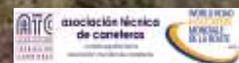


# RUTAS

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN TÉCNICA DE CARRETERAS  
COMITÉ NACIONAL ESPAÑOL DE LA ASOCIACIÓN MUNDIAL DE LA CARRETERA

Nº 149  
MARZO  
ABRIL  
2012

ISSN 1130-7102  
Revista Bimestral



## EN PORTADA

## RUTAS TÉCNICA

## SIMPOSIOS Y CONGRESOS

Entrevista a  
D. Domingo Berriel Martínez  
Consejero de Obras Públicas,  
Transportes y Política  
Territorial del Gobierno de  
Canarias

Mezclas semicalientes:  
Caracterización y puesta en obra  
Estudio de las necesidades de  
iluminación de túneles: Análisis  
de normativas y contraste en  
situaciones normales

Jornada Técnica  
IAP-11. Instrucción sobre las  
acciones a considerar en el  
proyecto de puentes de carretera



# SÚMATE AL PROYECTO ONGAWA

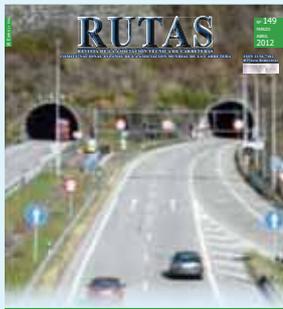
TECNOLOGÍA / AGUA / PARTICIPACIÓN / TIC /  
VOLUNTARIADO / ENERGÍA / AGRO / SOCIOS

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



Nº 149 MARZO-ABRIL 2012

# RUTAS

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN TÉCNICA DE CARRETERAS

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

Presidente:  
Roberto Alberola

Comité de Redacción:

Presidente:  
Roberto Alberola

Directora Técnica:  
Belén Monercillo Delgado

Vocales:  
José Alba  
Francisco Caffarena  
Alfredo García  
Federico Fernández  
José María Izard  
Carlos Jofré  
Sandro Rocci  
Manuel Romana  
Antonio Ruiloba  
Margarita Torres  
Carmen Velilla

EDICIÓN. Redacción, Diseño, Producción,  
Gestión Publicitaria y Distribución:

**SIC** n.i.m.u.p. SL  
Apartado Postal nº 116 ♦ 28250 Torrelodones  
Tel.: 918 591 112 ♦ Fax: 918 592 402  
revistarutas@sicrd.es ♦ www.sicrd.es

Director Edición:  
Antonio de J. Ulled

Redacción:  
Juan Vaquerín  
redaccionrevistas@sicrd.es

Publicidad:  
J. V. Vicente  
Tel.: 609 693 592 ♦ revistarutas@sicrd.es

Administración:  
Carmen Ulled

Maquetación:  
Javier Viera

Producción:  
Gráficas Ruiz Polo SA

Distribución:  
Manchalán Gupost SA

Foto Portada:  
Boca sur del túnel de El Padrún.

Depósito Legal: M-35865-2011 - ISSN: 1130-7102  
Todos los derechos reservados.

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

Precio en España: 18 euros

© Asociación Técnica de Carreteras

## En este número

### Tribuna Abierta

- 03 Los túneles de carretera. Estado del arte  
*Highway Tunnels: A State of the Art*  
Rafael López Guarga

### En Portada

- 04 Entrevista a D. Domingo Berriel Martínez  
Consejero de Obras Públicas, Transportes y Política Territorial del Gobierno de Canarias

### Rutas Técnica

- 12 Mezclas semicalientes: Caracterización y puesta en obra  
*Warm Asphalt Mixes: Properties and Construction*  
José Simón Grau, Julio López Ayerra, Francisco Lucas Ochoa, Francisco José Barceló Martínez, Juan Mendoza y Verónica Contreras Ibáñez
- 20 Estudio de las necesidades de iluminación de túneles: análisis de normativas y contraste en situaciones normales  
*A Study of Tunnel Lighting Needs: Specification Analysis and Comparison with Actual Situations*  
Jorge Manuel Fanlo Montes, Francisco Cavaller Galí

### Infraestructuras Viarias

- 33 Inspección de túneles de carretera de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento  
*Inspection of road tunnels of the Highways General Directorate of the Spanish Ministry of Public Works*  
Guillermo Llopis Serrano

### Historia

- 40 Los cincuenta años del Plan General de Carreteras de 1961  
*Fifty years of the 1961 General Roads Plan*  
Tariq Bermejo Freire

### Jornadas Técnicas organizadas por la ATC

- 48 IAP-11. Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera  
Pilar Crespo Rodríguez

- 52 Manual de Capacidad 2010

- 53 Actuaciones sostenibles en la conservación de firmes

### Economía

- 55 Proyecto de Presupuesto 2012 del Ministerio de Fomento

### Fomento informa

- 59 Adjudicaciones

### Noticias

- 62 Presentación del libro "Las autopistas de peaje en España" y otras noticias



## grandes proyectos, nuevas fronteras

En Ineco la calidad, la innovación, la tecnología y el talento se unen para desarrollar grandes proyectos que contribuyen a la proyección internacional de la tecnología española.

# ineco

Referente en ingeniería y consultoría de transporte

Aeronáutico · Ferroviario · Transporte urbano · Carreteras  
Visítanos en [www.ineco.es](http://www.ineco.es)

# Los túneles de carretera. Estado del arte

## *Highway Tunnels: A State of the Art*

*Tribuna  
abierta*



Rafael López Guarga  
Presidente del Comité Técnico  
de Túneles de la ATC

**A** lo largo de los últimos números de la revista Rutas se ha ido publicando una serie de artículos relacionados con los túneles de carretera, no sólo desde un punto de vista técnico (evolución de los incendios, señalización, tecnología *led*, ...) sino también como divulgación de la puesta en servicio de nuevos tramos de carretera que incluyen estas construcciones como elemento singular, que, por sus características, requieren además dotaciones igualmente especiales para atender las incidencias que en ellas pueden producirse y para facilitar el acceso a los equipos de emergencia, cuando sea preciso.

El Comité de túneles de la AIPCR es uno de los más activos de la Asociación, tanto por el número de países y miembros que lo integran (38 países y 81 miembros) como por los documentos e informes que se han publicado (35 informes técnicos desde 1995 y más de una veintena de artículos en la revista *Routes/Roads*), lo que ha quedado ampliamente constatado en el reciente Congreso Mundial de Carreteras celebrado en México el pasado mes de septiembre de 2011, en el que el Comité ha sido felicitado por el Comité Ejecutivo y por el Secretario General de la AIPCR, habiendo sido sus trabajos puestos como ejemplo para los demás Comités. Solamente en este último ciclo (2008-2011) se han elaborado 9 informes técnicos y se ha editado una primera versión del Manual de Túneles de Carretera, enciclopedia electrónica interactiva, que se está traduciendo a 7 idiomas, además del inglés, siendo recibido con gran entusiasmo en México. También se ha realizado un nuevo Diccionario de Explotación de Túneles de Carretera, con 140 términos y definiciones, disponible en 9 idiomas.

El Manual de Túneles de Carreteras es “un compendio” de la información diseminada en los informes y artículos elaborados por el Comité desde 1995, abordando tan sólo los aspectos relacionados con la explotación (geometría, equipamiento y su mantenimiento, explotación, seguridad, medio ambiente) y no con la ingeniería civil del túnel. Comprende dos partes principales: una sobre los aspectos generales de los túneles de carretera (gestión estratégica, seguridad, factor humano, mantenimiento, medio ambiente,...) y otra sobre los requisitos específicos de la explotación y la seguridad (geometría, elementos estructurales, equipamientos, comportamiento frente al fuego, etc.). Está disponible en el sitio de la Red de la AIPCR totalmente en sus versiones de inglés

y francés, y parcialmente en otros idiomas como el español.

En los últimos quince años, se ha producido un crecimiento de las infraestructuras del transporte, y en particular de los túneles y obras subterráneas, siendo cada vez de mayores dimensiones y longitud. Independientemente del coste de su construcción, de todos es sabido el elevado coste de explotación que supone la presencia de un túnel en la red viaria, valorado entre 130 000 y 300 000 €/km en función de su longitud total e instalaciones con las que está equipado. No obstante muchas veces resultan imprescindibles para atravesar barreras naturales, fundamentalmente en nuestro país cadenas montañosas, representando a veces la única solución frente a las exigencias ambientales y de espacio, cada vez más importantes en el medio urbano. Estas condiciones convierten a la construcción y a la explotación de un túnel en un reto permanente, que requiere dominar técnicas y herramientas cada vez más sofisticadas y complejas.

Sin embargo, para garantizar su seguridad no es suficiente con el empleo de una avanzada tecnología o la mejora de la infraestructura de los túneles, en el caso de los existentes, sino que se requiere un enfoque global. Deben considerarse todos los factores que influyen en la seguridad: la infraestructura del túnel, la explotación, la gestión de la seguridad, el tráfico y el comportamiento del conductor.

De nada sirve todo lo anterior si los usuarios del túnel (conductores y viajeros) no son conscientes de cuál debe de ser su conducta al circular por un túnel, como la distancia de seguridad, respeto a la señalización,... o no conocen los modernos equipamientos ni saben como actuar en caso de retención, avería, incendio o accidente. De aquí el interés de la revista RUTAS de dar a conocer todas estas materias y, mediante su divulgación, contribuir a hacer unas carreteras más seguras en toda su concepción global y en la de los túneles en particular. Por tanto bien está, en la situación actual de clara reducción de la inversión en nuevas infraestructuras, que contribuyamos todos a sacar el máximo aprovechamiento posible de las existentes con actuaciones de gestión, información, organización del transporte y optimización de los medios disponibles, que con un mínimo coste permitan rentabilizar al máximo el patrimonio vial disponible, para evitar que tenga que volver a acuñarse el viejo dicho de que el mejor túnel es el que no se hace, y mantener a España como una referencia mundial en túneles. ❖



Entrevista a

## D. Domingo Berriel Martínez, Consejero de Obras Públicas, Transportes y Política Territorial del Gobierno de Canarias

¿Qué supuso para usted su nombramiento y qué objetivos se ha marcado como Consejero de esta Comunidad?

Creo que es un privilegio poder participar activamente como lo he hecho yo

durante las últimas décadas, en el desarrollo de nuestra Comunidad Autónoma. En esta última etapa, el hecho de que confíen en mí para dirigir un departamento como éste, al que llevo ligado de una u otra forma buena parte de mi trayectoria profesional, no puede ser más gratificante. Sobre todo por la nueva denominación de la Conseje-

ría, en la que por primera vez se unen las competencias de Obra Pública, de Transportes y de Política Territorial en un mismo departamento. Supone un gran reto conjugar las capacidades de todas estas áreas y el principal objetivo es, sin duda, conseguir un desarrollo eficaz y eficiente de las infraestructuras necesarias, pero también armó-

**D**omingo Berriel Martínez es Ingeniero Industrial Superior y Licenciado en Derecho.

Como cargo público, ha ejercido puestos de responsabilidad tanto en su isla de nacimiento, Fuerteventura, como en el Gobierno autonómico.

En Fuerteventura, fue director gerente del Consorcio Insular de Aguas. En una etapa posterior, fue nombrado vicepresidente 2º y consejero de Infraestructuras y Ordenación del Territorio del Cabildo Insular.

Dentro del Gobierno autonómico, fue director general de Obras Públicas, consejero de Medio Ambiente y Ordenación Territorial y consejero de Agricultura, Ganadería, Pesca y Medio Ambiente.

En la actualidad, es consejero de Obras Públicas, Transportes y Política Territorial del Gobierno de Canarias.

En portada

nico con el entorno y las enormes limitaciones de suelo que tenemos en Canarias.

### ¿Cómo se estructura su Departamento?

Como cualquier departamento del Gobierno autonómico, cuenta con una Secretaría General Técnica, que desempeña la mayor parte de las funciones de gestión administrativa y jurídica de la Consejería.

