característica importante ya señalada de que fueron amigos de los españoles desde el primer contacto. El nombre Los Adaes viene de los indios "adais" que formaban parte del grupo de los indios "caddo". El territorio era agradable para establecer en él nuevas poblaciones. Aunque las condiciones naturales fuesen buenas el establecimiento de Los Adaes difícilmente habría sido de los primeros que se hicieron si no fuese porque hacía frontera con la zona de la Louisiana donde los franceses se instalaron al amparo de la permisividad otorgada a la dinastía Borbón en la Guerra de Sucesión española y fundaron una ciudad suya apoyándose en el poblado india preexistente de Natchitoches. El objetivo para los españoles en Texas fue entonces el mismo de antes, impedir el posible avance francés y para ello prolongaron hacia el Este el Camino. El capitán Diego Ramón estableció en 1717 la primera posición en la zona y en 1721 el virrey marqués de Valero otorgó a esta población de Los Adaes la capitalidad de Texas.

Los Adaes pensada para parar a Francia acabó siendo en la práctica una ciudad relacionada por el comercio que muchas veces era de contrabando con los franceses de Natchitoches. Con el tiempo se desarrolló una relación de intereses comerciales coincidentes entre la Natchitoches francesa y la población gemela española de Nacogdoches situada también sobre el Camino a unos 149 kilómetros en línea recta de Natchitoches. El parecido de los nombres de estas dos poblaciones, Natchitoches y Nacogdoches, indica que ambas venían del mismo tronco. Fue un poderoso jefe indio que repartió entre sus dos hijos las inmensas tierras que poseía.

Las relaciones entre españoles y franceses en este lejano rincón de la frontera no fueron ásperas ni siquiera en las escaramuzas que tuvieron cuando sus respectivas naciones se peleaban en Europa. Como ejemplo de relación amistosa puede citarse la colaboración de los misioneros españoles porque los franceses no llevaron a Natchitoches sacerdotes que oficiasen la Santa Misa y administrasen sa-



Figura 10. Detalle de la provincia de Texas en el Mapa de fray José Antonio Pichardo en 1811 para la discusión con Estados Unidos de los límites de la Luisiana.

cramentos. Para remediar la carencia francesa los franciscanos españoles solían caminar ida y vuelta periódicamente desde Los Adaes o Nacogdoches hasta Natchitoches para dar consuelo espiritual a los hermanos franceses. El primero en recorrer el Camino para este generoso servicio fue fray Antonio María Margil de Jesús que ofició la primera Misa en Natchitoches en 1716, como acredita la placa ofrecida por el Gobierno de España y colocada el 9 de mayo de 1965 en la fachada de la actual Basílica Menor Catedral de la Inmaculada Concepción de Natchitoches.

La razón de ser de Los Adaes como protección de la frontera desapareció cuando en 1763 Francia fue derrotada por Inglaterra en la Guerra de los Siete Años y la Luisiana occidental pasó a ser española. La capitalidad de Texas en Los Adaes no era necesaria pero se mantuvo hasta 1773. En julio de este año el gobernador de Texas Juan María Vicencio, Barón de Ripperdá dispuso que todos los pobladores debían dejar Los Adaes en un plazo de cinco días y se trasladó a la ciudad para dirigir personalmente el desalojo. Algunos de los adaesños se escondieron en los bosques cercanos para no abandonar lo que tenían. Los que aceptaron marcharse formaron una caravana y tras una penosa marcha de tres meses en el Camino llegaron a San Antonio.

El descontento de los colonos que habían dejado de Los Adaes al llegar a San Antonio fue grande por la mala calidad de las tierras que el gobernador les ofrecía. Actuó como portavoz el inquieto colono y empresario de origen burgalés Antonio Gil y Barbo que se desplazó a Ciudad de México para protestar y exigir al virrey Antonio María de Bucareli y Ursua que les diesen medios y les dejasen fundar una nueva ciudad para los colonos desplazados. El permiso les fue concedido y fundaron una nueva ciudad con el nombre de Nuestra Señora del Pilar de Bucareli en honor del virrey en la orilla derecha del río Trinidad. Las incursiones comanches en 1778 y los desbordamientos del río en

1779 destruyeron las casas de esta nueva ciudad. Los colonos desesperados debieron recorrer nuevamente el Camino para ir a otro sitio. Algunos volvieron para quedarse en San Antonio y otros encabezados por Gil y Barbo se trasladaron a la ciudad de Nacogdoches para empezar una nueva vida cerca de donde habían estado antes.

La situación de frontera cambiaría otra vez por la retrocesión de España a Francia de la Luisiana en 1800 seguida de la compra de esta parte de la Luisiana por Estados Unidos en 1803. El efecto para España de la compra estadounidense de la Luisiana fue un conflicto de límites con Estados Unidos que no se resolvió hasta el Tratado de Adams – Onís en 1819, cuando España estaba a punto de retirarse de América.

## Nacogdoches heredera de Los Adaes.

El visitante que llegue a Nacogdoches será recibido en la plaza principal de esta ciudad por la estatua arrogante de Antonio Gil y Barbo, erguido y seguro de sí mismo, que fue el que la dio vida. También será recibido por la estatua en otro lugar de la ciudad del misionero querido Fray Antonio María Margil de Jesús que en sus caminatas llegó hasta el río Misisipi y en el tiempo que estuvo en Nacogdoches realizó el milagro de salvar a los indios de la hambruna producida por una gran sequía mediante la oración perseverante en el cauce seco del río hasta que consiguió que Dios le oyese y el agua brotase de dos puntos próximos en la ladera. El milagro de fray Margil se recuerda en Nacogdoches escrito en español. Así está en el título de la placa colocada en el lugar donde ocurrió: “*Los ojos de Padre Margil*”.

En Nacogdoches conservan una réplica de la vieja casa de piedra de Gil y Barbo, la “Old Stone House”, que en 1779 era el centro de comercio más importante en la zona. Nacogdoches como sustitución de Los Adaes atrajo pronto a comerciantes y emprendedores estadounidenses. En los finales de 1780 los estadounidenses William Barr y Peter Samuel Davenport fundaron una compañía de comercio que se estableció en la casa de piedra que anteriormente fue de Gil y Barbo.

## El origen de San Antonio en 1718, los colonos canarios en 1731, capital de Texas en 1773.

El plan para fundar la población de San Antonio empezó cuando los españoles que recorrían el Camino desde el paso del río Bravo del Norte a la frontera remota de Los Adaes en el Este apreciaron que era una distancia enorme que requería pararse para reponer fuerzas en etapas intermedias. El punto que Diego Ramón consideró más favorable para el primer descanso fue en el cruce del río que llamaron de San





Figura 11. Mapa de la Sierra Gorda y costa del Seno Mexicano ... por Joséph de Escandón ... 1747. (Estudio antes de la colonización del Nuevo Santander)



Figura 12. Mapa del Ingeniero Miguel Costansó en 1779 con las poblaciones de Laredo, Revilla, Reinos y Camargo en Nuevo Santander, el paso de San Juan Bautista en el río Bravo del Norte, el rancho de Garza y la villa de San Antonio.

segundo hijo del duque de Béxar. El acontecimiento que marcó el futuro de la población establecida a orillas del río de San Antonio lo constituyó la llegada de los colonos canarios el 9 de marzo de 1731, fecha que se conmemora actualmente como fundación definitiva de la actual ciudad de San Antonio. Fueron en total dieciséis colonos con sus familias, 10 de Lanzarote, 2 de Gran Canaria, 2 de La Palma y 2 de Tenerife, en total cincuenta y tantas personas. Sus apellidos perduran en la actual San Antonio. Fue en el período mexicano cuando esta población cambió su nombre oficial por el definitivo actual de San Antonio. Más tarde con Estados Unidos se daría el nombre de Bexar al condado donde está la ciudad de San Antonio.

Antonio de Padua. El terreno era fértil, no faltaba el agua y estaba a 210 kilómetros de distancia en línea recta del paso de San Juan Bautista que para los españoles de aquella época era poca cosa.

La fundación de la nueva población correspondió al capitán Martín de Alarcón con el fraile Antonio de San Buenaventura Olivares, este último que para ello hizo el largo trayecto de más de mil kilómetros desde el convento de Santa Cruz en Querétaro donde estaba destinado. Fray Olivares empleó seis meses para llegar a San Juan Bautista donde descansó brevemente y se incorporó el oficial del Real Cuerpo de Ingenieros Militares Francisco Álvarez Barreiro. La expedición fundadora se puso en marcha el 9 de abril de 1718. En total iban setenta y dos personas entre militares y colonos, incluyendo diez familias completas de Coahuila y Nuevo León y llevaban quinientos cuarenta y ocho caballos y seis recuas de mulas además de ganado. Era una expedición que caminaba lentamente por lo que Fray Olivares fue más rápidamente por separado con sus frailes y unos pocos militares y se encontraron todos en el punto escogido del río de San Antonio. El presidio fue llamado de San Antonio de Béxar y el ayuntamiento constituido por los colonos recibió el nombre de San Fernando de Béxar. Fray Olivares se hizo cargo de la fundación a orilla del río de la Misión que llamaron de San Antonio de Valero, y más tarde fue llamada popularmente "El Álamo".

Hechas las fundaciones previstas en San Antonio, Martín de Alarcón recorrió la zona y continuó hasta las posiciones lejanas del Este. Los nombres escogidos de Valero y Bexar o Béjar, estaban evidentemente relacionados con el nombre del virrey que patrocinó la operación, Baltasar Manuel de Zúñiga y Guzmán Sotomayor y Sarmiento, duque de Arión y marqués de Valero,

### El establecimiento de La Bahía.

La justificación del establecimiento en 1721 del presidio de Nuestra Señora de Santa María de Loreto en la zona llamada de La Bahía, era vigilar la costa para impedir posibles nuevos intentos franceses de ocupar el territorio viniendo por mar como antes quiso hacer La Salle. El primer emplazamiento escogido estaba cercano a donde estuvo el fracasado fuerte de La Salle y fue trasladado dos veces, primero en 1726 a la orilla del río Guadalupe en el actual condado de Victoria y finalmente en 1749 al lugar llamado de Santa Dorotea cerca de la actual Goliad. Próximas al presidio se establecieron las Misiones del Espíritu Santo de Zúñiga y de Nuestra Señora de Santa María de Loreto, y más tarde algo más alejadas las de Nuestra Señora del Rosario en 1754 y finalmente la de Nuestra Señora del Refugio en 1793 que fue la última de las Misiones en Texas. Una guarnición de cincuenta soldados en el presidio protegía el territorio.

La Bahía impulsó el establecimiento de ranchos prósperos incluyendo los cercanos del Nuevo Santander colonizado por José de Escandón. Cuando México fue sacudido por el movimiento independentista, La Bahía fue escenario de algunos de los hechos más importantes para el logro de la independencia por su circunstancia geográfica de fácil recibimiento de los revolucionarios que llegaban por mar además de fácil refugio de los que escapaban de México. En 1812-1813 La Bahía fue ocupada por el criollo independentista revolucionario José Gutiérrez de Lara ayudado por el estadounidense Augustus William Maggee. En 1817 volvió a tener la misma suerte en la campaña realizada por el estadounidense Henry Perry con el francés Luis Michel Aury y el idealista español Francisco Javier Mina en 1817. Por último



Figura 13. Estatua de José de Escandón, fundador del Nuevo Santander, en Alice, TX

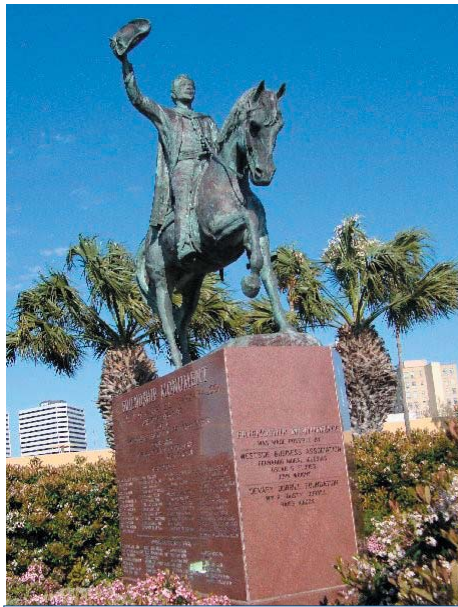


Figura 14. Estatua en Corpus Christi, TX. Dedicatoria 1992 en español e inglés: "Monumento a la Amistad, Uniendo las culturas de España, México y Estados Unidos. Capitán Blas María de la Garza Falcón 1712-1767. Primer colonizador del Condado de Nueces".