Además, hay dos Viceconsejerías. La de Infraestructuras y Planificación tiene a su vez tres direcciones generales, que gestionan las carreteras, los puertos y el transporte.

La otra Viceconsejería es la de Política Territorial, reforzada por una Dirección General de Ordenación del Territorio. Entre sus muchas funciones, este departamento es el responsable de la Comisión de Ordenación del Territorio y el Medio Ambiente de Canarias, un órgano colegiado que vela por la legalidad de todo el planeamiento territorial y urbanístico del Archipiélago.

### De acuerdo al vigente Convenio con el Estado, esta Comunidad tiene competencia exclusiva en carreteras. ¿Qué supuso para Canarias esa transferencia?

El Convenio lo recoge, pero es una competencia contemplada en el artículo 30 del Estatuto de Autonomía de Canarias. En este marco, corresponde al Gobierno autonómico elaborar el Plan Regional de Carreteras.

Con el proceso de transferencias del Estado a la Comunidad Autónoma, la Ley de Carreteras (Ley 25/1988, de 29 de julio), cuyo alcance se circunscribe a las carreteras estatales, se originó en las Islas un vacío legislativo en la administración de las carreteras no estatales. Para solventar la situación, el Parlamento de Canarias aprobó en 1991 la Ley de Carreteras de Canarias (Ley 9/1991, de 8 de mayo). Nuestra Ley de Carreteras es, básicamente, igual a la estatal, aunque mejorando los aspectos que tienen que ver con las especificidades canarias como la orografía del terreno, la falta de transportes terrestres alternativos



Para el Sr. Berriel y dado que no hay vías de comunicación alternativas a las carreteras, Canarias depende de ellas para mantener la cohesión social y el desarrollo económico de la isla

(como el tren), la densidad de población, y otras circunstancias singulares. Por lo demás, se siguen las determinaciones de la Ley estatal tanto en lo que se refiere a la especificación de los distintos tipos de vías (autopistas, autovías, vías rápidas y carreteras convencionales), como en los aspectos técnico-jurídicos relativos a la carretera y sus zonas de dominio público, de servidumbre o afección, y tramos especiales como travesías, tramos urbanos, redes arteriales, etcétera.

Como complemento a la Ley de Carre-

teras en las Islas el Reglamento de Carreteras de Canarias, cuya finalidad es el desarrollo de la Ley en todo lo relativo a planificar, proyectar, construir, conservar, financiar, usar y explotar las carreteras.

El sistema de gestión de las carreteras del Archipiélago experimentó un cambio importante con la aplicación de la Ley de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas, al contemplar la transferencia a los Cabildos Insulares de diferentes competencias de la Comunidad Autónoma en materia de carreteras, como su conserva-



Vista parcial de la carretera Arrecife-Tahiche

ciónymantenimiento(Decreto157/1994, 21 julio).

Sinquerersermásexhaustivo,contar con las competencias supone muchomás agilidadalhora detramitarydesarrollar los proyectosy, sobretodo, unimportante avance en el diseño de la red viaria de las islas, que tiene condicionantesy singularidades derivados de la insularidad, la escasa disponibilidad de terreno y una orografía complicada, que, en conjunto, difieren sustancialmente de las condiciones en el resto del territorio estatal.

### ¿Cómo se clasifica y cuál es la longitud de la red de carreteras de Canarias?

La Ley de carreteras de Canarias establece la distinción entre vías regionales, insulares y municipales. Las carreteras de interés regional constituyen las redes de carácter básico en el esquema viario de cada isla por cubrir los itinerarios fundamentales de sus transportes interiores.

Las redes insulares están formadas por las carreteras que eran originariamente

de los Cabildos, a las que se van añadiendo las que la Comunidad Autónoma le va transfiriendo una vez construidas. Las carreteras municipales son titularidad de los respectivos municipios.

Las carreteras de interés regional son las vías de circunvalación, así como las de largo recorrido que unan puntos distantes de la circunvalación y comuniquen, además, con importantes núcleos de población o actividad económica; y las que comuniquen la capital de la isla con puertos y aeropuertos de interés general o centros de especial interés por su actividad.

Las diferentes carreteras quedan bajo la responsabilidad de cada organismo administrador, correspondiéndole a éste su planificación, proyecto, construcción, conservación, mantenimiento, señalización, uso y explotación y, si fuese necesario, la ampliación del número de calzadas, acondicionamiento de trazado, ensanches de plataforma, mejoras de firme o ejecución de variantes. La Consejería de Obras Públicas del Gobierno de Canarias se encarga de la planificación y proyecto de las carreteras regionales, cuya gestión es transferida a los cabildos una vez construidas.

La red de carreteras de Canarias supera actualmente los 4500 kilómetros, una cifra que, en proporción, es bastante más elevada que la media estatal. No obstante, dado el amplio parque móvil de las Islas, con más de un millón de vehículos, nuestra red es insuficiente para permitir el tráfico con la debida fluidez.

### ¿Con qué presupuesto cuenta para este año de 2012 y cómo se distribuye?

Los Presupuestos Generales de la Comunidad Autónoma para 2012 recogían una programación detallada de las carreteras canarias para este año, con asignaciones presupuestarias precisas, fruto de un gran esfuerzo por repartir los fondos de una forma justa y equilibrada entre las distintas islas.

Así, en esos presupuestos se distribuían los 207 millones de euros previstos en la programación del Convenio de Carreteras establecido entre el Gobierno de Canarias y el Ministerio de Fomento para 2012. Sin embargo, no hemos encontrado

conque, ya en el mes de abril, el Gobierno central ha decidido de forma unilateral rebajar la asignación del convenio hasta los 68,5 millones de euros. Además, hay que tener en cuenta otro dato: mientras el total del programa 453 B del proyecto de presupuestos generales del Estado, que es el que recoge las partidas para la Dirección General de Carreteras, aumenta un 24 por ciento, el dinero para las Islas desciende más del 66 por ciento.

Esta decisión, si así se mantuviera, representaría un incumplimiento por parte del Ministerio de Fomento del Convenio Canarias-Estado. Por ello, la primera actuación de la Consejería en cuanto se conocieron las cifras fue solicitar una reunión urgente con la Ministra, para transmitirle el auténtico descalabro que este presupuesto supone para las islas y que tenga en cuenta que en Canarias no hay vías de comunicación alternativas a la carretera. Dependemos de ellas tanto para mantener nuestra cohesión social, como para propiciar el desarrollo económico.

Además, Canarias tiene unas singularidades que requieren un trato diferenciado en positivo, como se recoge en la Ley de Régimen Económico y Fiscal de Canarias, REF, cuyo artículo 95 establece que las inversiones estatales no deban ser en Canarias inferiores al promedio que corresponda al conjunto de las Comunidades Autónomas, excluidas las inversiones dirigidas a compensar el hecho insular.

Nosotros hemos firmado un contrato, compromisos con numerosas empresas, en virtud del convenio firmado con el Estado, y tenemos que cumplirlos. Estas empresas, la práctica totalidad constituidas en UTE, tienen a miles de personas, la mayoría obreros de la construcción -el sector más castigado actualmente por el paro en las Islas-, trabajando en las obras.

Este recorte puede obligarnos a paralizar obras en marcha, y por supuesto, a no poder adjudicar las que se encuentran en licitación. De hecho ya hay empresas que han advertido que, si esto se lleva a cabo, van a ir a los Tribunales a pedir indemnizaciones por el quebranto que se les ocasionaría, lo cual complicaría aún más la situación. Y no cabe duda de que, en ese caso, al Gobierno de Canarias -que no es responsable de tal disminución- no le que-



Circunvalación de las Las Palmas de Gran Canaria, cuya última fase se encuentra muy avanzada

darían más remedio que demandar que fuera el Gobierno del Estado el que asumiese esa responsabilidad.

### Luego, esta crisis está afectando notablemente a Canarias

Todo lo relacionado con la economía, y más especialmente con el sector de la construcción, se está viendo muy afectado en Canarias por la recesión económica. Por ello, y ante el alto índice de paro que soporta la población de las Islas, desde el Gobierno de Canarias apostamos, entre otras cosas, por potenciar la obra pública para reactivar la economía generando riqueza y empleo.

Con ello perseguimos, además, el doble objetivo de dotar a Canarias de una infraestructura moderna y funcional que proporcione a los canarios y a los millones de turistas que nos visitan cada año -y que son los que sustentan nuestra economía-, un servicio de calidad que mejore la competitividad del Archipiélago.

Para poder mejorar las infraestructuras debemos poder gestionar la parte que por derecho nos corresponde dentro de la financiación del Estado y, en momentos tan duros como los que atravesamos, se hace más necesario que nunca que el Estado tome en consideración las singularidades canarias. Si se reduce la inversión pública se frena el crecimiento económico con la

consiguiente destrucción de empleo, lo que genera aún más incertidumbre frente a la crisis e impide la recuperación económica de las Islas.

**El Convenio de Carreteras, suscrito entre el Gobierno de Canarias y el Ministerio de Fomento contemplaba un total de 60 actuaciones en la red de interés regional, con una inversión para el período 2006-2017 de 2437 millones de euros más casi otros 300 millones para expropiaciones. Un convenio que fue revisado en 2009 y que daba una mayor autonomía a la Comunidad autónoma. ¿Cuál es su opinión hasta la fecha de su desarrollo?**

La principal aportación de la Addenda al convenio de 2009 fue que la Comunidad Autónoma dejaba de depender de una segunda Administración al hora de tramitar incidencias en la gestión de los proyectos, lo que antes obligaba a complejos encajes administrativos a la hora de efectuar muchos trámites, lo que ralentizaba el proceso. De esta forma, se trabajaba de una forma más ágil, sin menoscabo del control que el Estado hace de los proyectos, a través de la comisión de seguimiento del Convenio.



Vista general de la Autopista TF-1 (Tenerife)

En cuanto al desarrollo del Convenio podríamos decir que, hasta ahora, íbamos bien. En estos momentos estamos construyendo en Canarias 21 carreteras de interés regional. Que se encuentran en distintas fases de desarrollo.

La materialización del Convenio en las Islas ha sido ágil desde el primer momento. En 2008, sólo dos años después de su firma, habíamos alcanzado un porcentaje de obra adjudicada del 53,3%. Pero hablamos de obra adjudicada, y se trata de obras que tardan una media de tres, cuatro años en ejecutarse. Si ahora tuviéramos que para los 21 proyectos que tenemos en marcha por falta de financiación sufriríamos un retroceso importante y echaríamos por tierra el esfuerzo de todo un equipo de personas que ha trabajado con diligencia para sacar adelante planes, proyectos, expropiaciones y todo lo que conlleva poner en marcha una obra de esta naturaleza, que es mucho.

Si Fomento no transfiriera a Canarias el dinero comprometido en el Convenio nos veríamos obligados a parar o, como mínimo, ralentizar la mayor parte de las obras en marcha. Pero confío en que finalmente se imponga la cordura.

**Si le parece, podemos hacer un balance del citado convenio por cada una de las islas para dar una visión más precisa a nuestros**

### lectores sobre el estado del Convenio.

Pues, si comenzamos a repasar las islas de Este a Oeste, en Lanzarote estamos dándole los últimos retoques a la carretera Tahiche-Guatiza, que se encuentra ya en servicio, y estamos trabajando en la Duplicación de la Circunvalación de Arrecife y la 1ª fase de la carretera Yaiza-Arrecife, en el tramo comprendido entre la Glorietta de Mácher y la Glorietta de Playa Quemada, sobre la que se está trabajando intensamente en el proceso expropiatorio.

El convenio también contempla para Lanzarote la 2ª fase de la carretera Yaiza-Arrecife, para cuya programación estamos en estos momentos pendientes de las previsiones del Plan Insular de Ordenación. En la misma situación se encuentra el proyecto de la carretera Guatiza-Órzola. Otra obra a programar, aunque el Convenio establece la previsión económica para el proyecto, es la Circunvalación de Tegüise.

En Fuerteventura se está trabajando en el eje Norte-Sur, que constituye el elemento vertebral de las infraestructuras básicas de la isla. El Convenio de Carreteras contempla la construcción del eje Norte-Sur mediante el desarrollo de siete tramos: Corralejo-Caldereta (que se encuentra en estos momentos en ejecución); Caldereta-Puerto del Rosario-Aeropuerto; Aeropuerto-Pozo Negro; Pozo Negro-Costa Calma;

Costa Calma - Pecenescal (en ejecución también); Pecenescal-Valluelo (finalizado y en servicio); y Valluelo - Vinámar.

En Gran Canaria avanzan a buen ritmo las obras del desdoblamiento de la carretera GC-2 entre El Pagador y Santa María de Guía, así como la autopista GC-1 en el tramo Puerto Rico - Mogán; la IV Fase de la Circunvalación a Las Palmas de Gran Canaria, que cierra el anillo en torno a la capital gran canaria; el tramo de la carretera Agaete-La Aldea comprendido entre La Aldea y El Risco; la remodelación y construcción de enlaces y vías de servicio en la Autopista GC-1 entre los municipios de Agüimes y Santa Lucía de Tirajana.

En trámites se encuentran el desdoblamiento de la GC-2 entre Arucas y El Pagador, de la que se están estudiando nuevas alternativas de trazado, y los planes territoriales especiales denominados Nuevo Acceso a Tede desde la GC-3 y su prolongación hacia el Sur y Variante de la GC-1, Circunvalación del Parque Aeroportuario y Acceso al Aeropuerto, que permitirán mejorar el eje viario que une la capital con el Aeropuerto.

En Tenerife se encuentran en ejecución las carreteras: Santiago del Teide - Adeje, Icod-El Tanque, Ofra-El Chorrillo, la Vía Litoral de Santa Cruz de Tenerife, Adeje - Santiago del Teide, y la Mejora y Recuperación Paisajística de la TF-1.

En La Gomera se trabaja actualmente en la 1ª fase de la carretera Vallehermoso-Arure y en la Travesía de Hermigua.

En la isla de La Palma se están construyendo las vías: San Andrés y Saucos-Barlovento-Cruz Castillo, Bajamar-Tajuya (en el tramo San Simón-Tajuya), y en el acceso al Puerto de Tazacorte.

Por último, en El Hierro, está previsto mejorar la vía entre Los Llanillos (en Frontera) y Sabinosa.

Todo el listado es una mera enumeración de proyectos en diferentes estados de desarrollo, desde los que todavía están en fase de proyecto, hasta los que se han abierto a la circulación mientras se finalizan los últimos trabajos.

Lo relevante es que suman una inversión prevista de 1.173,5 millones de euros hasta 2017 y que son un polo generador de empleo y desarrollo económico, tanto en su fase de construcción, como por su pa-

pel posterior como vías de comunicación y transporte de mercancías.

### ¿Dado este informe, qué obras destacaría de las recientemente inauguradas o en ejecución?

Todas las obras incluidas en el Convenio son importantes, por que todas han sido programadas en base a las necesidades de cada isla y muchas venían siendo reiteradamente demandadas por los ciudadanos por su imperiosa necesidad. En Gran Canaria destacaría, por su espectacularidad y el servicio que presta, la Circunvalación Las Palmas de Gran Canaria, cuya última fase se encuentra muy avanzada; la carretera Pecenasal-Valluelo, en Fuerteventura, junto a La Caldereta-Corralejo y el resto del eje Norte-Sur; las obras que pertenecen al Anillo Insular de Tenerife, que rodeará la isla y que, en su tramo noroeste, tiene algunos hitos de relevancia, como el doble túnel de El Bicho. Pero en este caso, lo verdaderamente reseñable es el gran cuidado del entorno, con presupuestos de hasta el 40% para medidas medioambientales en tramos como el de Icod-El Tanque. Y en El Hierro, sin duda, el gran logro por la aplicación del convenio fue el Túnel de Los Roquillos. Una obra muy compleja que estamos estudiando cómo mejorar para que no se vea afectada por los desprendimientos de la ladera contigua.

Pero hablando de estas obras, no quiero hacer mérito del resto. Todas y cada una de las carreteras programadas en el Convenio tienen una importancia sustancial para el desarrollo de Canarias, al margen de que, como ingeniero, me resulten más atractivas las obras con mayor dificultad técnica o aquellas en las que mejor se ha logrado la integración con el entorno.

### Tras la ejecución de obra nueva viene su conservación y gestión. ¿Cómo afronta este tema la Consejería para este año 2012?

El Gobierno de Canarias promueve y gestiona la creación de nuevas infraestructuras, pero las competencias en cuanto a



Prueba de carga en el puente de Los Tilos

suman mantenimiento y conservación ha sido transferida a los cabildos de las respectivas islas. No obstante, la Comunidad Autónoma no deja sola a los cabildos en esta tarea, y en sus Presupuestos de cada Ejercicio consigna una partida importante que es transferida a las corporaciones insulares para este fin. Se trata de una partida de unos 50 millones de euros al año, que se ha integrado en el global de la partida para transferencias que cada año negocia la Consejería de Economía y Hacienda con los Cabildos.

En los últimos años la Consejería de Obras Públicas ha establecido convenio con los siete cabildos para llevar a cabo Planes de Mejora de la Red Vial y de Mantenimiento y Conservación de Carreteras en cada una de las islas. Estos planes, que son cofinanciados al 50% por ambas Administraciones, han permitido mejorar la red vial existente y crear otra nueva que la complementa con circunvalaciones, vías de acceso y otras infraestructuras similares que han facilitado la conectividad y la movilidad en numerosos municipios.

Con los Planes de Mejora se ha conseguido aumentar la seguridad de las carreteras a través de la eliminación de puntos negros, la creación de variantes en poblaciones atravesadas por carreteras, la reestructuración del tráfico en zonas conflictivas, y la mejora general de la infraestructura en lo referente a firmes, taludes, drenaje y estructuras.

Los Planes de Acondicionamiento y

Conservación, por su parte, han permitido poner a muchas carreteras en los niveles adecuados en cuanto a sus características estructurales, funcionales y de seguridad. Estos planes se han estructurado teniendo en cuenta cuatro parámetros fundamentales: el pavimento, las estructuras, los taludes y la seguridad vial.

### ¿Qué opina sobre la colaboración público-privada para la creación, conservación y gestión de infraestructuras? ¿Cree que es una colaboración que debería o se necesita incentivar más?

Los planes de Mejora de la Red Vial y Acondicionamiento y Conservación se han ejecutado por empresas privadas a las que les han sido adjudicados los proyectos mediante concurso público, como ocurre con las obras del convenio de Carreteras.

Otra cosa son las tareas de limpieza, ajardinado, mantenimiento del firme, del alumbrado y de la señalización, que corresponde a las Administraciones insulares y locales decidir la forma en que deben ser prestados esos servicios, que ahora se hace, en muchos casos, con personal propio.

Respecto a la privatización de esos servicios pienso que puede ser positivo siempre que se entable para las Adminis-



La accidentada orografía canaria hace frecuente la necesidad de construir viaductos, puentes y túneles en la obra pública

traciones y no se destruya empleo, sino que se genere.

Lo que sí es cierto es que, ante la precaria situación económica en que nos encontramos, muchos expertos aseguran que el negocio con más futuro es el de la conservación de aquello que se ha construido, una idea que parece haber animado a muchas empresas hasta ahora destinadas a la construcción a plantearse otras líneas de negocio.

De todos modos, en este punto he de volver a señalar las especificidades de las islas. Notenemos vías de transporte alternativas a la carretera y tampoco suelo suficiente como para que sea fácil construir una red principal y otra secundaria que unan los mismos puntos. Por lo tanto, se trata de un territorio donde fórmulas de gestión como el peaje, tan extendido en otras latitudes, son de difícil aplicación.

### ¿Cuáles son los temas que tiene que tratar con el Gobierno Central en cuanto a infraestructuras en Canarias?

En estos momentos, como canarios, nos preocupan todos los recortes que el Gobierno Central está haciendo en los presupuestos destinados a las Islas. Todos, pero especialmente los que afectan a los servicios básicos como la Sanidad, la Educación, el Empleo, la atención a los

dependientes y las infraestructuras viarias e hidráulicas y turísticas. En el caso concreto del departamento que dirijo me preocupan el recorte en el presupuesto comprometido para Carreteras y las subvenciones al transporte aéreo y marítimo tanto de pasajeros como de mercancías.

No debemos olvidar que la calidad de nuestras infraestructuras y el coste de los billetes de avión y de barco coinciden en nuestra principal industria, el turismo, y no podemos ni debemos retroceder en temas de tanta trascendencia como éste para nuestra economía.

Todas estas inquietudes se las trasladamos a la ministra de Fomento en el encuentro que mantuvimos el pasado 25 de enero, pero no han tenido reflejo en el proyecto de presupuestos generales del Estado, por lo que hemos pedido otra reunión urgente.

### ¿Qué otros temas destacaría del resto de sus competencias, especialmente transporte?

En el área del transporte tenemos ahora mismo un problema importante que es la eliminación por parte del Estado de las subvenciones a las tasas aéreas, con el incremento de las tasas aeroportuarias y con la reducción del presupuesto destinado a subvencionar a los residentes canarios los viajes entre las islas, y entre éstas y la Península.

Si a esto unimos el hecho de que la desaparición de la compañía Spanair, el pasado mes de enero, ha generado un desequilibrio entre oferta y la demanda de plazas aéreas entre Canarias y la Península, con la consiguiente subida del precio de los billetes, aún por analizar a detalle, nos encontramos ante un escenario muy complicado.

Si no se habilitan más plazas aéreas entre Canarias y la Península a un precio asequible no hemos planteado solicitar al Estado la declaración de Obligación de Servicio Público para garantizar una prestación de servicios aéreos regulares que cumplan con los requisitos de regularidad, continuidad, precios y número de plazas.

También nos preocupan de forma especial las ayudas al transporte de mercancías, cuyas subvenciones se reducen prácticamente a la mitad en los PGE, pasando de 37,6 a algo más de 20 millones de euros. O la disposición adicional 73 del proyecto de presupuestos, que vuelve a obligar a los canarios a solicitar un certificado de residencia, para beneficiarse del descuento al que tienen derecho y para el que hasta ahora bastaba con presentar el DNI. Esta medida se adopta para prevenir un posible fraude, que hasta la fecha no se ha cuantificado, pero pensamos que en plena era de la Información, se va a adoptar una medida inadecuada y tanto anquilosada. De hecho, el Parlamento de Canarias aprobó por unanimidad una proposición no de ley, para que se permitiera seguir acreditando la residencia con el DNI.

Opinamos que las administraciones tienen medios suficientes para hacer la consulta de empadronamiento por vía telemática y, si el Gobierno del Estado no tiene esos medios, el gobierno canario está dispuesto a facilitarlos, vía convenio.

No creo que sea una medida acertada que, con todos los problemas que ya hemos citado, el pasajero tenga que hacer un pago más por obtener un certificado o simplemente perder más tiempo para obtener un certificado, innecesario con la tecnología de consulta on line de la que disponemos.

**Sin más temas que tratar, agradecemos a D. Domingo Berriel la atención dispensada a nuestra revista. ❖**



## 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.

Nuestro compromiso con la seguridad nos permite cumplir con los estándares internacionales más exigentes. Y todo ello gracias a la confianza y colaboración de nuestros clientes.