Figura 15. Estatua de Antonio Gil y Barbo en Nacogdoches, TX

antes de la independencia fue ocupado otra vez por James Long en su campaña de 1819-1821.

### El Nuevo Santander de José de Escandón en 1748.

La colonización particular más importante en Texas fue la del enorme territorio de las dos orillas del curso bajo del río Bravo que llevó a cabo José de Escandón y fue llamada del Nuevo Santander por el origen cántabro del promotor nacido en Soto de la Marina en 1700. El plan de Escandón aprobado el 13 de mayo de 1748 preveía fundar una primera ciudad para continuar con otras doce en poco más de dos años y fue un éxito en todos los aspectos debido en gran parte a las extraordinarias cualidades de don José acreditadas en su anterior actividad en Querétaro por la que recibió el título de Conde de la Sierra Gorda. Ayudó mucho al éxito la existencia del Camino. Testigos del éxito son los nombres que perduran: Laredo, Güemes, Padilla, Santander, Burgos, Camargo, Reynosa, San Fernando, Altamira, Horcasitas, Santa Bárbara, Soto de la Marina, Aguayo, etc.

### Los ranchos en los "parajes".

Pronto empezaron a proliferar los ranchos ganaderos a lo largo del Camino en lugares a orillas de los ríos que eran denominados "parajes" porque servían de "parada" y descanso para los viajeros que recorrían las largas distancias. El mayor rancho de Texas tuvo su origen en el encargo que Escandón hizo en 1760 al capitán Blas María de la Garza Falcón de construir un nuevo presidio en el tramo del Camino entre el presidio de La Bahía y el Río Grande y como premio le concedió el territorio del río de las Nueces en Texas, donde de la Garza estableció su famoso rancho Real de Santa

Petronila al que se trasladó con toda su familia y en él crió una raza de ganado a la que dio el nombre de "Santa Gertrudis" en honor de su hija María Gertrudis. Hubo al mismo tiempo en Texas más españoles pioneros, antecedentes de los "cow boys" estadounidenses, que fundaron grandes ranchos en Texas, muchos de ellos con nombres bonitos que perduran: "El Potrero del Espíritu Santo", "Llano Grande", "San Juan de Carricitos", "Casa Blanca", "Rincón de Corpus Christi", "Rincón de los laureles", "Laguna Madre", "San Carlos de los Malaguitos", etc.

### La prolongación del Camino hasta Natchitoches.

Cuando la frontera desapareció en 1763 porque la Luisiana francesa pasó a ser española nada fue más natural que prolongar el Camino hasta Natchitoches para que los comerciantes españoles se relacionasen más fácilmente con los comerciantes franceses que habían preferido seguir en Natchitoches. El Camino fue entonces en su parte final del Este una vía comercio fluido entre productores y comerciantes de los dos lados de la antigua frontera. Antonio Gil y Barbo establecido en Nacogdoches fue un buen ejemplo de estos comerciantes y hubo no solo comercio de españoles sino que muy pronto, empezaron a llegar comerciantes de Estados Unidos ansiosos de ampliar mercado cuando el país suyo consiguió la independencia y amplió el territorio inicial de las trece colonias hasta la orilla del Misisipi. Lamentablemente una parte importante del comercio o de los regalos que el hombre blanco ofrecía a los indios para ganarse su amistad eran armas de fuego y whisky, productos en los que España estaba en inferioridad para ser competitiva con los anglosajones.

Para entender el progreso en la zona debe tenerse en cuenta que la comunicación entre Natchitoches y Estados Unidos no era difícil. Desde Natchitoches los que iban a Estados Unidos bajaban por río hasta la población española de Natchez en el Misisipi y desde esta población seguían aguas abajo hasta el puerto de Nueva Orleans donde tomaban los barcos regulares de pasajeros a los puertos estadounidenses en el Atlántico. Los que viajaban en sentido inverso desde el Atlántico norte podían ir por tierra hasta la cabecera del río Ohio y descender por este río hasta el Misisipi para continuar en fácil descenso fluvial hasta Natchez y desde esta población subir a Natchitoches.

## 5. PELIGROS DEL CAMINO. APACHES Y COMANCHES.

El Camino discurría por territorio fácil y suave de fácil recorrido sin pasar por montañas o desiertos. La peligrosidad del Camino estaba en los ataques indios. La problemática india era muy compleja en Texas. Existían en Texas cerca de sesenta naciones o tribus indias diferentes.<sup>8</sup> En general la única característica común de las diversas tribus indias era que todas consideraban a los "apaches" como el enemigo temido. Los "apaches" eran nómadas que se veían obligados a desplazarse hacia el sur por la presión de otros feroces luchadores del norte, los "comanches", y estas dos tribus indias causaban grandes problemas. El movimiento de los apaches se aceleró con el incentivo de las poblaciones y haciendas españolas que podían ser saqueadas fácilmente para con ello obtener caballos, ganado y otros bienes. Tanto los colonos dispersos como las Misiones, y en especial las caravanas de aprovisionamiento y la población de San Antonio sufrían ataques frecuentes por los tremendos jinetes apaches. Los españoles tuvieron que acostumbrarse a vivir bajo la amenaza permanente de los llamados "bárbaros invisibles" porque aparecían y desaparecían en cualquier momento sin ser vistos. Respecto a los "comanches" una muestra de su peligrosidad fue el ataque que hicieron en marzo de 1758 para destruir la Misión de San Sabá fundada un año antes a unos doscientos veinte kilómetros al norte de San Antonio en el que mataron a los misioneros Alonso Giraldo de Terreros y José de Santisteban.

La peligrosidad de los apaches y los comanches impidió establecer un camino que conectase directamente las capitales de las dos provincias contiguas, San Antonio de Texas y Santa Fe de Nuevo Mexico, sin tener que dar el rodeo de ir por el Camino Real de Tierra Adentro. Solo hubo en aquellos años un explorador, Pedro o Pierre Vial de origen francés pero convertido en español cuando la Luisiane francesa dejó de existir, que hizo por encargo de los gobernadores españoles el camino completo entre las dos capitales, del 4 de Octubre de 1786 al 26 de mayo de 1787, y dejó escrito un detallado diario de su experiencia.<sup>9</sup>

## 6. EL GANADO QUE TEXAS ENVIÓ PARA LA INDEPENDENCIA DE ESTADOS UNIDOS.

Intercalamos en la descripción del Camino que estamos haciendo una referencia interesante de Texas. Los caballos criados en Texas eran muy apreciados por sus extraordinarias cualidades para la acción militar igual que era muy apreciado el famoso ganado "longhorn" para la alimentación. Durante los años de la guerra que España declaró a Inglaterra para ayudar a la Independencia de Estados Unidos, entre 1779 y 1782, pasaron por el Camino rebaños enormes de caballos y ganado diverso de Texas enviados por las autoridades españolas para las tropas de Bernardo de Gálvez que combatían en la Luisiana y Florida. Fueron más de nueve mil cabezas de ganado según los documentos en archivo.<sup>10</sup> El transporte no estaba exento de peligros. Los indios belicosos solían atacar las caravanas de envío para quedarse con los caballos y los rancheros y soldados que las conducían tenían que pelear o dar largos rodeos para llegar a su destino y cumplir el objetivo marcado. El recorrido habitual de San Antonio – La Bahía – Nacogdoches – Natchitoches – Opelousas – Nueva Orleans medido en tramos de líneas rectas teóricas tiene 1.073 kilómetros pero sería notablemente superior en la práctica.<sup>11</sup>

El mérito de los españoles que superando todas las dificultades recorrieron las larguísimas distancias con el ganado de Texas para las tropas que luchaban en apoyo de la Independencia está reconocido en Estados Unidos por dos de sus "National Society" más importantes, la "Sons of American Revolution" y la "Daughters of American Revolution". Estas dos "National Society" solo admiten a miembros que acrediten ser descendientes de los luchadores por la Independencia de su país. En Estados Unidos se considera un honor pertenecer a ellas. Respecto a los que llevaron el ganado para Gálvez fue planteado el caso y se adoptó el criterio de admitir también a los descendientes de aquellos rancheros y militares españoles que aunque no estuvieron en primera línea de combate se jugaban la vida y ayudaron eficazmente a ganar la guerra para conseguir la Independencia.<sup>12</sup>

## 7. LOS ÚLTIMOS AÑOS CON ESPAÑA, 1810 -1821.

El movimiento independentista iniciado en México por el cura Miguel Hidalgo en 1810 incidió especialmente en Texas por la proximidad geográfica y por la circunstancia de que fue el gobernador de Texas Manuel Salcedo, llama-

<sup>8</sup> NPS 2011, p. 73. CHIPMAN, p. 26 y siguientes.

<sup>9</sup> REPRESA, 1990. pp. 29-59.

<sup>10</sup> THONHOFF, 2000 pp. 44-72. Dato de las cabezas de ganado enviadas en p. 46.

<sup>11</sup> VILLARREAL, 2014 Mapa del recorrido con el ganado en p. xiv.

<sup>12</sup> Información facilitada por Mary Ann LONG ex Presidenta del Capítulo en España de las Daughters of American Revolution. (DAR).

do "el Caballero trágico" en la obra de Félix D. Almaraz, el encargado de detener a Hidalgo y sus colaboradores para conducirlos al juicio en Chihuahua, donde fueron ejecutados el 30 de julio de 1811. En los años que siguieron hasta la independencia en 1821 el Camino fue un trajín de ir y venir de los que huían perseguidos por los realistas españoles y de los que acudían para incorporarse a la lucha, además de los que directamente entraban en Texas o salían de ella clandestinamente por barco en la extensa orilla del golfo de México.

Muchos acontecimientos vio el Camino en estos años, entre ellos la muerte del propio Salcedo el 3 de abril de 1813 asesinado en condiciones ignominiosas por seguidores del independentista José Bernardo Gutiérrez de Lara que aliado con el estadounidense Augustus W. Magee había conseguido rendir la ciudad de San Antonio. Anteriormente la ciudad de San Antonio había sido independentista con la sublevación de Juan Antonio de Las Casas el 22 de enero de 1811 que duró poco tiempo. Entre los acontecimientos que siguieron después de Salcedo mencionamos a José Álvarez de Toledo que apoyado por las autoridades estadounidenses conspiró contra Gutiérrez de Lara y fue partícipe en diversos movimientos, la ocupación de la isla de Galveston por José Manuel Herrera en 1815 que designó al francés Louis Michel Aury para que la gobernase y desde ella se preparó la expedición en 1817 del propio Aury con el inglés Henri Perry y el joven idealista español Javier Mina, la actuación de los hermanos piratas Jean y Pierre Laffite que al hilo de lo que pasaba arrebataron Galveston a Aury y se establecieron en el delta del Misissippi. Tampoco ignoramos la actuación nostálgica del general francés Charles François Antoine Lallemand que pretendió hacer retroceder el tiempo a la época cuando la Luisiana era francesa y para ello empezó fundando un "Champ d'Asile" que acabó en fracaso. Por último James Long en 1819-1821, el filibustero estadounidense más constante en Texas.

## 8. EL CAMINO CON MEXICO Y ESTADOS UNIDOS DESPUÉS DE ESPAÑA.

Una de las primeras decisiones del gobierno de la nueva nación de México fue favorecer la llegada de colonos estadounidenses a Texas. Era una gestión que había empezado a hacer Samuel Austin con el gobierno español y continuó su hijo Stephen F. Austin. Pronto los colonos estadounidenses en Texas fueron más importantes que los ciudadanos mexicanos. Por otra parte muchos mexicanos en Texas empezaron a admirar más al cercano Estados Unidos que a su propio gobierno en la lejana Ciudad de México que a menudo no prestaba atención a sus problemas. Nació un nuevo sentimiento en Texas, el de ser "tejanos" antes que ser mexicanos o estadounidenses.