---

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

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

---





# Mezclas semicalientes: Caracterización y puesta en obra

## *Warm Asphalt Mixes: Properties and Construction*

José Simón Grau  
Coordinador de Firmes de Chm  
Julio López Ayerra  
Jefe de Laboratorio de Chm  
Francisco Lucas Ochoa  
Jefe Asistencia Técnica y Desarrollo Repsol

Francisco José Barceló Martínez  
Coordinador de Asfaltos del CTR Repsol  
Juan Mendoza  
Gestor de Asfaltos de Repsol  
Verónica Contreras Ibáñez  
Tecnólogo Asfaltos del CTR Repsol

### Resumen

Podemos afirmar que las mezclas semicalientes (con aditivos surfactantes) reducen el consumo energético y las emisiones de CO<sub>2</sub>, también se obtienen ventajas en la seguridad laboral (PRL) debido a que se tienen que soportar temperaturas más bajas en la puesta en obra y ventajas de seguridad al tener mejor macrotextura el pavimento.

**PALABRAS CLAVE:** baja temperatura, semicalientes, mezclas bituminosas, seguridad, emisiones, medio ambiente, tecnología, firmes.

### Abstract

We can affirm that warm asphalt mixes (based on bitumen with surfactant additives) reduce the laying temperature, use less energy and CO<sub>2</sub> emissions; we also obtain benefits in workmen's safety, because they have to withstand lower temperatures, and operations safety since the pavement has a better macrotexture.

This paper aims at making a comparison of normal bitumen (penetration 35/50), compared with low-temperature bitumens (BBT 35/50), to compare the temperatures of both mixes and energy saving, environmental and safety issues.

**KEY WORDS:** low temperature, warm mixes, half-warm mixes, safety, emissions, environment, technology, pavement.

## 1. Introducción

Como respuesta a la problemática mundial sobre el cambio climático y las emisiones de gases de efecto invernadero, el sector de la carretera ha puesto en marcha una serie de acciones para contribuir, en la medida de lo posible, a disminuir el impacto medioambiental de sus actividades. Entre estas iniciativas podemos destacar el incremento en la utilización de materiales reciclados, el uso de las técnicas en frío, el empleo de subproductos procedentes de otras actividades y una reducción de temperatura de las técnicas en caliente.

Concretamente las técnicas de reducción de la temperatura en la fabricación y puesta en obra de las mezclas asfálticas constituyen hoy en día una realidad en España, donde en los últimos años se han llevado a cabo diversas pruebas empleando las distintas alternativas disponibles en el mercado, con resultados muy satisfactorios en cuanto a las prestaciones finales alcanzadas en la mezcla, y a la reducción de consumo de combustible y emisiones a la atmósfera producidas en planta.

Este artículo trata sobre la técnica basada en aditivos químicos, con los que se pueden formular ligantes capaces de producir una disminución de temperatura de 30-40 °C en mezcla respecto de las mezclas en caliente convencionales. Se muestran los resultados obtenidos en la fabrica-

ción y puesta en obra de una mezcla en la que se han empleado este tipo de ligantes.

Este estudio pretende hacer una comparación de betunes normales (Betunes de penetración 35/50), frente a betunes de baja temperatura (BBT 35/50), donde se quiere comparar las temperaturas de ambas mezclas y su consiguiente ahorro energético, medioambiental y de seguridad.

## 2. Empleo de aditivos químicos en ligantes

Una de las técnicas para reducir la temperatura de trabajo de las mezclas asfálticas consiste en modificar la tensión superficial del ligante, para que moje más al árido en las condiciones de trabajo.

Para ello se pueden encontrar en el mercado ciertos aditivos, con función tensioactiva, que actúan en las interfases árido/betún y betún/aire, reduciendo los valores de la tensión superficial. La particularidad de los ligantes formulados con estos aditivos es que no presentan ninguna diferencia en las propiedades reológicas respecto de un ligante convencional.

Para estudiar el comportamiento en obra de estos ligantes se ha llevado a cabo una prueba, donde se ha trabajado con un ligante convencional (35/50) a las temperaturas habituales, y ese mismo ligante

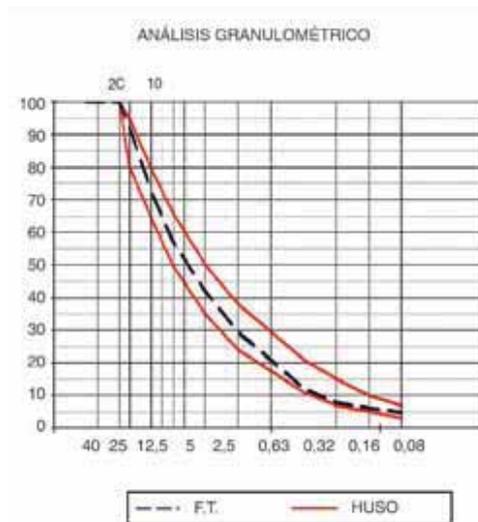


Figura 1. Curva granulométrica

aditivado (BBT 35/50), con el que se ha trabajado a temperaturas típicas de la zona semicaliente.

## 3. Fórmula de trabajo

La mezcla asfáltica consiste en una AC22 BIN 35/50 S (S-20). Las características de los áridos empleados, así como el huso granulométrico y resultados óptimos los podemos ver en las tablas 1 y 2, y en la figura 1.

## 4. Caracterización de ligantes

En la obra se han empleado dos ligantes, uno convencional 35/50, y ese mismo betún aditivado con un producto comercial, capaz de reducir la tensión superficial del ligante, al que denominamos BBT 35/50. La incorporación del aditivo al betún se lleva a cabo en condiciones controladas de dosificación, temperatura y agitación.

Las características de los dos ligantes empleados son (véase tabla 3):

Como puede observarse en el gráfico

Tabla 1. Características de los áridos

Fración	Procedencia	Índice de lajas UNE-EN 933-3	Desgaste L.A. UNE-EN 1097-2	Limpieza superf. UNE 146130-Anex C	Equivalente de arena UNE-EN 933-8	Daft NLT-176
0/4	Cavimart				72	
4/2	Cavimart	10,3	18	0,22		
12/32	Cavimart	9,7	18	0,18		
Filler C.	Recuperac.					0,65

Tabla 2. Fórmula de trabajo

Resultados óptimos	
% Betún/Áridos	4,50
% Betún/Mezcla	4,30
Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	2450
Estabilidad (kN)	14
Deformación (mm)	2,2
% Huecos Mezcla	4,80
% Huecos Áridos	15,05

Tabla 3. Características de los ligantes empleados en obra

Ensayos	Norma ensayo	35/50	BBT 35/50
Penetración 0,1 mm	UNE EN 1426	50	51
Anillo-Bola, °C	UNE EN 1427	52,6	52,4
IP	UNE EN 12591	-0,23	-0,22
Viscosidad 120 °C, cp	UNE EN 13302	1455	1455
Viscosidad 140 °C, cp	UNE EN 13302	470	475
Viscosidad 160 °C, cp	UNE EN 13302	191	195
Fraas, °C	UNE EN 12593	-14	-15
Punto inflamación, °C	UNE EN 2592	340	329

Tabla 4. Temperaturas de trabajo

Temperaturas de trabajo		35/50	BBT 35/50
Condiciones de trabajo	Temperatura Ligante	160 °C	160 °C
	Temperatura Áridos	160 °C	120 °C
Temperatura de mezcla		150 °C	110 °C

Tabla 5. Resultado probetas compactadas con prensa giratoria

Ensayos probetas	Norma ensayo	35/50	BBT 35/50
Número de giros	-----	200	200
Densidad geométrica kg/m <sup>3</sup>	UNE EN 12697-6	2307	2306
Densidad sss, kg/m <sup>3</sup>	UNE EN 12697-6	2420	2430
Estabilidad kN	UNE EN 12697-34	9,95	9,22
Deformación, mm	UNE EN 12697-34	3,76	4,16
Huecos mezcla %	UNE EN 12697-8	5,2	4,8
Módulo resiliente 20 °C, MPa	UNE EN 12697-26	4061	5095

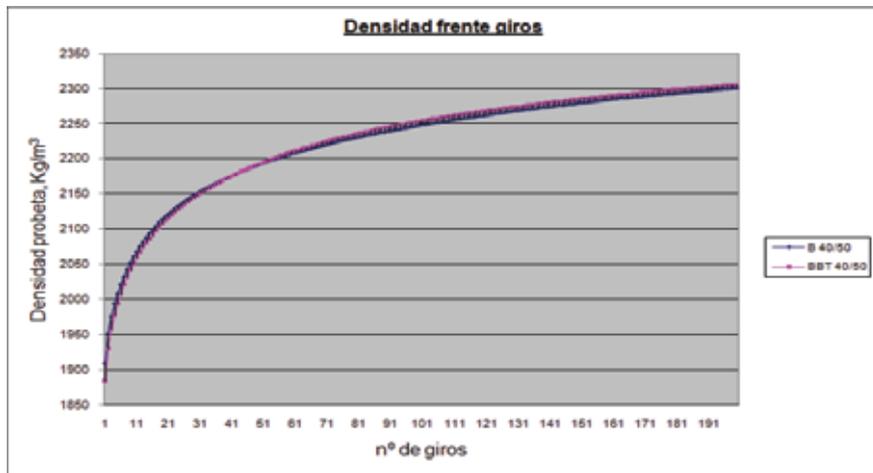


Figura 2. Curvas de compactación en giratoria para los ligantes 35/50 y BBT 35/50

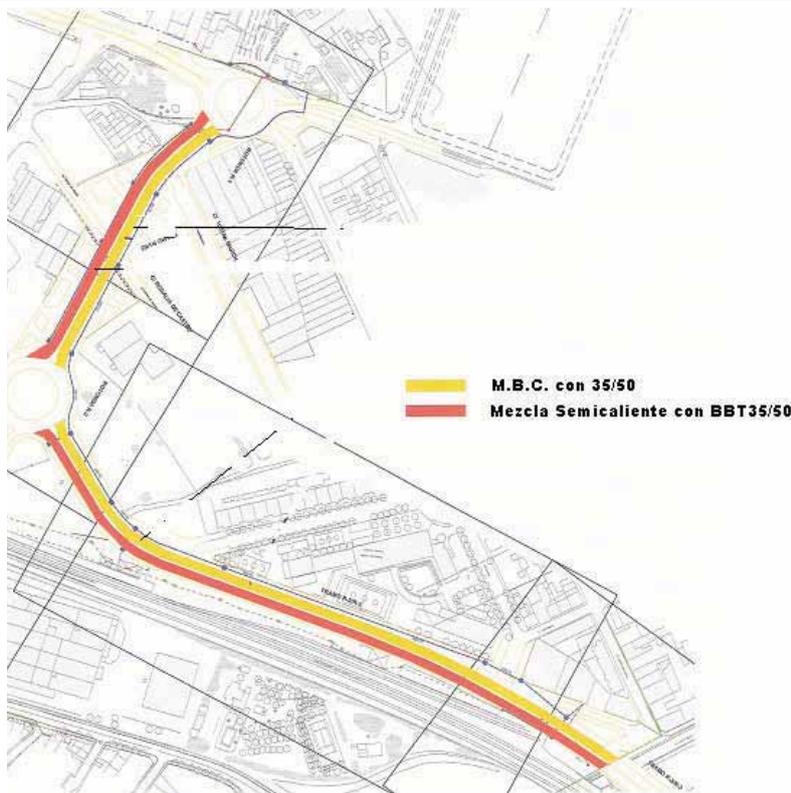


Figura 3. Croquis tramo de prueba

duciendo ningún cambio en las propiedades reológicas del ligante BBT 35/50 formulado con el aditivo, respecto del ligante original 35/50.

## 5. Ensayos previos

Previamente a la realización de la prueba se llevó a cabo un estudio de compactación en prensa giratoria de los dos ligantes, utilizando los áridos de obra y la fórmula de trabajo calculada. Las temperaturas de mezcla y compactación empleadas fueron las que previsiblemente se utilizarían en obra, según estudios previos realizados con estos aditivos (véase tabla 4).