Los "tejanos" pidieron la independencia pero México no se la otorgó. La reacción de los "tejanos" fue declararse a sí

mismos independientes. Fueron derrotados y masacrados por el general mexicano López de Santa Anna en el enfrentamiento que concluyó el 6 de marzo de 1836 y pasó a la historia con el nombre del "Álamo", como era conocida la Misión española donde los tejanos independentistas se refugiaron. Acudió inmediatamente el general Samuel Houston con el ejército estadounidense y el 21 de abril del mismo año derrotó expeditivamente a López de Santa Anna en San Jacinto cerca de la actual población de Houston. "Recuerda el Álamo" fue el grito de guerra de todos, en un sentido o en otro. Texas se constituyó como República con la estrella solitaria como bandera. El 29 de diciembre de 1845 Texas pasó a ser parte de Estados Unidos. Con este cambio terminó la Historia del Camino español y mexicano porque pasó a ser estadounidense.

El enfrentamiento en Texas adelantó lo que después iba a pasar en la guerra de 1846 entre México y Estados Unidos. El 2 de febrero de 1848 México y Estados Unidos firmaron el fin de la guerra en el Tratado de Guadalupe Hidalgo por el que México entregó sus territorios del Norte a Estados Unidos. El último servicio prestado por el Camino no fue a México sino a Estados Unidos para el movimiento de sus tropas en dirección a la capital Ciudad de México antes de que llegase la paz.

## 9. RESUMEN. BANDERAS E HITOS EN EL CAMINO.

Es imposible resumir en unas líneas el significado histórico del "Camino Real de los Tejas" porque fue muy grande y variado en los años de su existencia. Especialmente trepidante fue la Historia de Texas a partir del movimiento independentista mexicano hasta la anexión a Estados Unidos. Se suele presentar a Texas como el Estado de las seis banderas, el "Six flags state", pero las banderas en Texas fueron muchas más. En el período indicado de 1810 a 1848 pasaron por el Camino más de veinte banderas diferentes, de ejércitos o grupos que peleaban entre sí además de las banderas fundamentales de España, México y Estados Unidos.<sup>13</sup> Si el Camino no hubiese existido la Historia no habría sido posible.

En la actualidad el viajero que se anime a recorrer el Camino no se sentirá sólo. Le acompañaran ciento veintitrés hitos de granito rosa colocados a lo largo del Camino en 1918 por las "Daughters of the American Revolution" mencionadas anteriormente. Antes de colocar estos hitos en el "Camino Real de los Tejas" las "DAR" habían tenido la misma iniciativa simpática en otro camino español, el llamado "Camino de Santa Fe" o "Santa Fe Trail" del que trataremos en artículo próximo. También hay a lo largo del Camino que hemos tratado muchas placas informativas modernas colocadas por las autoridades actuales.

Otra forma de sentir compañía será mirando el emblema de la distinción "National Historic Trail" otorgada por Estados

<sup>13</sup> GILBERT, 1972.

Unidos al *Camino Real de los Tejas* en 2004. La imagen escogida es una joven india que camina con su bebé a la espalda delante de la Misión de San José en la villa de San Antonio. Es la compañía de la Historia de España.



Figura 16. Uno de los hitos colocados en el Camino por las "Daughters of American Revolution" en 1918. En la imagen el Autor, 2011.

## Bibliografía.

La bibliografía general de la frontera del Norte de Nueva España fue incluida en el primero de los artículos de la presente serie ya publicado. Se indica a continuación una selección de bibliografía específica del Camino Real de los Tejas.

ALESSIO ROBLES, Vito. *Coahuila y Texas en la época colonial*. Biblioteca Porrúa 70. Editorial Porrúa, S.A. México D.F. Segunda edición 1978.

ALMARAZ, Félix D., *Tragic Cavalier Governor Manuel Salcedo of Texas, 1808-1813*. Ilustraciones de José Cisneros. Texas A&M. University Press, College Station. Texas 1971.

CASTAÑEDA, Carlos E. *Our Catholic heritage in Texas, 1519 – 1936*. 7 volúmenes. Von Boeckmann-Jones Company, Austin, Texas. 1936- 1958.

CHIPMAN, Donald E. *Texas en la época colonial*. Editorial Mapfre Colección España y Estados Unidos 1992.

GALINDO, David Rex. *El Camino Real de los Tejas, Past and Present*. Catálogo de la Exposición del Seminario Histórico en Rice University, Houston TX. Coordinación Tania TAPIA. Colaboraciones de Cynthia BRANDIMARTE, Florence Fitch PATON, Steven GONZALES y Christopher TALBOT. Colaboración especial, Cónsul General de España en Houston Miguel Ángel FERNÁNDEZ MAZARAMBROZ. Junio 2011

GILBERT, Charles E, Jr. *A concise History of Early Texas, as told by its 30 Historic Flags illustrated in color*. Editor Charles W. Parsons, Houston. 1972

GONZALES, Steven, GRAHAM, Mary Joy, ESTELL, Lucile. *El Camino Real de los Tejas*. Colección Images of America. Arcadia Publishing, Charleston, South Carolina 2014.

NPS, abreviatura de NATIONAL PARK SERVICE. *El Camino Real de los Tejas National Historic Trail. Comprehensive Management Plan / Environmental Assessment*. Santa Fe NM, 2011.

REPRESA, Amando. *La España Ilustrada en el lejano Oeste. Viajes y exploraciones por las provincias y territorios hispánicos de Norteamérica en el s. XVIII*. Junta de Castilla y León. 1990.

RIVERA, Pedro. *Diario y derrotero de la visita a los presidios de la América Septentrional Española (1724-1728)*. Introducción y notas de Vito ALESSIO ROBLES. Incluye el *Reglamento para todos los Presidios de las Provincias Internas, 1729*. Editorial Algazara, Málaga 1993.

SAM WHT abreviatura de SAN ANTONIO MISSIONS WORLD HERITAGE TEAM. *San Antonio Missions, Texas, United States of America. Nomination to the World Heritage List by the United States of America*. Equipo redactor: Félix D. ALMARAZ Jr., Susan CHANDOHA, Virginia NICHOLAS, Paula PIPER, Paul RIGENBACH Paul, Susan SNOW, United States Department of Interior, San Antonio TX, 2014.

SÁNCHEZ, Joseph P. – ERICKSON, Bruce A. Compilación y Edición. *From Saltillo, Mexico to San Antonio and East Texas: An Historical Guide to El Camino Real de Tierra Afuera and El Camino Real de los Tejas during the Spanish Colonial Period*. Rio Grande Books. Los Ranchos, New Mexico 2016.

TSHA abreviatura de TEXAS STATE HISTORICAL ASSOCIATION, *The Handbook of Texas Online*. Enciclopedia <https://www.tshaonline.org>

THONHOFF, Robert H. *The Texas Connection with the American Revolution*. Eakin Press, Austin Texas, 2000.

VILLARREAL Sr. Jesse O. *Rosters of Texano Patriots of the American Revolution 1776-1783*. J. O. Villarreal, Austin Texas 2014.

## Referencias y Créditos de las Ilustraciones.

1. Dibujo de José Cisneros en el libro *Tragic Cavalier. Governor Manuel Salcedo of Texas, 1808-1813* (1991). Con permiso cortesía del autor, Felix D. Almaraz, Jr.

2 Cortesía de "El Camino Real de los Tejas National Historic Trail Association", Austin, Texas.

3. Fuente. *El Camino Real de los Tejas National Historic Trail. Comprehensive Management Plan / Environmental Assessment*. NPS 2011, Mapa 1-1, p. 21.

4. Archivo General de Indias. MP-Mexico,5

5. Fotografía cortesía Fernando del Moral Iglesias, Cónsul Honorario de España en Corpus Christi, TX, 2011.

6. Archivo General de Indias. Mp-Mexico, 86

7. Con permiso cortesía del autor, Felix D. Almaraz, Jr.

8- 9. Fotografías de Luis Laorden 2008.

10. Cortesía de Mapoteca Orozco Berra, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera SAGARPA, México DF. Clasificador: 1134-OYB-7278-A <http://w2.siap.sagarpa.gob.mx/mapoteca/mapas/1134-OYB-7278-A.jpg> Explicación del mapa y de la discusión de límites en John L KESSELL *Whiter the Waters* 2017 y en *Not so Fast, Mr. Jefferson* 2018.

11. Archivo General de Indias. Mp-Mexico,162

12. Archivo General de Indias. MP-Mexico, 352.

13-14 Fotografías cortesía de Fernando del Moral Iglesias, Cónsul Honorario de España en Corpus Christi, TX, 2011.

15-16. Fotografías de Luis Laorden 2011. ❖



# El desierto de los tártaros (Dino Buzzati)

**Jesús Rubio Alférez**  
*Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos*

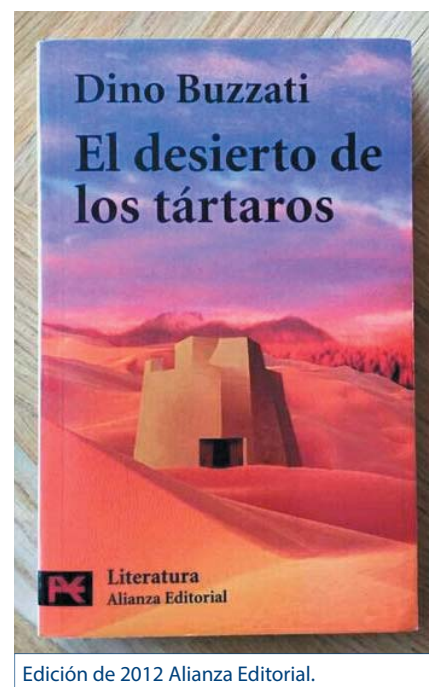
Hay libros en los cuales la carretera es un escenario en el que ocurren cosas, un lugar en el que surgen aventuras y desventuras y cualquier quijote puede verse enfrentado a intemperies y lances o encontrar albergues y hospitalidad. Hay otros en los cuales la carretera es uno de los protagonistas de la historia narrada. El libro de Dino Buzzati es uno de ellos.

La posibilidad de la construcción de una carretera que cambiaría un entorno inhóspito, condiciona toda la trama. La espera es el argumento. Los cambios que acarrearía en cuanto a nueva accesibilidad y la posibilidad de nuevos desplazamientos condiciona la vida de nuestro protagonista.

En ese desierto, real y simbólico a la vez, los cambios serían dramáticos. Según quién observe, las consecuencias podrían ser nefastas, pero ¿no ocurre así siempre que nos enfrentamos a cambios que se escapan a nuestro control? Las tecnoutopías de nuestros días, anunciadas como tecnologías de movilidad disruptivas, que nos van a cambiar la vida cotidiana en un plazo mucho menor de lo imaginado por la mayoría de las



Edición de 2005 Gadir Editorial, con prólogo de Jorge Luis Borges.



Edición de 2012 Alianza Editorial.

personas ¿no tienen un paralelismo con los cambios esperados con expectación y a la vez sin entusiasmo?

La carretera de Buzzati es una espléndida metáfora del esfuerzo de observar y la necesidad de comprender los cambios que se intuyen en el horizonte, del intento de prever los beneficios y los inconvenientes que acarrearán los cambios. Esa curiosidad por entender un mundo en cambio es un estímulo cotidiano,

que hace que encontremos cada día el momento de mirar por nuestro limitado catalejo, para interpretar las luces lejanas que apenas se vislumbran.