Se ha procedido a compactar con el número de giros necesario para alcanzar la altura de probeta que proporcione la misma densidad (véase figura 2) obtenida en la fórmula de trabajo y utilizando el método de compactación por impacto (75 golpes), las condiciones de compactación han sido: Presión de consolidación: 600 kPa, ángulo de giro: 0,82°, velocidad de giro: 30 rpm.

Los resultados de las probetas compactadas en prensa giratoria fueron (véase tabla 5).

## 6. Tramo de prueba

El ámbito de la obra es el tramo comprendido entre la rotonda de la carretera de Agost y la rotonda de los bomberos, en el término municipal de San Vicente del Raspeig (Alicante).

El tramo de prueba se hizo entre la R1-R3 (en concreto, entre la R1 y el puente), tramo de dos calzadas de 6.3 m de ancho cada una con una longitud de 480 m. La comparación se hizo en uno de los carriles de una calzada de dos carriles, con mezcla tipo S-20 entre el puente, pasando por la R2 y finalizando en R1, empleando el betón BBT 35/50; y se comparó con el otro carril contiguo realizado con la mezcla tipo AC22 BIN 35/50 S(S-20) con 35/50 entre el puente y la R1 (véase figura 3).

## 7. Control en planta asfáltica

La fabricación y puesta en obra de la mezcla se realizó en mayo 2009. La planta asfáltica utilizada fue de tipo discontinuo,

marca MARINI, de una capacidad de 220 t/h. No fue necesario llevar a cabo ninguna modificación en el aparato para realizar la prueba de baja temperatura.

### 7.1. Control temperatura de betunes

El control de la temperatura de los betunes en el tanque de almacenamiento se hace por display y sonda térmica. Se fija una temperatura de control de ambos betunes en tanque de 150 °C.

La media de las mediciones en los tanques de los distintos betunes es de 152 °C (véase figura 4).

### 7.2. Control temperatura de los áridos

El control de la temperatura de los áridos a la salida del trommel, se hace con sonda térmica. Se fija una temperatura para los áridos con el betún 35/50 de 160 °C y de 130 °C para el betún BBT 35/50.

Las temperaturas medias obtenidas tras las mediciones nos dan una media de 133 °C para la mezcla con BBT 35/50 y 163 °C para la mezcla con 35/50 (véase figura 4).

### 7.3. Control temperatura de la mezcla en planta

El control de la temperatura de la mezcla se hace por muestreo de los camiones con sonda térmica y las medias obtenidas para la mezcla con BBT 35/50 es de 124 °C y para la mezcla con 35/50 es de 160 °C (una disminución de 36 °C). Véase figura 4.

### 7.4. Control consumo GN

El control del consumo de GN (gas natural) se hace por lectura del contador de gases en m<sup>3</sup>, el cual se pasa a consumo en kWh de GN.

El consumo de la mezcla con 35/50 para la fabricación de 455,4 t es de 33308 kWh, y para la mezcla BBT 35/50, con una producción de 426,8 t, es de 22397 kWh. El consumo por kWh/t podemos ver en la figura 5; así como el gasto por €/t (véase figura 6).



Foto 1. Mezcla normal con 35/50



Foto 2. Mezcla semicaliente BBT 35/50

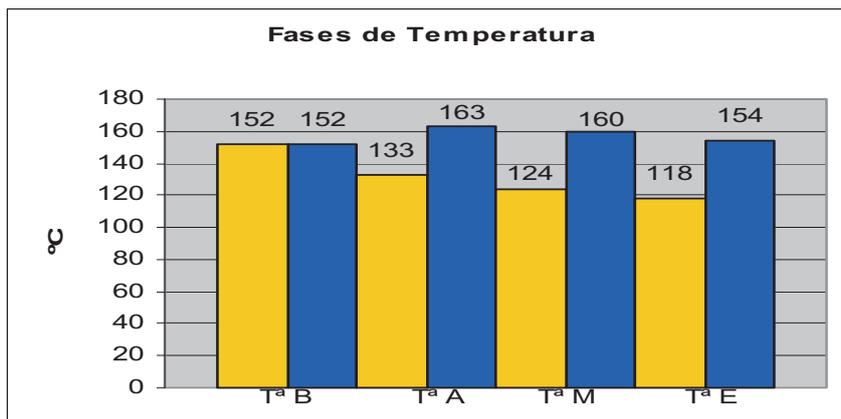


Figura 4. T<sup>a</sup> B es la temperatura del betún; T<sup>a</sup> es la temperatura de los áridos; T<sup>a</sup> M es la temperatura de la mezcla y T<sup>a</sup> E es la temperatura de extendido

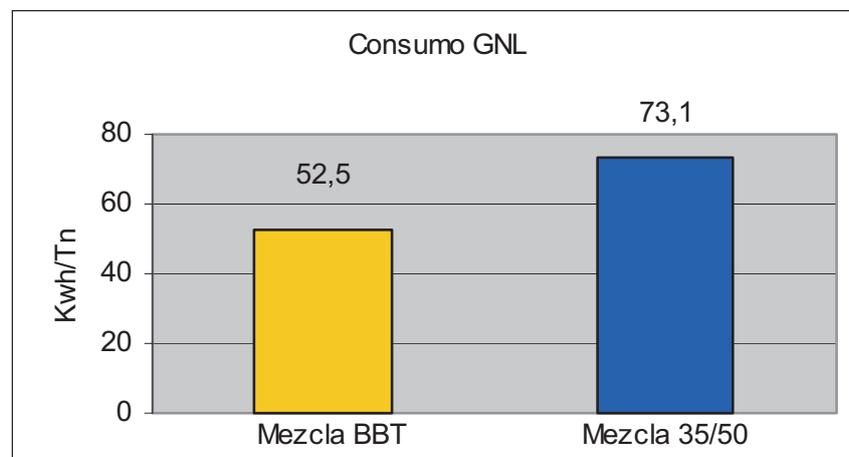


Figura 5

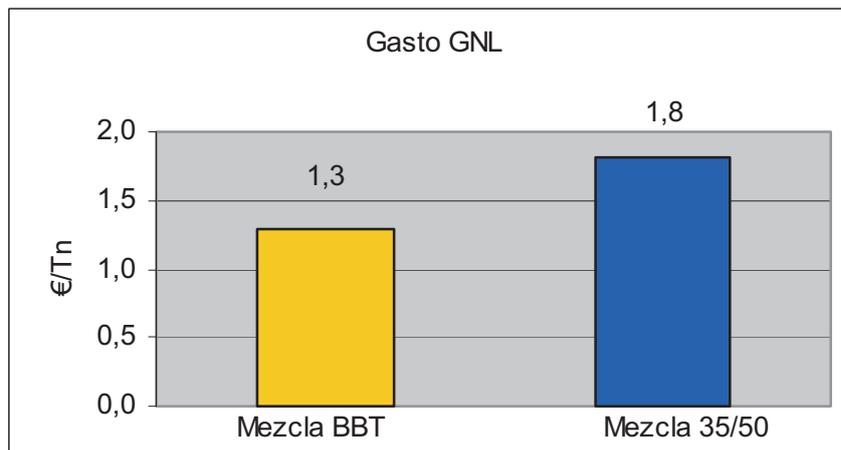


Figura 6



Foto 3. Extensión de mezcla caliente y diagrama termográfico



Foto 4. Extensión de mezcla semicaliente y diagrama termográfico

### 7.5. Emisiones de CO<sub>2</sub>

Las emisiones de CO<sub>2</sub> las cuantificamos utilizando la fórmula de:

$$1 \text{ kWh GN} = 0,00023 \text{ t CO}_2 \text{ (230 g CO}_2\text{)}$$

Del consumo de GN para ambos tipos de betunes, deducimos que las emisiones son:

BBT 35/50 emite 0,0121 t (12,1 kg) de CO<sub>2</sub> por t fabricada de mezcla.

35/50 emite 0,0168 (16,8 kg) T de CO<sub>2</sub> por t fabricada de mezcla.

El ahorro estimado para la mezcla semicaliente es del 28%.

La Bolsa Europea de Derechos de Emisión de CO<sub>2</sub>, valoraba en mayo de 2009 a 14,46 €/t la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>.

### 8. Control en la extensión

Las máquinas utilizadas para la compactación son:

- Compactador neumático de 16 t
- Rodillo metálico de 10 t.
- Extendedora sobre orugas

#### 8.1. Control temperatura de la extensión

El control de la temperatura en la extensión se hacía con termómetro y sonda a la salida de la mezcla por la regla. La temperatura media de inicio de la extensión para la mezcla BBT 35/50 fue de 118°C, y para la mezcla con el 35/50 fue de 154°C (véase figura 4).

Se estaba compactando hasta que la temperatura de las mezclas estaba sobre los 90 °C.

#### 8.2. Temperatura ambiente de trabajo

Se tomaron temperaturas a 1,5 m de

las mezclas para comprobar la temperatura que soportan los trabajadores en la extensión y ver si había alguna diferencia entre los distintos tipos de mezclas.

Con una temperatura ambiente de 26 °C y una temperatura de mezcla de 120°C (Mezcla BBT), la temperatura a 1,5 m era de 29°C; para 154°C (mezcla con 35/50), la temperatura a 1,5 m era de 32°C (véase figura 7).

El trabajador estaba soportando el doble de temperatura con respecto a la temperatura ambiente si se trabajaba con mezclas con betunes 35/50 que con mezclas semicalientes (con el BBT 35/50).

#### 8.3. Muestreo de humos de asfalto

Se hicieron (por parte de Fremap), mediciones para el control de agentes nocivos en los humos de las mezclas en ambos



Fotos 5 y 6. Medición de la temperatura de la mezcla a la llegada a obra y de stress térmico en la extendedora

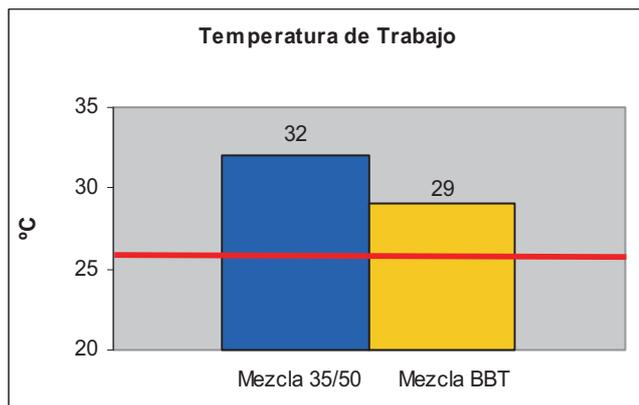


Figura 7

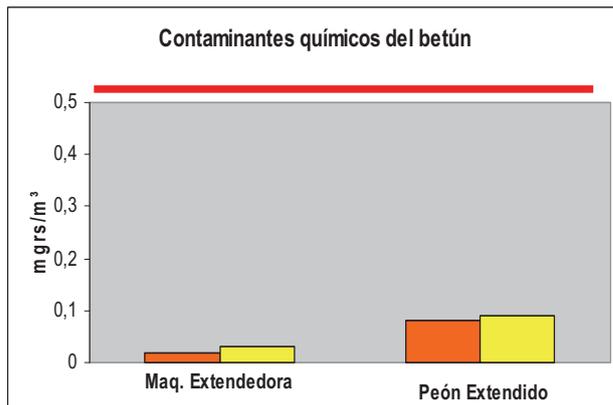


Figura 8

betunes, analizando el asfalto, humos (petróleo), aerosoles solubles en benceno (VL) como partículas extraíbles con ciclohexano por gravimetría).

Las medicaciones se hicieron en la maquinaria de la extendidora y al peón del extendido por ser los puestos más expuestos a los humos de las mezclas bituminosas.

En ambos casos y con los distintos tipos de betunes, los valores medios ambientales estaban por debajo del valor mínimo admisible, que es 0,5 mg/m³ (ver resultados en figura 8).

## 9. Ensayos de mezclas en obra

De cada tipo de mezcla fabricada en planta se tomó una cantidad suficiente de muestra para realizar en laboratorio estudios de compactación por impacto y giratoria, determinando en cada caso las propiedades de las probetas obtenidas (véanse tablas 6, 7, 8 y 9). Las temperaturas de compactación han sido las mismas que las de obra:

Mezcla en caliente con betún 35/50: 150-155 °C

Mezcla semicaliente con betún BBT 35/50: 115-120 °C

En la compactación giratoria se ha llegado a 200 giros (densidad de rechazo según UNE EN 12697-9 para compactador giratorio); se observa que con este método de compactación, los resultados obtenidos para la mezcla semicaliente son más parecidos a los de la mezcla caliente, con la diferencia que puede suponer la diferencia en penetración de los ligantes que contiene la mezcla.

En cuanto al ensayo de sensibilidad al agua, han sido necesarios 150 giros en

Tabla 6. Datos ensayo aglomerado de obra con betún 35/50

Ensayos	Norma ensayo	200 giros	75 golpes
Densidad, ssd. kg/m³	UNE EN 12697-6	2417	2436
Densidad geométrica, kg/m³	UNE EN 12697-6	2255	2350
Estabilidad, kN	NLT-159	12,34	15,92
Deformación, mm	NLT-159	4,07	2,17
Huecos mezcla, %	UNE EN 12697-8	5,3	4,6
Módulo resiliente 20 °C, MPa	UNE EN 12697-26 - ANEXO C	6565	6035

Tabla 7. Datos ensayo aglomerado de obra con betún BBT 35/50

Ensayos	Norma ensayos	200 giros	75 golpes
Densidad, ssd. kg/m³	UNE EN 12697-6	2402	2384
Densidad geométrica, kg/m³	UNE EN 12697-6	2212	2274
Estabilidad, kN	UNE EN 12697-34	10,32	9,7
Deformación, mm	UNE EN 12697-34	4,04	2,45
Huecos mezcla, %	UNE EN 12697-8	5,9	6,6
Módulo resiliente 20 °C, MPa	UNE EN 12697-26 - ANEXO C	4347	3792

Tabla 8. Resultados de ensayo sensibilidad al agua del betún 35/50, compactado por impacto y giratoria

Ensayos	Norma ensayo	35/50 (50 golpes)	35/50 (150 golpes)
Resistencia a la tracción indirecta seco 15 °C, MPa	UNE EN 12697-23	2955	2628
Resistencia a la tracción indirecta húmedo 15 °C, MPa	UNE EN 12697-23	2641	2553
Resistencia conservada, %	UNE EN 12697-12 Método A	89	97

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

Ensayos	Norma ensayo	35/50 (50 golpes)	35/50 (150 golpes)
Resistencia a la tracción indirecta seco 15 °C, MPa	UNE EN 12697-23	2533	2339
Resistencia a la tracción indirecta húmedo 15 °C, MPa	UNE EN 12697-23	1999	2169
Resistencia conservada, %	UNE EN 12697-12 Método A	79	92,7

Tabla 10. Resultados del ensayo de resistencia a la deformación permanente

Ensayos	Norma ensayo	35/50	BBT 35/50
Velocidad de deformación (mm/1000 ciclos). WTS	UNE EN 12697-22	0,046	0,03
Deformación final, mm	UNE EN 12697-22	1,93	1,49



Figuras 7 y 8. Detalle de testigo y de extracción.

el compactador giratorio para alcanzar la misma densidad geométrica que con el método de impacto a 50 golpes. Se observa que el método giratorio mejora el valor de resistencia conservada en general respecto al método de impacto, pero la mejora es mucho más acusada en la mezcla semicaliente, que sube 14 puntos, mientras que la caliente sólo 8.

Los resultados de los ensayos de pista (UNE EN 12697-22) son los que recogen la tabla 10, de la página anterior.

De los datos de la tabla 10 anterior deducimos que para ambos tipos de mezcla, los resultados de la velocidad de deformación (WTS) están por debajo del límite permitido, si bien a pesar de que observamos que tenemos un mejor comportamiento para la mezcla semicaliente.

### 9.1. Testigos de las mezclas bituminosas

En los tramos de prueba del AC22BIN

35/50 S (S-20) con los dos tipos de betunes, se extrajeron testigos en obra para comprobar el grado de compactación; con un rodillo y un compactador (de las características antes expuestas), con los testigos de la mezcla con betún 35/50 obtenemos una media del 98,1% de compactación; de la mezcla con betún BBT 35/50 obtenemos una compactación media del 96% (ver figura 9).

Ante estos resultados y no llegando al 97% (mínimo de compactación exigida para espesores < 6 cm) puesto en obra, se hace un tramo con un compactador neumático más, de 13 t.

Los resultados medios de la compactación de la mezcla con betún BBT 35/50 es del 97,7% y de la mezcla con betún 35/50 del 99,5% (ver figura 10).

Adichos testigos se les realizó una extracción de ligante para comprobar el grado de envejecimiento que había sufrido en el proceso de mezcla y compactación. Los

Ensayos	Norma ensayo	35/50	BB7 35/50
Penetración original, 0,1 mm	UNE EN 1426	50	51
Penetración extraído, 0,1 mm	UNE EN 1426	23	29
Diferencia, 0,1 mm	-----	27	23
Porcentaje penetración original, %	-----	46	57
Anillo-Bola original, °C	UNE EN 1427	52,6	52,4
Anillo-Bola extraído, °C	UNE EN 1427	59,7	60,1
Diferencia, °C	-----	7,1	7,7

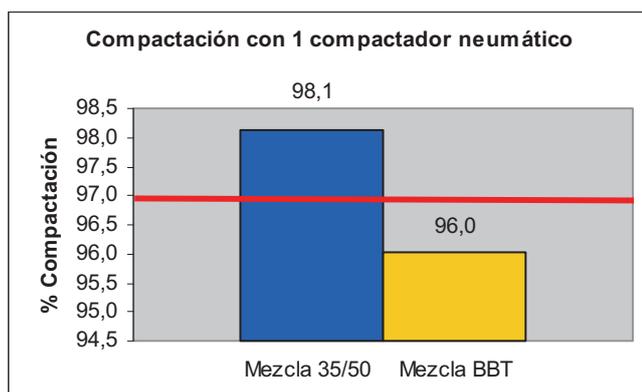


Figura 9

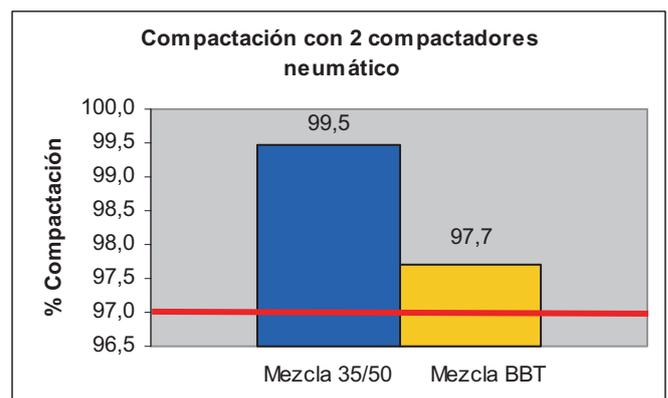


Figura 10

resultados fueron reflejados en la tabla 11.

Evidentemente el ligante 35/50, trabajado a mayor temperatura, ha sufrido una mayor evolución (envejecimiento) en planta que el ligante BBT 35/50. Esa diferencia observada en el valor de penetración de ambos ligantes puestos en obra, se debe hacer notar en las prestaciones finales de la mezcla.

## 9.2. Macrotextura superficial

Se hacen mediciones de la profundidad de la macrotextura superficial del pavimento mediante el ensayo del círculo de arena UNE-EN 13036-1 1ª Parte; obteniéndose una profundidad media para el betún 35/50 de 0,74 mm; y para el betún BBT 35/50 de 1,06 mm (véase figura 11).

## 10. Conclusiones

- La utilización de ligantes de tensión superficial reducida, en mezclas semicalientes, ha resultado exitosa desde el punto de vista de los resultados obtenidos en laboratorio y en la obra. Los parámetros evaluados tanto en mezcla convencional como en semicaliente arrojan diferencias significativas.
- Los criterios de dosificación de estas mezclas deben estar basados en métodos realizados con compactación giratoria preferentemente.
- La fabricación se hace en las mismas condiciones que con un betún normal;



Foto 9. Macrotextura mezcla BBT

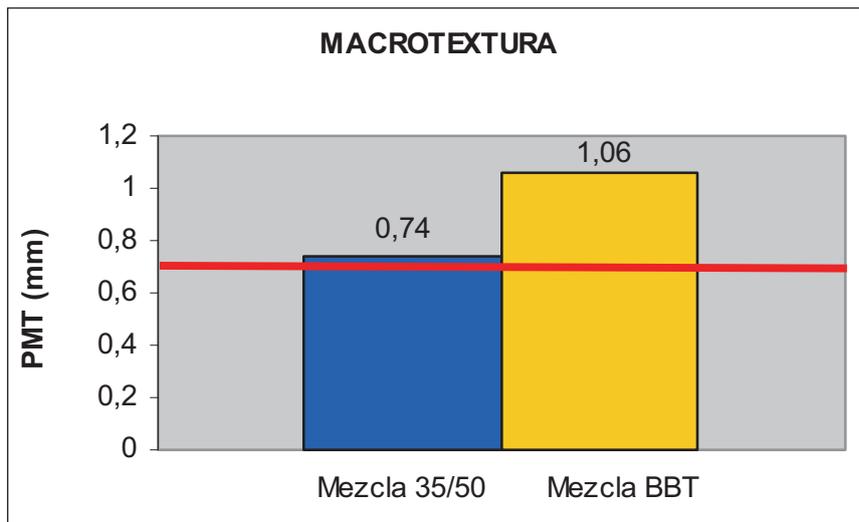
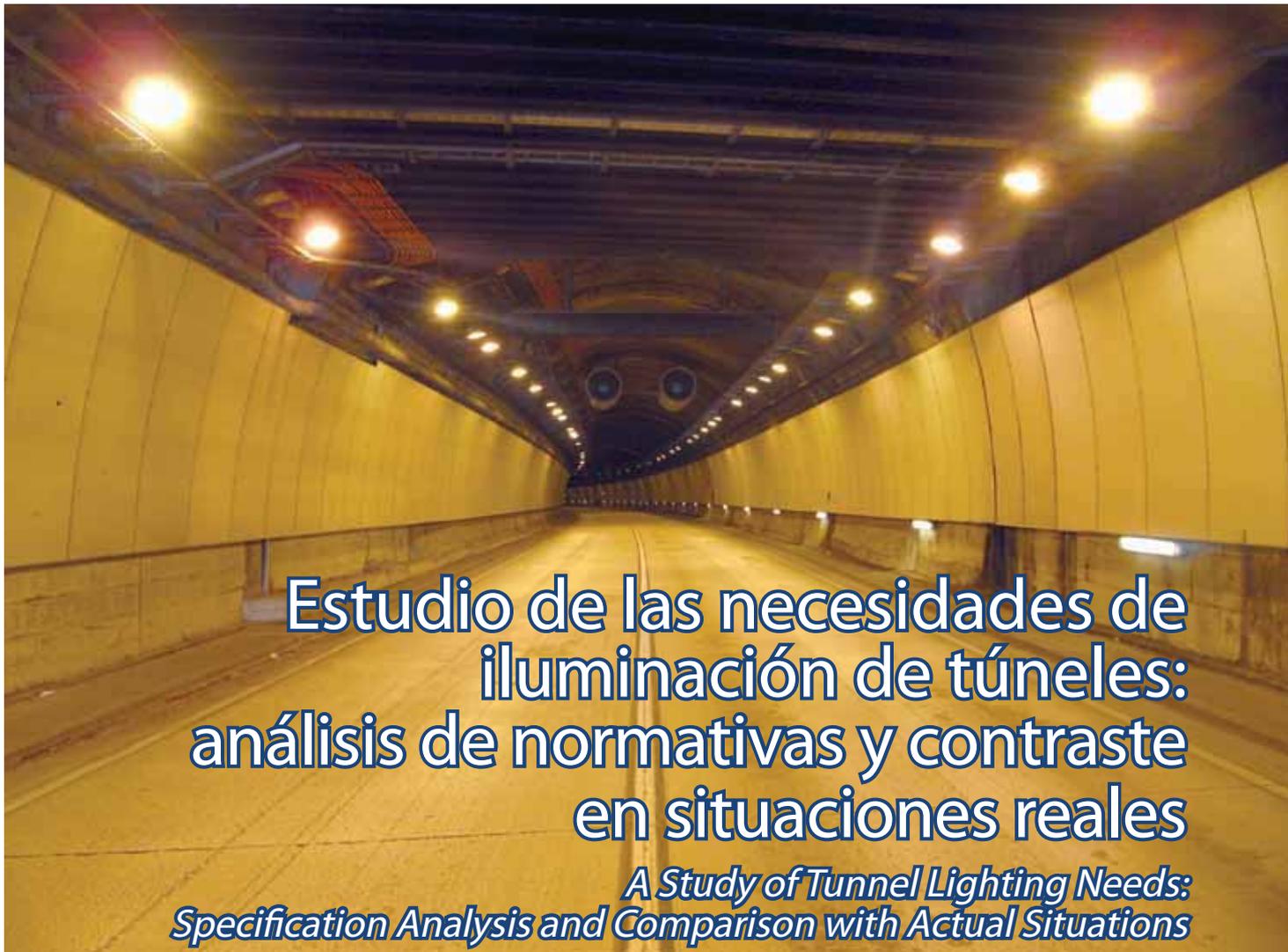