Como dice Borges en su prólogo a la edición de Gadir Ed. la obra comentada rezuma angustia y magia, y su autor, heredero de Poe y de Kafka, merece ser de los escritores cuyo nombre perdure en las generaciones venideras. ❖

# 6º Simposio Internacional de Diseño Geométrico de Carreteras 2020

## Abierto el plazo para enviar resúmenes de ponencias

Se ha abierto la convocatoria para enviar resúmenes de ponencias para el próximo Simposio Internacional de Diseño Geométrico de Carreteras que tendrá lugar en **Ámsterdam, del 28 de junio al 1 de julio de 2020**. Este congreso se viene celebrando cada cinco años, organizado por el TRB de Estados Unidos, y en 2010 se desarrolló en Valencia, acogido por el Grupo de Investigación en Ingeniería de Carreteras de la Universitat Politècnica de València.

En esta ocasión, se ha hecho coincidir con la celebración conjunta del Simposio de Vías Urbanas, también en su sexta edición. Así, el ámbito de los posibles trabajos a proponer para ser presentados es muy amplio, cubriendo todas las redes viarias y sus elementos. Se pueden proponer **investigaciones, estudios, casos prácticos y aplicaciones** que tengan que ver con el diseño viario en un sentido muy amplio, englobando

no solo el trazado, sino los factores o condicionantes del mismo, como el factor humano y los diversos tipos de usuarios, así como los impactos que se producen en la seguridad vial, la operación del tráfico y la sostenibilidad. Además, hay un ámbito especial abierto a las propuestas relacionadas con los retos recientes y próximos, así como a todas las innovaciones que van surgiendo.

Los resúmenes se pueden enviar **hasta el 30 de abril** de este año, y en el caso de ser aceptados, los manuscritos de las ponencias se han de enviar antes del 1 de octubre:

[www.ishgd2020.org](http://www.ishgd2020.org)

Por último, este Simposio tiene un formato singular de presentaciones que se corresponden con los denominados **informes de países**, que incluyan una visión general de sus **innovaciones y desarrollos recientes**

**significativos en las normativas y guías de diseño geométrico de carreteras, así como en la práctica del mismo.** Se invita a toda aquella persona o grupo de personas, que se consideren representativas de su país, a enviar un **resumen de una página de su propuesta de Informe de su país antes del 3 de junio** de este año. En esta ocasión, el Prof. Alfredo García de la Universitat Politècnica de València es el responsable de los informes de países dentro del comité organizador del Simposio, por lo que, si se tiene interés en participar en este formato de presentación, se debe contactar con él ([agarciag@tra.upv.es](mailto:agarciag@tra.upv.es)) para obtener más información y orientación. Los ponentes pueden pertenecer a una administración viaria, pero también pueden ser académicos o profesionales. ❖





# SÚMATE AL PROYECTO ONGAWA

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

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

Antes:



ONGAWA es una asociación declarada de Utilidad Pública. Las cuentas de ONGAWA son auditadas anualmente por BDO Audiberia. ONGAWA cumple todos los Principios de Transparencia y Buenas Prácticas de la Fundación Lealtad. ONGAWA recibió, en 2005, la certificación ante la AECID como ONGD Calificada en el sector Tecnología



# XXVI Congreso Mundial de la Carretera

Se celebrará en Abu Dabi, Emiratos Árabes Unidos, del 6 al 10 de octubre de 2019, y estará enfocado al tema: "Conectando culturas - Fortaleciendo economías".



El evento incluirá 150 presentaciones con más de 50 talleres de trabajo y sesiones. Reunirá a muchos ministros y viceministros de los 121 países miembros y a más de 5.000 delegados procedentes de más de 100 países, haciendo un total de más de 8.000 participantes. El Congreso irá acompañado de una gran exposición con casi 300 expositores y aproximadamente 20.000 visitantes. Formará parte de la ya larga historia de Congresos Mundiales de la Carretera, historia que comenzó en 1908 en París.

EL XXVI Congreso Mundial de la Carretera de PIARC será una oportunidad única para presentar los numerosos resultados técnicos y mejores prácticas en todas las áreas relacionadas con la carretera y el transporte por carretera. Está dirigido a todas las partes interesadas del mundo entero, tanto del sector público como del privado, que podrán reunirse para presentar y debatir sobre los nuevos planteamientos y soluciones y compartir sus experiencias. ❖



120  
PAÍSES



50

SESIONES Y & TALLERES



5000

DELEGADOS



40

MINISTERIOS DE TRANSPORTE



300

EXPOSITORES



CONECTANDO CULTURAS  
FORTALECIENDO ECONOMÍAS

6 - 10 Octubre 2019

INSCRIPCIONES EN:  
[www.aipcrabudhabi2019.org](http://www.aipcrabudhabi2019.org)

# VII SIMPOSIO DE TÚNELES DE CARRETERA

**TÚNELES: ACORTAN DISTANCIAS, UNEN PERSONAS. PANORAMA ACTUAL Y BUENAS PRÁCTICAS**



**BARCELONA, 12, 13 y 14 de febrero de 2019**

En el Palau de Congressos de Barcelona, durante los días 12, 13 y 14 de febrero del presente año 2019, se ha celebrado el VII Simposio de Túneles, bajo el lema "Túneles: Acortan distancias, unen personas. Panorama actual y buenas prácticas". Promovido por el Ministerio de Fomento y organizado por la Asociación Técnica de Carreteras (ATC), el Simposio contó con la colaboración de la Generalitat de Cataluña, el Ayuntamiento de Barcelona, el Área Metropolitana de Barcelona, BIMSA (Barcelona de Infraestructuras Municipales), la Cámara Oficial de Contratistas de Obras de Barcelona y el Colegio de Caminos Canales y Puertos.

El interés de un programa técnico que abordaba temas relacionados con la seguridad, mejora en la explotación, conservación, reparación, nuevas tecnologías, análisis de riesgo, sistemas de evacuación, simulacros, emergencias, sostenibilidad en los túneles, con 24 ponencias, 38 comunicaciones libres, y 21 comunicaciones publicadas, que incluía además, tres visitas técnicas a los túneles de la Plaza de Las Glorias, de Vallirana en la N-340 y de Viladecavalls en la B-40 logró convocar a cerca de 600 asistentes y la ocupación de 21 stands en la exposición técnico-comercial celebrada en paralelo.

## SESIÓN INAUGURAL

El acto estuvo presidido por D. Pedro Saura García, Secretario de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda del Ministerio de Fomento, D. Patrick Mallejack, Secretario General de la Asociación Mundial de la Carretera (AIPCR), D. Isidre Gavín i Valls, Secretario de Infraestructuras y Movilidad de la Generalitat de Cataluña, D. Manuel Valdés López, Responsable de Infraestructuras del Ayuntamiento de Barcelona; D. Francisco Javier Herrero Lizano, Director General de Carreteras del Ministerio de Fomento, Dña. María del Rosario Cornejo Arribas, Presidenta de la Asociación Técnica de Carreteras y D. Rafael López Guarga, Jefe



Mesa Inaugural presidida por D. Pedro Saura García, a la izquierda, D. Isidre Gavín i Valls, D. Patck Mallejack y Dña. María del Rosario Cornejo Arribas, a la derecha, D. Francisco Javier Herrero Lizano, D. Manuel Valdés López y D. Rafael López Guarga

de la Demarcación de Carreteras del Estado en Aragón y Director Técnico del Simposio.

En las intervenciones se destacó el beneficio económico y social que los túneles han tenido, con impacto muy importante en la productividad, más en un país con una orografía tan complicada como es España, siendo el tercer país de la Unión Europea en longitud de túneles, detrás de Austria e Italia. Gran parte del impacto de las infraestructuras en el crecimiento se debe a los túneles y aun a pesar de su elevado coste de inversión inicial (entre 15 y 25 millones de euros por km) y de mantenimiento (entre 130.000 y 300.000 euros por km al año).

La mejora de las infraestructuras viarias no se podría explicar sin los túneles de carretera, habiendo en la actualidad en España 710 túneles gestionados por las distintas Administraciones Públicas, perteneciendo gran parte al Estado.

Los objetivos por parte del Ministerio de Fomento sobre la política de trans-

portes e infraestructuras son la Seguridad y seguir adecuando a los requisitos de seguridad de la normativa europea todos los túneles de la red estatal de carreteras construidos antes de 2006, año en que tales requerimientos fueron recogidos en el ordenamiento jurídico español. Por ello, entre otras actuaciones, se prevé incrementar la dotación destinada a la Conservación de carreteras en un 32% respecto a la del año 2018.

Se hizo una exposición sobre la Asociación Mundial de la Carretera (AIPCR) a la que pertenecen 122 Gobiernos, colaborando más de 1.200 expertos en distintos Grupos de Trabajo. El Comité de Explotación de Túneles de Carretera TC. D5 cuenta con 73 miembros de diferentes países y 82 miembros asociados.

Especial mención se hizo al Manual de Explotación de Túneles de Carretera que puede ser consultado en la web de la AIPCR y que está disponible en 9 idiomas. Además en la actualidad existen 38 informes técnicos y otros 6 en proceso

de redacción que serán presentados en octubre de 2019 en el Congreso Mundial de la Carretera en Abu Dabi. Por último se puso de manifiesto la activa participación del Comité Técnico Nacional de Explotación de Túneles de Carretera y de sus Grupos de Trabajo.

En octubre de 2018 tuvo lugar la 1ª Conferencia Internacional sobre túneles en Lyon (Francia) con muy buenos resultados, específicamente diseñada para los profesionales que trabajan en aspectos como la explotación y la seguridad en túneles con más de 330 participantes de 33 países y 38 expónsores, planeándose una nueva Conferencia en 2022.

Como colofón de esta sesión inaugural, hubo una actuación musical a cargo del conjunto de cuerdas clásico "Exquists" que deleitaron a los presentes con una serie de interpretaciones.

Tras este acto, se procedió a inaugurar la exposición técnico-comercial con una cordial y atenta visita a todos los stands.



Actuación musical y visita a los Stand en los que veintiún empresas expusieron a los asistentes las novedades en métodos, soluciones, tecnologías y productos



**Martes, 12 de febrero de 2019**

## PRIMERA SESIÓN: “EL FUTURO DE LOS PROYECTOS DE TÚNELES DE CARRETERA”

Presidió la mesa D. Francisco Javier Herrero Lizano, Director General de Carreteras del Ministerio de Fomento.

D. Rafael López Guarga, Director Técnico del Simposio, abrió la sesión con su ponencia general “Concepción y Proyecto de túneles de carretera para el futuro”.

A modo de introducción, el Sr. López Guarga estableció el fundamento y el alcance del Simposio. Planteó la necesidad de establecer un método sistemático para la planificación y el proyecto de los túneles, teniendo en cuenta los desafíos actuales más importantes y las tendencias y el desarrollo de éstos en los últimos 10/15 años.

Para llegar a tal fin puntualizó que el Proyecto es una combinación de aspectos de seguridad de los usuarios, desafíos técnicos, aspectos estéticos, económicos y medioambientales y actividades de explotación y mantenimiento además de que necesariamente implica la interacción entre personas con diferentes conocimientos como son: titulares del túnel, autoridades, servicios de emergencia, proyectistas, servicios de mantenimiento y explotación y proveedores.

El principio general de seguridad integral del túnel debe basarse en un enfoque holístico teniendo en cuenta los servicios de emergencia, los procedimientos de explotación, los usuarios, el equipamiento electromecánico, el mantenimiento, el plan de seguridad, la propia infraestructura y los equipamientos de seguridad, debiendo además esta-

blecer al menos la misma seguridad que en carreteras a cielo abierto.

Para conseguir los objetivos de la seguridad integral es importante tenerlos presentes en todas las fases: proyecto, construcción, explotación y gestión del túnel.

Especial énfasis hizo el Sr. López Guarga en las tendencias y desarrollo de la planificación y el proyecto ya que los túneles se proyectan hoy en día con un nivel de seguridad para los usuarios mucho más alto que en el pasado (1960 – 2000), teniendo mucho más en cuenta los Costes del Ciclo de Vida y las actividades de Explotación y Mantenimiento.

Por último, abordó algunas de las soluciones adoptadas para salvaguardar la seguridad en los apartaderos y frente a obstáculos laterales en túneles, los sistemas pasivos de protección contra el fuego más usados, la elección del pavimento bituminoso o de hormigón y la conveniencia de revisar el RD 635/2006 haciéndolo más flexible teniendo en cuenta la identidad de cada túnel.