Figura 10

- hay que tener en cuenta que tenemos que subirla el tiempo de envuelta para la mezcla semicaliente para ayudar a la cobertura (entre 2 y 4 segundos más).
- En el extendido se observa que la mezcla semicaliente es un material más difícil de manejar con la pala de mano (agri); el compactador neumático puede entrar antes, debido a que no se pega la mezcla a las ruedas del compactador, ya que la temperatura de trabajo es menor que con la mezcla convencional.
- El envejecimiento del betún BBT 35/50 es menor que el betún 35/50 por lo que tendremos una mayor durabilidad en la mezcla semicaliente.
- El ahorro energético en Gas Natural es del 28,25% por tonelada fabricada (para la mezcla semicaliente), con una disminución de CO<sub>2</sub> de 4,75 kg por tonelada fabricada. Este ahorro energético se traduce en una disminución del precio por tonelada fabricada de 0,51 € (en GN).
  - Hay que tener en cuenta que para poder llegar a las compactaciones en obra hay que aumentar previsiblemente el número de máquinas de compactación o el peso del compactador.
  - Tenemos una disminución de la exposición de los trabajadores a las temperaturas de puesta en obra en unos 3°C con la mezcla semicaliente.
- Existe una mejora en la macrotextura superficial para la mezcla semicaliente; lo que supone un aumento de la seguridad vial debido a la mejor adherencia de los vehículos al pavimento.
- En ambos tipos de mezclas, los trabajadores están expuestos a agentes químicos procedentes de los humos del asfalto muy por debajo de los valores límite admisibles (VLA).
- El ahorro energético todavía no es el suficiente (en €), para contrarrestar el aumento del precio del betún BBT 35/50 (con respecto al betún 35/50) y al aumento del número de máquinas (si fuesen necesarias). No hay que ver estas mezclas como un ahorro monetario, sino medio ambiental. Esperamos que con el tiempo (si la demanda es suficiente), llegará a un equilibrio en costo con los betunes convencionales (aditivos más baratos).

## 11. Bibliografía

- (1) PG-3 y Orden Circular 24/2008.
- (2) Bolsa Europea de Derechos de Emisión de CO<sub>2</sub>. [www.sendeco2.com](http://www.sendeco2.com).
- (3) Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Valores Límite Ambientales (VLA). ❖



# Estudio de las necesidades de iluminación de túneles: análisis de normativas y contraste en situaciones reales

*A Study of Tunnel Lighting Needs:  
Specification Analysis and Comparison with Actual Situations*

Jorge Manuel Fanlo Montes  
Francisco Cavaller Galí  
C. & G. Carandini, S.A.

## Resumen

Este artículo trata sobre el análisis de las necesidades de iluminación de los túneles de carretera y vías urbanas en base a las diferentes normativas que son de aplicación dentro del marco legal español, y el contraste de las propuestas de estas normativas con las sensaciones visuales provocadas por las iluminaciones existentes en seis túneles en funcionamiento.

El contraste entre las normativas y los túneles existentes ha sido realizado mediante un trabajo técnico y experimental, que se completa con mediciones luminotécnicas, cálculos, datos fotográficos y vídeos. A partir de ello, tomando como condición indispensable la garantía de una conducción segura y el mínimo coste de las instalaciones, se determina qué criterio de los propuestos por las normativas se adapta mejor a las necesidades visuales del conductor. Finalmente se aplica el criterio propuesto en un túnel existente realizando una evaluación técnica y económica.

**PALABRAS CLAVE:** iluminación túneles, normativas, luminancia, mediciones luminotécnicas, cálculos luminotécnicos, seguridad vial, visibilidad.

## Abstract

This article analyzes the lighting requirements in tunnels on rural and urban highways based on the different regulations applicable within the Spanish legal frame, and the contrast between these proposed regulations and the visual sensations caused by the actual illuminations in six tunnels in operation.

This has been achieved by a technical and experimental work, completed with luminoteknikal measurements, calculations, photographic data and videos. From this, and guaranteeing safe driving and minimum cost of installations as an indispensable condition, it is determined which criteria of the regulations proposals are best adapted to the driver's visual requirements. Finally the proposed criteria are applied in an existing tunnel carrying out a technical and economic evaluation.

**KEYWORDS:** lighting tunnels, regulations, luminance, luminoteknikal measurements, luminoteknikal calculations, safety road, visibility.

## 1. Introducción

La confluencia de diferentes normativas en el marco legal español sobre el alumbrado de túneles y los diferentes criterios de diseño que en ellas aparecen dan lugar a la realización de este estudio. La definición de cuál de estas normativas es la que propone un diseño de iluminación más ajustado, teniendo en cuenta las necesidades reales de visibilidad en la conducción al aproximarse y atravesar el túnel, pueden dar lugar a soluciones lumínicas dispares, todas ellas sujetas a normativa.

En algunos casos puede presentarse un diseño de alumbrado insuficiente de manera que la seguridad vial puede quedar afectada, o por el contrario puede presentarse un alumbrado excesivo que provoca un sobredimensionamiento de la instalación. Cabe destacar que en los túneles la seguridad del tráfico es una cuestión prioritaria, y que un túnel seguro es antes de todo un túnel bien iluminado.

En definitiva, en este estudio se pretende escoger la propuesta más conveniente de manera que no se vean comprometidas la seguridad vial y la visibilidad del conductor. Asimismo, el estudio se propone alcanzar unos costes energéticos, económicos, medioambientales y cualitativos adecuados.

## 2. Motivos y necesidades de iluminación de los túneles

“Un túnel se ilumina para mantener las mismas condiciones de seguridad del tráfico que en la carretera de acceso al mismo”.

Los motivos por los que se ilumina un túnel están relacionados con la visibilidad del conductor, que depende de las capacidades visuales de éste, del entorno de la visión, de las condiciones atmosféricas, de las dimensiones del túnel, de la velocidad máxima de circulación y de la composición y densidad del tráfico.

Las necesidades de iluminación de un túnel variarán según si la conducción es diurna o nocturna. Durante el día, la adaptación del ojo humano desde unos niveles de luminancia altos en el exterior del túnel a unos niveles de luminancia bajos en el interior, en un período de tiempo corto debido



Figura 1. Interior túnel de carretera

al elevar la velocidad de aproximación del vehículo, requiere un adecuado diseño de la iluminación del interior del túnel. Por el contrario, el alumbrado durante la noche resulta menos complicado al no existir una diferenciación entre el alumbrado exterior e interior del túnel, independientemente de que se acceda al túnel desde una vía iluminada o sin iluminación.

En definitiva, el túnel deberá proporcionar seguridad, guía visual, confort y confianza a los usuarios mediante una buena calidad de su alumbrado.

## 3. Visibilidad y seguridad

La visibilidad en la entrada y la salida del túnel está influenciada por la iluminación que percibe la retina y por las luminancias del entorno, denominadas luminancias de velo.

La presencia de bajas luminancias en el interior de la entrada del túnel, en contraste con las altas luminancias en el exterior del túnel, pueden dar lugar a denominados efectos agujero negro, o efecto inducción, en el que no es posible apreciar el interior del túnel.

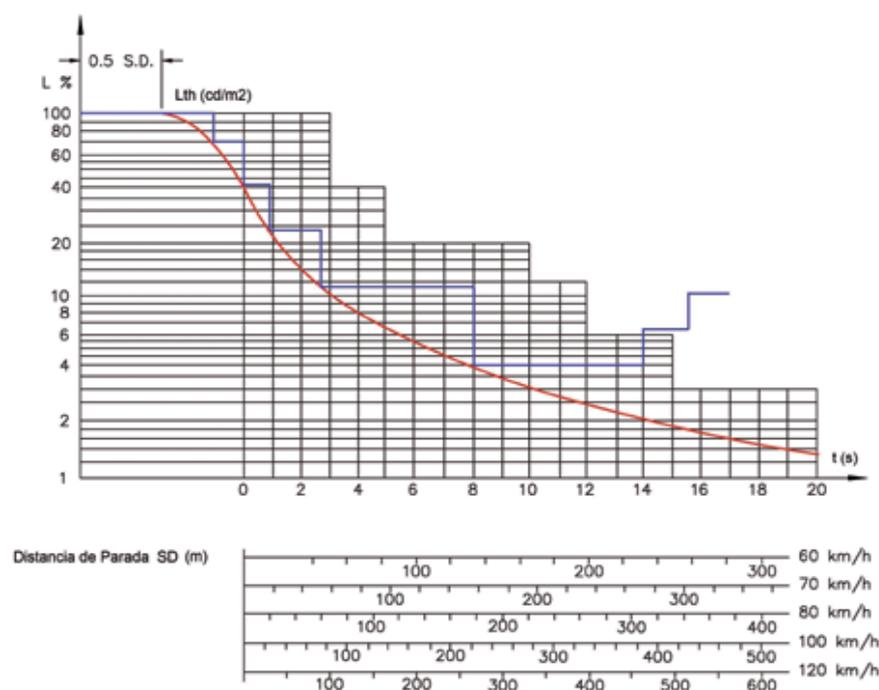


Figura 2. Curva de adaptación alumbrado diurno en túnel unidireccional a partir de la luminancia en la zona umbral  $L_{th}$



Figura 3. Efecto inducción o agujero negro

Esta situación impide el reconocimiento de cualquier obstáculo o retención ocurrida en el túnel, lo que podría provocar sobresaltos, reacciones no deseadas e incluso un accidente de gravedad.

Asimismo, también se da el efecto de adaptación, que es el ajuste de la sensibilidad del ojo humano a un cambio de la distribución de luminancias en el campo de visión. Esta adaptación se produce tanto en

el momento en que se accede al túnel como mientras transcurre por él, en ambos casos al ir decreciendo progresivamente el valor de la luminancia.