Seguidamente, D. Ignacio del Rey Llorente, Ex-Presidente del Comité de Túneles de la AIPCR, hizo su exposición sobre “El Comité Técnico D.5 de túneles de la AIPCR y la importancia del retorno de la experiencia”

Mediante una serie de diapositivas, el ponente fue explicando la composición de los Comités de la AIPCR, denominada Asociación Mundial de la Carretera, creada en 1909 y cuyo objetivo es promover la cooperación internacional en temas relacionados con la carretera y el transporte por carretera contando en la actualidad con Comités Nacionales en 42 países.

El Comité Nacional español de la Asociación Mundial de la Carretera (Asociación Técnica de la Carretera, ATC) desde su fundación en 1971 trata de proporcionar un enfoque nacional, canalizar información de la AIPCR/PIARC a una audiencia nacional, organizar seminarios y gestión de administración de sus asociados nacionales para la AIPCR/PIARC.

La AIPCR ha publicado diversos informes técnicos producidos por sus Comités Técnicos, concretamente en el Ciclo 2012-2015 se publicaron 44 informes y en el Ciclo 2016-2019 se prevé que se publiquen otros 54.

En el Plan Estratégico 2016-2019 figura el apartado D relacionado con la Infraestructura, en el que se encuadra el Comité Técnico “TC D.5 Explotación de Túneles de Carretera” cuyo trabajo se centra en el Manual, la Explotación sostenible, la Seguridad integral, las Grandes infraestructuras subterráneas e interconectadas, las Personas con movilidad reducida y las Emisiones en túneles. De los 38 informes técnicos que tiene publicados 17 están en español.

También señaló el Sr. del Rey que otras actuaciones en curso del Comité TC D.5 para este Ciclo son el seguimiento de nuevas tecnologías como Iluminación LED, Sistemas Inteligentes de



D. Ignacio del Rey Llorente, Ponente del Simposio y miembro del Comité TC D.5 de la AIPCR, durante su intervención



D. Bernhard Kohl, Colider del GT2 del Comité TC D.5 de la AIPCR, durante su exposición

Transporte (ITS), Impacto de los nuevos sistemas de propulsión en la seguridad en túneles de carretera y la actualización del programa DGQRAM.

La tercera ponencia, "Evaluación del Riesgo como una herramienta en el proyecto de toma de decisión para la mejora de la seguridad", estuvo a cargo de D. Bernhard Kohl, Colider del GT2 del Comité TC D.5 de la AIPCR.

El Sr. Kohl expuso que el riesgo en un túnel de carretera se tiene que prever en un marco de conjunto formado por la normativa para el proyecto, la construcción y la explotación, centrándose en las especificaciones de diseño técnico para establecer un cierto nivel de estandarización y garantizar un rendimiento adecuado de los sistemas técnicos.

Existe una creciente necesidad de adoptar herramientas de evaluación de riesgo para la toma de decisiones, siendo en general el estándar de seguridad de los túneles de carretera en Europa alto por lo que las mejoras de la seguridad del túnel son muy costosas y los recursos financieros limitados. En la mayoría de los casos existen diferentes opciones para alcanzar un objetivo de seguridad, proporcionando los modelos de riesgo un enfoque bien equilibrado, siendo una base racional para decisiones complejas.

"El proyectista ante las exigencias de comportamiento al fuego en los túneles" fue la última ponencia de la sesión, y fue presentada por D. Juan Ramón López Laborda, Director de Infraestructuras de IDOM.

Comenzó su exposición con una introducción a los múltiples debates sobre la seguridad de los túneles y su desarrollo metodológico y normativo, disponiendo en este momento de normas de distintas procedencias que nos



D. Juan Ramón López Laborda, miembro activo del Comité Nacional de Túneles de la ATC

permiten abordar los temas con mayor confianza pero que también debemos utilizarlas con una reflexión previa sobre sus posibles contradicciones y consecuencias. La incorporación de complejos equipamientos llevó a la intervención de especialistas con visiones en algunos casos contrapuestas e incluso a la utilización, sin un análisis previo, de soluciones procedentes de otros ámbitos tecnológicos cuya aplicación en los túneles no siempre fue satisfactoria siendo el tiempo y el esfuerzo de muchos profesionales los que han corregido esta situación.

El Sr. López Laborda señaló que en general, el nivel de seguridad de un túnel de carretera es comparable al de los tramos a cielo abierto. En efecto, el número de víctimas en carretera por km y vehículo es menor en túneles que en el resto de la red viaria. Sin embargo, existen determinados incidentes, que en caso de producirse en un túnel, podrían tener unas consecuencias mucho más graves que si se desarrollasen a cielo abierto. La Directiva 2004/54/CE y el Real Decreto 635/2006 sobre requisitos mínimos de seguridad en túneles de carretera recogen, de forma muy genérica, las exigencias en el comportamiento frente al fuego de la estructura y de los equipamientos. Además, en España no

existe un marco de referencia único que establezca los requisitos a cumplir o fije los criterios metodológicos a seguir por lo que los proyectos de túneles recogen a veces soluciones diferentes e incluso incompatibles.

Durante los últimos años la normativa sobre comportamiento al fuego de los materiales en general, incluyendo nomenclatura y sobre todo el enfoque metodológico, ha ido cambiando tanto en España como en Europa. También abordó en su presentación el estado del arte en lo que respecta al comportamiento al fuego, especialmente de los equipamientos de seguridad, repasando determinados aspectos que pueden resultar de interés para el proyectista.

## SEGUNDA SESIÓN: "LA MEJORA EN LA GESTIÓN DE LOS TÚNELES"

Por la tarde la sesión se celebró en tres salas:

La **SALA 1** estuvo dedicada a la "Optimización de los equipamientos", presidiendo la mesa Dña. Ana Isabel Blanco Bergareche, Subdirectora Adjunta de Circulación de la Dirección General de Tráfico del Ministerio del Interior, en la que D. Alberto Abella Suárez, de la empresa SEOPRIN, habló sobre la estandarización del equipamiento de túneles desde un punto de vista holístico y D. Fernando Tomás Casado, perteneciente a IDOM, abordó el tema de las plataformas de gestión de túneles de tecnología abierta.

La **SALA 2** se dedicó al tema de la "Gestión eficiente de recursos ante emergencias. Responsable de Seguridad" cuya mesa fue presidida por D. Francisco José Ruiz Boada, Subdirector



Dña. Ana Isabel Blanco Bergareche, presidió la mesa de la sala 1, a la izquierda D. Alberto Abella Suárez y D. Fernando Tomás Casado a la derecha



A la izquierda D. Martín Gullón Santos, presidente de mesa y a la derecha D. Javier Borja López

General de Prevención, Planificación, Operaciones y Emergencias de la Dirección General de Protección Civil y Emergencias del Ministerio del Interior y en la que hubo dos interesantes ponencias, por un lado D. Emilio Leo Ferrando, Jefe accidental de la Unidad de Protección Civil en la Subdelegación del Gobierno en Huesca, habló de los túneles en la Ley 17/2015 del Sistema Nacional de Protección Civil y a continuación Dña. Mar Martínez Yebra, Responsable del Área de Seguridad en Túneles de la Calle 30, disertó sobre la coordinación de la actividad en situación normal y las emergencias en túneles complejos.

La **SALA 3** trató sobre la "Eficiencia energética, Ventilación e Iluminación en túneles", siendo presidida la mesa por D. Martín Gullón Santos, Coordinador general de Infraestructuras del Área Metropolitana de Barcelona. En ella D. Javier Borja López, de la empresa IDOM, presentó una ponencia sobre sistemas de iluminación eficientes en túneles y D. Juan Manuel Sanz Sacristán, de SENER Ingeniería y Sistemas, habló sobre los sistemas fijos de extinción de incendios, su panorama internacional y aplicaciones prácticas.

Cabe destacar que entre las tres salas se expusieron veintiocho comunica-

ciones libres que ofrecieron diferentes aspectos y recomendaciones sobre la mejora en la gestión de los túneles.

Las **SESIONES TERCERA y CUARTA**, en la mañana del miércoles día 13, estuvieron dedicadas a temas técnicos más específicos y a las infraestructuras de túneles en Cataluña, estando presididas por D. Xavier Flores García, Director General de Infraestructuras de Movilidad de la Generalitat de Cataluña y D. Manuel Valdés López, Responsable de Infraestructuras del Ayuntamiento de Barcelona respectivamente. En ellas se presentaron los estudios de renovación de los túneles urbanos de Badal y las Rondas de Barcelona y el caso específico de la solución urbana adoptada en la plaza de las Glorias que permite liberar espacios para el ciudadano. Como temas específicos se habló de soluciones novedosas para la evacuación y de los vehículos conectados a través de los túneles.

Muy interesantes resultaron las exposiciones de D. Ignacio García-Arango Cienfuegos-Jovellanos sobre la explotación sostenible de túneles y la importancia del conocimiento, de D. Guillermo Llopis Serrano sobre los accidentes de tráfico en túneles de carretera en España y de Dña. Eva María Montero Yéboles que disertó sobre la problemática y las



Dña. Eva María Montero Yéboles, miembro activo del Comité Nacional de Túneles de la ATC, durante su intervención

soluciones para el diseño de presurización de salidas de evacuación de túnel.

Finalizada la Sesión se realizó una interesante visita técnica a los túneles de la Plaza de las Glorias, Vallirana en la carretera N-340 y Viladecavalls en la B-40.

## Jueves, 14 de febrero de 2019

**QUINTA SESIÓN: "NUEVAS TECNOLOGÍAS Y DISEÑOS"** cuya mesa fue presidida por D. Jaime López-Cuervo Abad, Subdirector General de Conservación del Ministerio de Fomento, en la que D. Miguel Ángel Meléndez Fernández, de la empresa Kapsch, disertó sobre el futuro de los sistemas ITS y del control de los túneles, señalando que el parque móvil va a experimentar en los próximos 30 años un cambio total, siendo reemplazados los vehículos actuales por automóviles eléctricos autónomos, lo que requerirá que los actuales Sistemas de Control se adapten al nuevo escenario, simplificando las instalaciones electromecánicas pero exigiendo una superior capacidad de proceso en el Sistema de Gestión.

D. Javier José Cobeaga Zurinaga, Jefe de la Sección de Seguridad de túneles de la Diputación Foral de Bizkaia, expuso la Normativa de Seguridad en los túneles de Vizcaya y su evolución adaptativa a partir de la experiencia.



D. Xavier Flores García, presidió la mesa de la cuarta Sesión, a la izquierda D. Ignacio García-Arango Cienfuegos-Jovellanos, D. Guillermo Llopis Serrano y a la derecha D. Daniel Sánchez Portillo, Dña Regina Warlam Barniol y D. Francisco Javier Navarro Rodríguez



D. Ángel Sánchez Rubio, Director General de Barcelona de Infraestructuras Municipales (BIMSA), durante su intervención sobre la obra de la Plaza de las Glorias

VISITA TÉCNICA



Durante la tarde del día 13 tuvo lugar la visita de los asistentes al Simposio a las obras de los túneles de la Plaza de les Glories, Vallirana en la N-340 y Viladecavalls en la B-40 donde se debatieron aspectos técnicos

Por último en esta sesión también se abordó la Metodología BIM aplicada a los túneles de carretera y se presentaron cinco Comunicaciones libres que versaron sobre el papel de la implementación de las nuevas tecnologías y diseños en los túneles.

**SEXTA SESIÓN: “PROYECTOS E INSPECCIÓN DE TÚNELES”**

La mesa fue presidida por D. Luis Bonet Linuesa, Ingeniero Jefe de la Demarcación de Carreteras del Estado en Cataluña.

En esta última Sesión se expusieron tres ponencias, siendo D. Julio Jaime López-Cuervo Abad, Subdirector General de Conservación del Ministerio de Fomento quien desarrolló la primera con el título “El Plan de adecuación de túneles de la red de carreteras del Estado”, explicando que se analizaron los túneles de la red estatal y que se identificaron los aspectos que no cumplían con el R.D. 635/2006, llevándose a cabo actuaciones cuyo importe en el período 2007-2019 ha ascendido a la cantidad de 250 M€. En la Red de Carreteras

del Estado existen un total de 349 túneles, de los que 130 ya están adecuados al R.D. 635/2006. En el Plan de adecuación se han priorizado los proyectos en tres bloques, siendo los prioritarios los pertenecientes a la red transeuropea y de longitud superior a 500 m, a continuación los de longitud inferior y por último todos los demás. La inversión adicional estimada es de 412 M€.

La segunda ponencia corrió a cargo de D. César Fernández Nespral Pérez, Ingeniero Jefe de la Demarcación de Carreteras del Estado en Asturias, con el título “La colmatación de las tuberías de drenaje en los túneles”, en la que planteó los problemas que se generan en las tuberías de drenaje a consecuencia de la concentración de calcio en disolución transportado por las aguas subterráneas, concretamente en los túneles de Nievares y Fresno. Puso de manifiesto los efectos perjudiciales para la circulación en el túnel por las patologías observadas tales como fisuras en



La mesa de la quinta Sesión estuvo presidida por D. Jaime López-Cuervo Abad, a la izquierda, D. Miguel Ángel Meléndez Fernández y D. Josep Joan Rosell, a la derecha, D. Javier José Cobeaga Zurinaga



Mesa presidida por D. Luis Bonet Linuesa, a la izquierda, D. Jaime López-Cuervo Abad y D. Luis Azcue Rodríguez, a la derecha D. César Fernández Nespral

los hastiales y en la calzada con el consiguiente goteo de agua y acumulación de carbonato en el firme, que dan lugar a una disminución del rozamiento y la aparición de fenómenos de aquaplaning, exponiendo las actuaciones llevadas a cabo para resolver el problema.

D. Luis Azcue Rodríguez, Jefe de Servicio de Conservación Integral de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento expuso la última ponencia titulada "Funciones del Responsable de Seguridad en Túneles en fase de explotación en los túneles de la red de carreteras del Estado", que se estructuró en dos partes, refiriéndose la primera a una introducción para enmarcar el tema abordado y la segunda ya propiamente a las funciones que el Real Decreto 635/2006 y los Pliegos de Prescripciones Técnicas Particulares de los contratos establecen para esta figura.

En la Red de Carreteras del Estado se han establecido 9 contratos organizados por Demarcaciones además de un contrato específico para el túnel de Somport.

## SESIÓN DE CLAUSURA

En la mesa estuvieron presentes D. José Javier Izquierdo Roncero, Secretario General de Infraestructuras del Ministerio de Fomento, D. Xavier Flores García, Director General de Infraestructuras de Movilidad de la Generalitat de Cataluña, Dña. María del Rosario Cornejo Arribas, Presidente de la Asociación Técnica de Carreteras y D. Juan Manuel San Sacristán, Secretario del Comité de túneles de la ATC.

Como conclusiones de este Simposio, dictadas por D. Juan Manuel Sanz Sacristán, cabe señalar los grandes esfuerzos y avances tecnológicos que se están desarrollando para la mejora de la seguridad y confort en los túneles de carretera y verificar el gran nivel que las empresas y técnicos españoles tienen en esta materia.

El equipamiento y la explotación de los túneles han evolucionado y se han puesto de manifiesto las tendencias actuales en los aspectos relacionados con la operación y seguridad de los mismos, analizando los retos que todavía quedan por abordar.



Mesa de Clausura, compuesta por, de izquierda a derecha, Dña. María del Rosario Cornejo Arribas, D. José Javier Izquierdo Roncero, D. Xavier Flores García y D. Juan Manuel Sanz Sacristán quien hizo un balance y expuso las conclusiones

Se ha avanzado en algunas consideraciones sobre aspectos que se deben afrontar en un futuro inmediato, como son el vehículo conectado y/o autónomo o las nuevas energías de propulsión.

A lo largo del Simposio se repasaron las distintas iniciativas para la estandarización de los equipamientos y el uso de plataformas de tecnología abierta que están permitiendo la integración de la gestión de distintos túneles en un solo centro de control, que supone una gran ayuda a sus responsables y explotadores, y se analizaron diversos casos prácticos en los que la aplicación de las nuevas tecnologías a los sistemas de gestión y control de los túneles facilitan a los operadores la toma de decisiones y repercuten en una mejora de su seguridad.

En una de las salas se dieron a conocer diversos aspectos para la mejora de la eficiencia energética, de la ventilación y de la iluminación de los túneles, presentado los aspectos generales de cómo están evolucionando estos puntos así como diversos casos concretos en los que se han aplicado, contando cada día con herramientas informáticas más precisas. Se ha constatado que el led es ya una solución viable y adecuada para el alumbrado de la totalidad del túnel y que su regulación continua y completa permite reducir en gran medida el consumo de energía.

Por parte de las distintas administraciones se están realizando grandes esfuerzos para mejorar la seguridad de los túneles y para la adecuación de todos ellos a la legislación vigente, llevando a cabo inspecciones y actualizando las bases de datos para una mejora de la gestión y el retorno de la experiencia, información que permitirá estudiar la influencia de los distintos parámetros en la seguridad, pudiéndose aplicar de manera más precisa en los futuros análisis de riesgos.

Por último, se están introduciendo nuevos conceptos en el diseño e instalación de los sistemas como es el RAMS que permite conocer la fiabilidad y disponibilidad que tendrá cada uno de los equipos o el BIM, que como herramienta, metodología y procedimiento permite mejorar y optimizar las distintas fases de proyecto e instalación. ❖



“EL SABER NUNCA HA ESTADO TAN CERCA”



Descubre más en

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

# JORNADA TÉCNICA

## PATOLOGIAS EN ESTRIBOS Y MUROS DE SUELO REFORZADO DE PUENTES Y ESTRUCTURAS DE CARRETERAS

MADRID, 26 de marzo de 2019

El pasado 26 de marzo de 2019 tuvo lugar en el Centro de Estudios y Técnicas Aplicadas del CEDEX, en Madrid, esta Jornada organizada por la ATC. Contó con la asistencia de unas 160 personas.

Comenzó el programa técnico con la presentación, por parte de Dña. Rosario Cornejo, presidenta de la ATC, D. Fernando Pardo de Santayana, en representación del CEDEX, D. Jaime López-Cuervo, Subdirector de Conservación de la DGC del Mº de Fomento, D. Alvaro Navareño, presidente del comité de puentes de la ATC y D. Alvaro Parrilla, presidente del comité de geotecnia de la ATC. Estos últimos señalaron que el grupo de trabajo mixto del comité de geotecnia y puentes de la ATC fue creado para tratar sobre "las patologías en estribos y muros de suelo

reforzado de puentes y estructuras de carreteras" hace ya varios años. Como resultado del esfuerzo realizado se ha elaborado el documento homónimo que fue presentado y entregado a los asistentes a dicha jornada. El volumen, de más de 450 páginas, es fruto en primer lugar, de la experiencia personal de los miembros del grupo, constituido por profesionales de la geotecnia y las estructuras, así como de una labor de recopilación de información, síntesis de la regulación existente sobre estos sistemas, su inspección, ejecución, control y conservación.

Tras la apertura de la jornada se rindió un homenaje a D. Carlos Oteo, que fue durante más de una década presidente del comité de Geotecnia de la ATC, recientemente fallecido, a cargo de D. Fernando Pardo de Santayana y

D. Luis M. Sopena. Desde la cercanía, la emoción y el cariño, se hizo un pequeño repaso a su trayectoria profesional y trataron de esbozarse algunos rasgos de su faceta humana.

A continuación tuvo lugar la presentación del libro propiamente dicho, que lleva el mismo título que la jornada, a cargo de D. Miguel Angel Delgado, en calidad de coordinador del grupo de trabajo creado a tal efecto. Éste trata sobre la descripción y funcionamiento del sistema de suelo reforzado, la normativa de aplicación en España, la inspección especial a realizar en este tipo de estructuras o sistemas, el análisis de los daños o deterioros asociados, el diseño de soluciones de rehabilitación y las recomendaciones para su diseño y correcta ejecución; finalmente incluye una serie casos prácticos.



Mesa Inaugural compuesta por, de izquierda a derecha, Álvaro Navareño Rojo, Jaime López-Cuervo Abad, Fernando Pardo de Santayana, María del Rosario Cornejo Arribas, y Álvaro Parrilla Alcaide.



### PATOLOGIAS EN ESTRIBOS Y MUROS DE SUELO REFORZADO DE PUENTES Y ESTRUCTURAS DE CARRETERAS

Comité de Geotecnia Vial y Comité de Puentes.  
Asociación Técnica de Carreteras  
Grupo de Trabajo Patologías en estribos y muros de suelo reforzado de puentes y estructuras de carreteras



Portada del libro presentado en la Jornada

**La sesión 1, versó sobre los capítulos 4, 5 y 6 del libro; es decir, la inspección, el análisis y la rehabilitación de este tipo de sistemas.**

En primer lugar, D. Rafael Pérez Arenas se refirió a la descripción de los sistemas de suelo reforzado con armaduras inextensibles, a continuación, Dña Patricia Amo trató sobre los sistemas de suelo reforzado con elementos extensibles. Posteriormente D. Gonzalo Arias dedicó su exposición a la inspección del sistema de suelo reforzado e hizo hincapié en algunas recomendaciones y por último, D. Miguel Ángel Delgado se centró en el análisis de daños en el sistema de suelo reforzado.

Al finalizar esta primera sesión tuvo lugar un breve coloquio, con algunas preguntas de los asistentes y posteriormente tiempo para el café.

**Sesión 2, dedicada a los capítulos 3, 7 y 8 del libro; es decir, las recomendaciones de diseño y ejecución.**

D. Alberto Picardo trató sobre buenas prácticas en el diseño de suelos reforzados, D. Miguel Antonio Arranz sobre buenas prácticas en la ejecución de suelos reforzados. D. Marcus Lindon dedicó su exposición a la ejecución de obras de suelo reforzado con armaduras inextensibles y finalmente Dña. Patricia Amo, trató sobre la ejecución de obras de suelo reforzado con elementos extensibles.

Con ello finalizó la segunda sesión y se produjo un breve coloquio con algunas preguntas de los asistentes, en el que se destacó la importancia de redactar buenos proyectos, teniendo en cuenta no solo la estabilidad interna de los macizos o muros, sino la estabilidad global del sistema, teniendo en cuenta las condiciones topográficas y geotécnicas de su lugar de implantación. Descuidar estos aspectos en el proyecto, puede implicar que estas soluciones no se ejecuten. Posteriormente tuvo lugar el almuerzo.

**La sesión 3, ya por la tarde, estuvo dedicada a ejemplos de obras de rehabilitación.**

D. Ignacio Pulido dedicó su intervención a la rehabilitación de uno de



Miguel Ángel Delgado durante uno de los debates que tuvieron lugar a lo largo del día.

## HOMENAJE A CARLOS OTEO MAZO



La Jornada sirvió de homenaje a Carlos Oteo Mazo: Su hijo, Javier Oteo, participó en la clausura junto a Álvaro Navareño y Álvaro Parrilla, refiriéndose a algunos aspectos de la faceta más personal de su padre, cuyo último libro "Un paseo desde el pasado al presente geotécnico español" está plagado de enseñanzas prácticas y anécdotas que reflejan su historia personal a través de la geotecnia española del último medio siglo.

estos sistemas en la N-IV en Despeña-perros (Jaén). D. Ramón Viñas trató el colapso y rehabilitación de una serie de muros en los estribos de una estructura situada en la A-66 muy cerca de Salamanca. Dña Juana Isabel González, expuso la rehabilitación del estribo de una estructura situada en la A-66 al norte de la provincia de Cáceres. D. Alberto Martín, dedicó su intervención a la rehabilitación de dos de estos sistemas situadas en la A-1 al norte de la provincia de Madrid. D. Luis Sopena, trató sobre la rehabilitación del estribo de un paso inferior situado en la carretera N-432 en la provincia de Jaen.

Tras estas exposiciones se produjo un breve coloquio y algunas preguntas de los asistentes. Finalmente, se

destacó en general la importancia de evitar la entrada de agua en este tipo de sistemas, cuidando y mejorando los drenajes de las carreteras y las estructuras, así como, extremar las precauciones en los materiales a considerar en la ejecución.

Por último, los presidentes de los comités de Geotecnia y Puentes de la ATC D. Alvaro Parrilla y D. Alvaro Navareño, acompañados por uno de los hijos del homenajeado, D. Javier Oteo, clausuraron la jornada agradeciendo a los miembros del grupo de trabajo el esfuerzo realizado y al público de la sala la asistencia y participación y esperando que la misma hubiese sido interesante y productiva. ❖

# Curso de formación

## Operadores de Equipos de Auscultación de Firmes de Carretera



La ATC y el CEDEX organizaron este curso de formación, dirigido por el presidente del Comité de Firmes, Julio José Vaquero

Con sede en las aulas de la Asociación Técnica de Carreteras, y el Centro de Estudios del Transporte del CEDEX en El Goloso, tuvo lugar desde el 31 de enero hasta el 8 de febrero el primer curso de formación para Operadores de Equipos de Auscultación de Firmes de Carretera.

La formación se planteó con el objetivo de impartir una formación complementaria a los operadores de equipos de auscultación, con el fin de garantizar no solo un aumento-

de la calidad de las mediciones realizadas, sino también del establecimiento de unos criterios mínimos comunes en la toma de datos, basada tanto en la normativa existente al respecto, como a la experiencia adquirida durante años de trabajo en el campo de la auscultación de los profesionales encargados de impartir los conocimientos teóricos y prácticos englobados en este curso.

El curso comenzó con una parte general sobre los firmes y sus sistemas de gestión, que coordinó Fernando Varela de la Escuela de Ingeniería Civil, y unos módulos específicos, que coordinó Laura Parra del CEDEX, que cubrieron los sistemas de auscultación más habituales en firmes de carreteras:

- Coeficiente de rozamiento transversal con equipo SCRIM.
- Regularidad superficial mediante perfilómetro.
- Capacidad estructural mediante la medida de deflexiones con equipo deflectómetro de impacto.
- Capacidad estructural mediante la medida de deflexiones con equipo curviámetro. ❖



Centro de Estudios del Transporte del CEDEX, ubicado en El Goloso, donde se impartieron los módulos específicos con los correspondientes equipos de auscultación.

# PRÓXIMOS EVENTOS ATC

La Asociación Técnica de Carreteras tiene previsto para las próximas fechas los siguientes eventos:

- **Jornada Técnica Glorietas: Diseño, Circulación y Seguridad**  
Madrid, 11 de abril de 2019
- **Conferencia Internacional de Gestión de la Conservación de los Puentes**  
Sevilla, 20 y 21 de mayo de 2019

¿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)



La glorieta, o rotonda como vulgarmente se conoce, constituye un tipo de intersección aparentemente muy versátil, con un rango amplio de funcionalidades, que mejora el nivel de seguridad al reducir la gravedad de los incidentes y proporciona en la mayoría de los casos una clara economía de construcción. Todo ello, unido a su posibilidad de uso urbano, ha propiciado una amplia difusión en nuestro entorno.

Sin embargo, su utilización indiscriminada, las deficiencias en su diseño y el desconocimiento de su funcionamiento están provocando que la ventaja que proporcionaba, especialmente para la seguridad vial, se vaya perdiendo.

Como cualquier otro producto de la ingeniería, la glorieta dispone de unas condiciones de diseño objetivas que deben cumplimentarse en su construcción, y por otro lado, debe existir consistencia con su funcionamiento

operativo posterior. En España realmente no disponemos de una clara normativa que especifique inequívocamente cómo se debe circular en este elemento viario, dando lugar a la aparición de múltiples interpretaciones, en algunos casos contrarias a los propios criterios de diseño. Por otro lado, se observa que a nivel internacional este tipo de intersección no sólo ha madurado, consolidando unos criterios operativos racionales, sino que ha seguido evolucionando hacia soluciones más perfeccionadas como la turboglorieta.

Los diversos tipos de disfunciones de diseño de las glorietas acaban manifestándose en una pérdida de funcionalidad y capacidad, que pueden ser minimizada con un conocimiento más profundo de sus principios operativos, y del empleo de nuevas reglas relativas a la preselección de carriles de manobra y una adecuada señalización de

guiado de las trayectorias. Sin excluir, en cualquier caso, una más exhaustiva concienciación de los usuarios en el uso permanente de los intermitentes para preavisar de sus cambios de trayectoria.

Sensible a la problemática, el Comité Técnico de Planificación, Diseño y Tráfico de la ATC ha organizado una primera jornada técnica con el objetivo de revisar el estado de la cuestión, analizar las deficiencias que se observan en nuestro entorno en su proyecto y transferir los criterios de diseño y operación aceptados a nivel internacional, con la discusión correspondiente de los mismos.

La glorieta sigue siendo un elemento viario muy eficiente, todavía con amplias posibilidades de utilización, pero actualmente nuestro país necesita de una revisión crítica que ponga un muy necesario orden en sus criterios de diseño y operación.

Sede: Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. UPM. Madrid

Fecha: **11 de abril de 2019**

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



# CONFERENCIA INTERNACIONAL GESTION DE LA CONSERVACION DE LOS PUENTES

Los países más avanzados dedican la mayor parte de su inversión en infraestructuras a conservar el patrimonio que tienen. Los puentes son unos de los elementos más importantes de la infraestructura si tenemos en cuenta su valor económico (coste de construcción y de conservación), su variedad de tipologías, materiales, valor ingenieril representativo de la tecnología de un país, valor representativo de la historia de un país o cultural y social.

Por todo esto es preciso tener identificadas estas obras y conocer su estado de conservación y cómo evolucionan hasta el final de su ciclo de vida: Gestión de puentes.

Podemos afirmar además, que la conservación ha demostrado ser un condicionante en la concepción y construcción de los puentes, por eso tenemos que difundir y conocer los problemas que se presentan en la conservación de los mismos, para poder mejorar los nuevos proyectos. Conocer las experiencias de rehabilitación, de mejora de capacidad o cambios de uso y de seguridad vial (fundamentalmente sus equipamientos) de los puentes resulta crucial y posible hoy día. Esta conferencia internacional permitirá contrastar las experiencias de distintos países e intercambiar conocimientos con el

objetivo de avanzar humildemente en el conocimiento.

Para finalizar, y no menos importante, los puentes deben prestar el adecuadamente el servicio para el que son construidos y los usuarios, cada vez más, quieren conocer y estar informados de las actuaciones que son precisas para conservarlos (afecciones al tráfico) y quieren saber cómo están. ¿Es esto posible? ¿Qué fondos son necesarios y que nivel de servicio podemos exigirles? ¿Cuál es el coste de conservar estas obras y qué implicaciones conlleva no hacerlo? De todo esto tendremos ocasión de conversar.

Sede: Hotel AYRE, Sevilla

Fecha: **20 y 21 de mayo 2019**

Director Técnico de la Jornada: Álvaro Navareño Rojo, Presidente del Comité de Puentes de Carretera de la ATC

# Incorporación de Lantania a la ATC, creando lazos.

**El grupo suma más de 500 km de carreteras, más de 15 km de túneles y más de 20 km de viaductos construidos.**

**lantania** 

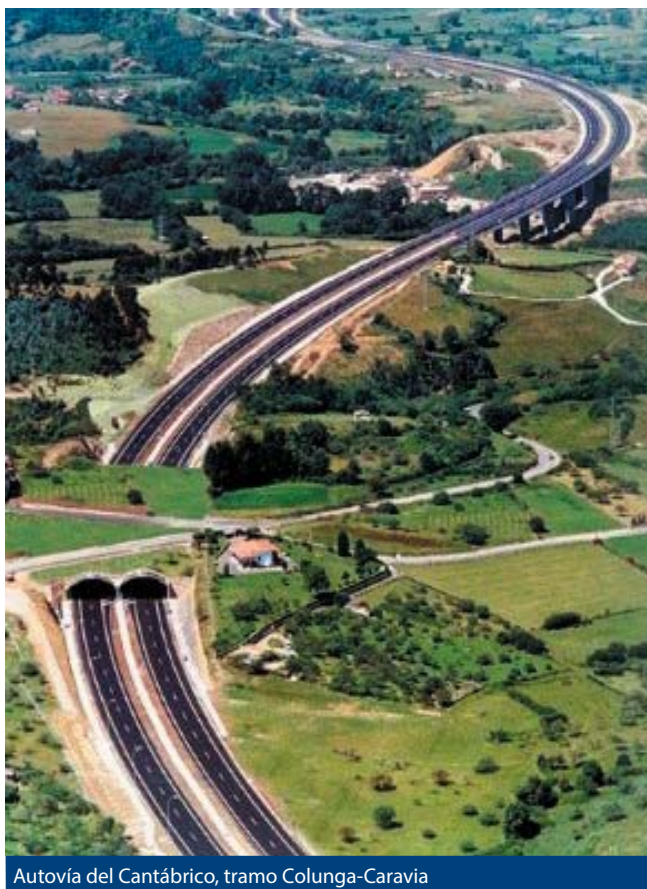
Lantania se ha incorporado en enero de 2019 a la Asociación Técnica de Carreteras (ATC) con el fin de contribuir, de la mejor manera posible, a los dos objetivos que dicha organización planteó en su constitución en 1971. Participando en los foros que la asociación establece y en los Comités Técnicos que lo forman, aportando la experiencia de los profesionales que forman Lantania.

El grupo Lantania nace el 12 de septiembre de 2018 como resultado de la adquisición de las unidades de negocio de construcción, agua y energía de Isolux Corsán por parte de un equipo de directivos de la compañía después de que ésta fuera declarada en concurso de acreedores en julio de 2017. La compañía aglutina la experiencia y los medios técnicos de una empresa líder a nivel mundial con casi 90 años de historia con el entusiasmo y la solidez financiera del nuevo proyecto.

La empresa, liderada por Federico Ávila, dispone de una plantilla con una experiencia media de 22 años y se estructura en torno a tres áreas principales de negocio: infraestructuras, agua y medio ambiente y energía. De esta manera, el grupo está organizado en torno a tres direcciones. La dirección general corporativa tiene al frente a Andrés Álvarez; la dirección general de Agua e Infraestructuras está encabezada por José Alberto Carrasco; y la dirección general de Energía, controlada por Luis Manuel Corrales.

Como apoyo a las líneas de negocio mencionadas, Lantania cuenta con los medios técnicos de un parque de maquinaria con más de 1.200 referencias. Por otro lado, la compañía mantiene un firme compromiso con la calidad, el cuidado del medio ambiente y la prevención de los riesgos laborales en todas las actividades que efectúa.

La empresa ha implantado un Sistema de Gestión de Calidad y Medio Ambiente conforme a las normas ISO 9001 e ISO 14001, a lo que suma una Política Corporativa de Seguridad y Salud de carácter vertebral que satisface y vela por los cumplimientos en esta materia.



Autovía del Cantábrico, tramo Colunga-Caravia





Extendidora de hormigón con insertadores (DBI) y carro de curado de Lantania



## Infraestructuras y Agua

Para Lantania, la construcción de infraestructuras implica mucho más que el desarrollo de grandes proyectos de ingeniería como son las carreteras, ferrocarriles o edificación; es participar en el objetivo de los clientes para devolverles la confianza que depositan en la empresa.

La dirección de Infraestructuras y Agua pivota en una serie de departamentos compuestos por técnicos especializados que permiten atender adecuadamente los proyectos en todas sus fases. La línea de producción se complementa con los departamentos de oficina técnica, contratación, calidad y medio ambiente, seguridad y salud, compras y parque de maquinaria. Con todo ello se abarcan proyectos de carreteras, ferrocarril, edificación y agua.

El parque de maquinaria de Lantania dispone para sus proyectos de equipos completos extravales y excavación para movimiento de tierras, plantas de suelocemento y mezclas bituminosas, extendedoras para firmes de hormigón y mezclas bituminosas, silo de transferencia y tuneladora tipo TBM, como equipos más destacables. El departamento sirve de apoyo a las distintas unidades productivas mediante los equipos de que dispone, así como a empresas externas que demanden el alquiler de los mismos. Además, optimiza y asesora en la adquisición o puesta en marcha de los equipos gestionados por las unidades de obra.

### Más de 500 kilómetros de autopistas

En cuanto a obras de carreteras, Lantania ha llevado a cabo más de 500 km de autopistas, más de 15 km de túneles y más de 20 km de viaductos tanto en firme flexible como en firme rígido. Entre ellas la autovía A58 Trujillo-Cáceres, la autovía Benjamí-Antequera, la autovía de Montsalguero o la autovía del Cantábrico (tramo Colunga-Caravia). Así como el viaducto El Portal, túnel Ventisquero de la Condesa o túnel de Bielsa.

Como ejemplos más relevantes de los trabajos que Lantania desarrolla en la actualidad, cabe citar la varian-

te de Lucena (Córdoba) y el puente sobre el río Genil en Huétor Tájar (Granada). La primera de ellas consiste en la construcción de 4,1 km de carretera con trazado en variante. La obra incluye la ejecución de dos pasos superiores de tres vanos con tablero de losa de hormigón 'in situ', un paso inferior de un único vano y seis obras de fábrica para drenaje transversal con marcos prefabricados.

Por su parte, en Granada la empresa lleva a cabo la construcción de un viaducto de 260 m de longitud sobre el Río Genil que servirá de nuevo acceso por carretera a la población de Huétor Tájar y a los pueblos colindantes desde la A-92. La estructura se ejecuta con vigas artesas prefabricadas cimentadas sobre zapatas con pilotes hincados. El tablero soporta una calzada con dos sentidos de circulación con un ancho total de 8 m más dos aceras a cada lado de 2,5 m.

Para la ejecución de infraestructura viaria Lantania cuenta para la fabricación con plantas de suelocemento con producción de hasta 500 t/h y una planta de hormigón para firme rígido de hasta 150 m<sup>3</sup>/h con posibilidad de descarga sobre camión bañera. A ellas se suman plantas de mezclas bituminosas en caliente de hasta 260 t/h, plantas de microaglomerado en frío y silo de transferencia. Para el extendido, Lantania posee extendedoras con diversidad de anchos de extendido y tipo de material (mezcla bituminosa, hormigón, zahorra, suelos tratado o arcenes) así como carro de curado.

En obras ferroviarias, Lantania ha efectuado más de 120 km de infraestructuras. En sinergia con la dirección de Energía ha realizado más 1.000 km de montaje de catenaria y más de 160 km de montaje de vía. A esto se le suman obras de edificación que se pueden cuantificar en más de 14.000 viviendas y más de 34 edificios dotacionales.

En el ámbito de las infraestructuras hidráulicas, la compañía realiza proyectos de captación de aguas subterráneas, estaciones de bombeo y elevación de agua, así como redes de riego, balsas y depósitos reguladores, presas, minicentrales hidroeléctricas, redes de abastecimiento, saneamiento y emisarios. Desarrollando además estaciones

de tratamiento de aguas potables (ETAP), estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR) e instalaciones desalinizadoras de agua de mar (IDAM). Con más de 70 plantas de tratamientos y más de 900 km de conducciones, como números más importantes.

Entre las obras más relevantes que ejecuta el grupo en la actualidad caben reseñar dos tramos de infraestructura de alta velocidad del AVE a Galicia (túnel del Corno y la plataforma Porto – Miamán, ambos en Orense), la ampliación del Hospital de Guadalajara, la presa de Almudévar (Huesca).

Por otra parte, Lantania participa en la construcción de plantas generadoras de energías renovables. Los equipos de la compañía cuentan con una dilatada experiencia en el desarrollo de parques solares fotovoltaicos a nivel internacional, parques eólicos, centrales hidroeléctricas y las infraestructuras de transmisión y distribución necesarias para llevar la energía hasta el cliente.

El grupo ha participado en la ejecución de proyectos de plantas de generación con una potencia total de 1 GW. En la instalación de más de 2.000 km de líneas de transmisión de hasta 765 kv. Tal y como se ha indicado anteriormente, la dirección de Energía ha realizado más 1.000 km de montaje de catenaria y subestaciones y más de 160 km de montaje de vía. Actualmente, Lantania está ejecutando, entre



Puente sobre el río Genil en Huétor Tájar (Granada)

otras, la obra de electrificación de la Variante de Pajares de la línea de AVE a Asturias. Así como la construcción de una subestación eléctrica para CAF en Corella (Navarra), de reciente adjudicación.

## Plan Estratégico 2022

Lantania ha establecido en su Plan Estratégico 2022 las líneas de crecimiento y desarrollo para los próximos años. El grupo ha contado con el asesoramiento de PricewaterhouseCoopers (PwC) para la elaboración de este Plan, que contempla la entrada en beneficio operativo ya en 2018, su primer año de actividad, así como el propósito de alcanzar una facturación de 145 millones de euros en 2022 en el escenario base, el más conservador. En el marco más favorable, el objetivo de la compañía es llegar a superar los 200 millones, frente a los 40 millones previstos en su primer ejercicio.

El programa refleja el posicionamiento, los planes de acción y los objetivos de la compañía para este periodo y establece tres líneas principales de actuación. La primera centrada en la mejora en operaciones y en la eficiencia de la empresa a través de la reducción de costes, mejoras de calidad de servicio y reducción de tiempos de desarrollo. Una segunda que fija la transformación estratégica y digital, redefinición de objetivos de negocio y creación de nuevas competencias. Por último, la tercera línea establece la revitalización de la empresa mediante la anticipación y adaptación a los cambios.

Entre las principales metas de la empresa para este periodo está el desarrollo en el mercado internacional, para lo que acaba de impulsar un grupo de trabajo interno. Asimismo, Lantania tiene como objetivo situarse entre las 10 principales compañías de infraestructuras de España en tres años. El programa concreta unas inversiones de 11 millones de euros para la adquisición de nuevos negocios, compra de activos e inversiones en mejoras tecnológicas productivas y medidas de transformación corporativa. ❖

### LANTANIA

C/ Sobrado, 2  
(28050) Madrid  
910 35 35 86

info@lantania.com

www.lantania.com

twitter: @grupolantania

**AÑO DE FUNDACIÓN:** 2018

**ÁREAS DE ACTUACIÓN:**

Infraestructuras, agua y energía

# Composición de la Junta Directiva de la ATC

<b>PRESIDENTE:</b>	- D. María del Rosario Cornejo Arribas
<b>CO-PRESIDENTES DE HONOR:</b>	- D. Francisco Javier Herrero Lizano - D. Pere Navarro Olivella
<b>VICEPRESIDENTES:</b>	- D.ª M.ª del Carmen Picón Cabrera - D. José María Pertierra de la Uz
<b>TESORERO:</b>	- D. Pedro Gómez González
<b>SECRETARIO:</b>	- D. Pablo Sáez Villar
<b>DIRECTOR:</b>	- D. Alberto Bardesi Orúe-Echevarría
<b>VOCALES:</b>	



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



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

## 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 Vasallo Magro |
|--------------|------------------------------|

### PLANIFICACIÓN, DISEÑO Y TRÁFICO

- |              |                                      |
|--------------|--------------------------------------|
| - 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. Juan Manuel Sanz Sacristán |

### CONSERVACIÓN Y GESTIÓN

- |                      |                                     |
|----------------------|-------------------------------------|
| - Presidente         | D. Jaime López Cuervo Abad          |
| - Presidente Adjunto | D. Vicente Vilanova Martínez-Falero |
| - Secretario         | D. Pablo Sáez Villar                |

### FIRMES DE CARRETERAS

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

### PUENTES DE CARRETERAS

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

### GEOTECNIA VIAL

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

### SEGURIDAD VIAL

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

### CARRETERAS Y MEDIO AMBIENTE

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

### CARRETERAS DE BAJA INTENSIDAD DE TRÁFICO

- |              |                                  |
|--------------|----------------------------------|
| - Presidente | D. Andrés Costa Hernández        |
| - Secretaria | D.ª María del Mar Colas Victoria |

## Socios de la ATC

Los Socios de la Asociación Técnica de Carreteras son:

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

### Socios de Honor

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

### Socios de Mérito

- 2010 - D. FRANCISCO ACHUTEGUI VIADA
- 2010 - D. RAMÓN DEL CUBILLO JIMÉNEZ (†)
- 2011 - D. CARLOS OTEO MAZO (†)
- 2011 - D. ADOLFO GÜELL CANCELA
- 2011 - D. ANTONIO MEDINA GIL
- 2012 - D. CARLOS DELGADO ALONSO-MARTIRENA
- 2012 - D. ALBERTO BARDESI ORUE-ECHEVARRIA
- 2013 - D. RAFAEL LÓPEZ GUARGA
- 2013 - D. ÁLVARO NAVAREÑO ROJO
- 2013 - D.ª MERCEDES AVIÑÓ BOLINCHES
- 2014 - D. FEDERICO FERNANDEZ ALONSO
- 2014 - D. JUSTO BORRAJO SEBASTIÁN
- 2014 - D. JESÚS RUBIO ALFÉREZ
- 2014 - D. JESÚS SANTAMARÍA ARIAS
- 2015 - D. ENRIQUE DAPENA GARCÍA
- 2015 - D. ROBERTO LLAMAS RUBIO
- 2015 - D. FÉLIX EDMUNDO PÉREZ JIMÉNEZ
- 2016 - D. PABLO SÁEZ VILLAR
- 2017 - D. VICENTE VILANOVA MARTÍNEZ-FALERO
- 2017 - D. ÁNGEL GARCÍA GARAY
- 2018 - D. LUIS AZCUE RODRÍGUEZ
- 2018 - D. FERNANDO PEDRAZO MAJÁRREZ

### Socios Protectores y Socios Colectivos

#### Administración General del Estado

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

#### Comunidades Autónomas

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

#### Ayuntamientos

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

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

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

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

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

## Asociaciones

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

## Sociedades Concesionarias

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

## Empresas

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

## Socios Individuales, Senior y Junior

Personas físicas (61) técnicos especialistas de las administraciones públicas; del ámbito universitario; de empresas de ingeniería, construcción, conservación, de suministros y de servicios; de centros de investigación; usuarios de la carretera y de otros campos relacionados con la carretera. Todos ellos actuando en su propio nombre y derecho.

# RUTAS

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN TÉCNICA DE CARRETERAS



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



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

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

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



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

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

Forma de pago:

Domiciliación bancaria CCC nº \_\_\_\_\_

Transferencia al numero de cuenta: 0234 0001 02 9010258094

Nombre

Empresa  NIF

Dirección  Teléfono

Ciudad  C.P.  e-mail



# CARRETERA A ESTRENAR CADA DÍA

En Cepsa queremos cuidar y conservar las carreteras siempre en perfecto estado. Por ello, disponemos de una amplia gama de betunes convencionales, desde la Gama ELASTER de última generación en betunes modificados con polímeros, hasta masillas sellantes.

Mantener las carreteras es fácil con los Asfaltos de Cepsa.

Más información en el **91 265 47 13** o en **cepsa.es**



**CEPSA**

*Tu mundo, más eficiente.*

# trafic

SALÓN INTERNACIONAL DE LA MOVILIDAD SEGURA Y SOSTENIBLE  
INTERNATIONAL SAFE AND SUSTAINABLE MOBILITY EXHIBITION

8 - 11  
OCTUBRE  
OCTOBER  
2019

ORGANIZA  
ORGANISED BY



IFEMA  
Feria de  
Madrid



*Conéctate a  
la movilidad  
del futuro  
Connect to  
the future  
mobility*

[trafic.ifema.es](http://trafic.ifema.es)