Por su parte, la iluminación en el interior del túnel deberá evitar elevados deslumbramientos que perjudiquen la capacidad visual del conductor, así como el llamado efecto flicker o parpadeo. Este efecto se presenta por el cambio brusco y repetitivo de distribución de luminancias en el interior del túnel, provocado por el brillo de las propias luminarias, de su reflejo en el capó del vehículo

e incluso los brillos excesivos en la propia calzada a fruto de una deficiente uniformidad.

Además del alumbrado diurno o nocturno, existen otros alumbrados que garantizan la seguridad en los casos más desfavorables, como son los de emergencia. Entre éstos se pueden distinguir el alumbrado de emergencia por interrupción del suministro eléctrico y el alumbrado de emergencia de evacuación o escape en caso de incendio.

#### 4. Normativas contempladas de iluminación de túneles

Normativas específicas para la iluminación de túneles:

- Dirección General de Carreteras. (1999) Recomendaciones para la iluminación de carreteras y túneles. Ministerio de Fomento, Madrid.
- Publicación CIE 88: 2004. Guía para el alumbrado de túneles de carretera y pasos inferiores.
- UNE-CR14380:2007 IN. Aplicaciones de iluminación. Alumbrado de túneles.

Normativas con alguna referencia a la iluminación de túneles:

- Real Decreto 635/2006, de 26 de mayo, sobre requisitos mínimos de seguridad en los túneles de carreteras del Estado.
- Real Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus Instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07.

#### 5. Estudio comparativo de las diferentes normativas

Teniendo en cuenta las normas anteriores se realiza una tabla comparativa con los diferentes puntos clave de aplicación de las mismas. En algunos puntos específicos se contemplan otras normativas relacionadas además de las que se han mencionado.

En la tabla 1, se ha dado énfasis en color verde a aquellos puntos clave en los que no hay diferencias entre las normas y en rojo a aquellas donde sí existen.

Apartir de las tablas comparativas se lleva a cabo un análisis de los puntos conflictivos donde existen diferencias importantes entre las normativas.

#### 6. Trabajo experimental de túneles existentes seleccionados

Los puntos clave de las normativas se diferencian y afectan en gran manera a la seguridad de conducción y a los costes

Tabla 1. Puntos clave	
Aspectos de las normativas de túneles	Diferencias entre normas
Definición del problema	NO
Definición de la calidad de alumbrado de un túnel	NO
Criterio de iluminación	NO
Distinción entre túneles cortos y largos	SI
Clasificación de túneles según el alumbrado necesario durante el día	SI
Distancia de seguridad o distancia parada	SI
Punto de referencia. (Observador)	SI
Necesidad de alumbrado diurno	SI
Necesidad de alumbrado nocturno	SI
Iluminación de túneles largos	SI
Iluminación de túneles cortos	SI
Iluminación en las paredes	SI
Uniformidad de la luminancia	NO
Variación de la luz natural	NO
Sistemas de alumbrado	NO
Alumbrado exterior al acceso y la salida del túnel	NO
Alumbrado de emergencia	SI
Control del alumbrado	NO
Limitación del deslumbramiento	NO
Restricción del efecto parpadeo o flicker	NO
Mantenimiento	SI

Tabla 2. Detalle de una parte de la tabla comparativa de puntos clave

	Dirección Gral. de carreteras (1999). Recomendaciones para la iluminación de carreteras y túneles. Ministerio de Fomento. Madrid	Publicación CIE 88.2004. Guía para el alumbrado de túneles de carreteras y pasos inferiores	UNE-CR-1430:2007 IN AENOR.-Aplicaciones de iluminación. Alumbrado de túneles	Diferencias entre normas
Definición de la calidad de alumbrado de un túnel	Nivel de luminancia de la calzada	Nivel de luminancia de la calzada	Niveles de luminancia de la superficie de la carretera o calzada	NO
	Nivel de luminancia de las paredes	Nivel de luminancia media de las paredes	Nivel de luminancia de las paredes	
	Uniformidad de distribución de luminancia en calzada y paredes	Uniformidad y distribución de la luminancia de la superficie de calzada y de las paredes	Uniformidad de distribución de luminancia en la carretera y paredes	
	Limitación de deslumbramiento	Limitación de deslumbramiento producido por las fuentes de luz	Control de deslumbramiento inducido	
	Control del efecto flicker o parpadeo	Limitación del efecto flicker o parpadeo	Modo de evitar las frecuencias críticas de parpadeo o flicker	
	Nivel de visibilidad de posibles obstáculos			
	Guía visual			
Criterio de iluminación	Criterio de luminancias en calzadas y paredes	Criterio de luminancias en calzadas y paredes	Criterio de luminancias en calzadas y paredes	NO
Distinción entre túneles cortos y largos	Túneles cortos	Túneles cortos	Túneles cortos	SI
	Túneles largos	Túneles geoméricamente largos Túneles ópticamente largos	Túneles largos	

de la instalación son los que se refieren principalmente al alumbrado en la zona umbral. Este alumbrado varía en función de la luminancia en la zona de acceso (luminancia que percibe el ojo del conductor mientras está accediendo al túnel a una distancia al portal del mismo igual a la distancia de parada) y es la luminancia en calzada

del primer tramo cubierto desde la entrada del túnel. De la luminancia en la zona umbral dependen porcentualmente el resto de niveles de iluminación del refuerzo de alumbrado diurno. Además la iluminación que corresponde a la franja diurna supone entre el 75% y el 90% del consumo energético total del alumbrado del túnel.

Con el fin de determinar este alumbrado según las diferentes normativas y su idoneidad para la visibilidad del conductor, se han seleccionado seis túneles existentes en función de sus diferentes características geográficas y de tráfico, y se ha llevado a cabo el trabajo experimental.



Zona	Luminancia (cd/m <sup>2</sup> )
Cielo	7609
Edificios izquierda	1249
Edificios derecha	672
Árboles	1738
Margen superior	412
Margen derecho	119
Interior	59
Calzada	3521
Margen izquierdo	1263

Figura 4. Mediciones luminotécnicas en la zona de acceso de la boca entrada Norte del Túnel E

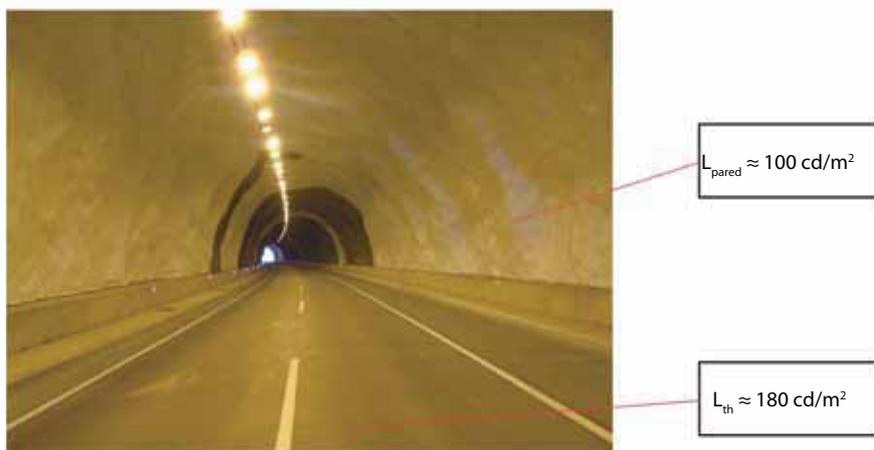


Figura 5. Mediciones luminotécnicas en la zona umbral de la boca de entrada Norte del túnel E



Figura 6. Luminancias en las zonas umbral y de acceso

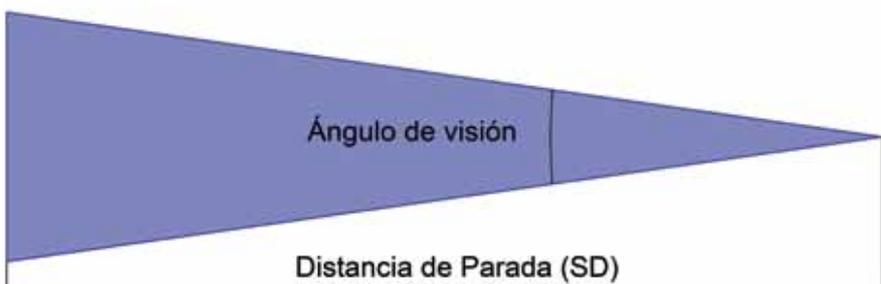


Figura 7. Perfil cono de visión

### 6.1. Selección de túneles

La luminancia en zona de acceso variará en función del lugar, orientación y entorno donde se encuentre el túnel. Por este motivo, el estudio se ha realizado para seis túneles unidireccionales para distintas orientaciones y entorno considerando seis grandes casos posibles.

- Túneles en zonas llanas y descubiertas:

Túnel A: Orientaciones Norte – Sur / Sur – Norte.

Túnel B: Orientaciones Este – Oeste / Oeste – Este.

- Túneles en zonas edificadas:

Túnel C: Orientaciones Norte – Sur / Sur – Norte.

Túnel D: Orientaciones Este – Oeste / Oeste – Este.

- Túneles en zonas montañosas:

Túnel E: Orientaciones Norte – Sur / Sur – Norte.

Túnel F: Orientaciones Este – Oeste / Oeste – Este.

### 6.2. Mediciones y metodología

En cada uno de los túneles seleccionados se han realizado las mediciones de luminancia en el entorno de la boca de entrada de los túneles y de la zona umbral tanto en la calzada ( $L_{th}$ ) como en las paredes del túnel ( $L_{pared}$ ).

Las mediciones obtenidas (figura 4 de la página anterior y 5) se realizaron mediante un luminómetro en días soleados de verano y en el horario en el que los niveles de luminancia exterior son más elevados, y se presentan con regularidad. En estas circunstancias el umbral del túnel es completo y corresponde al nivel de encendido diurno o soleado.

### 6.3. Determinación de la luminancia en la zona umbral en los túneles seleccionados según las normativas

En este apartado se determinan los métodos de cálculo de la luminancia en la zona umbral propuestos en las tres normativas contempladas para la iluminación de túneles en el marco legal español.

En todos ellos se calcula primerolalu-

minancia en la zona de acceso y después mediante diferentes clasificaciones, tablas, factores o expresiones se obtiene la luminancia en la zona umbral ( $L_{th}$ ).

La luminancia en la zona de acceso, dependiendo del método aplicado tendrá diferentes nomenclaturas:  $L_{20}$ ,  $L_m$ ,  $L_v$ ,  $L_{adap}$ . Englobará la luminancia exterior percibida en el campo de visión principal del conductor, representado por un círculo como en el que se observa en la fotografía (figura 6). Este círculo marcado en color rojo representa la base de un cono que variará según el ángulo de visión considerado y la posición del observador.

El ángulo de visión variará en función del método aplicado y la posición del observador se situará a la distancia de parada (SD) de la boca del túnel.

Para poder distinguir cada método con claridad, se clasificarán en función de la metodología aplicada para la determinación de esta luminancia de la zona umbral,  $L_{th}$ , en función de la luminancia de la zona de acceso, como se observa en la siguiente tabla 3.

Los métodos B, C, D y G, marcados en la tabla en color verde, son los que finalmente se aplicarán y el resto, marcados en color rojo, no podrán ser aplicados por los siguientes motivos:

- Los métodos A, E y F no se considerarán ya que se parten de valores teóricos aproximados y en este estudio se disponen de mediciones luminotécnicas obtenidas para cada túnel.
- Los métodos H e I tampoco se tomarán en consideración al ser necesarios de demasiados datos experimentales para ser obtenidos e incorporados en la fase de proyecto de iluminación de un túnel. En concreto el método I también recomienda un cálculo con valores aproximados, pero no se contemplará ya que se dispone de mediciones luminotécnicas. Considerando los motivos anteriormente descritos, finalmente se aplicarán cuatro métodos que servirán para calcular las diferentes luminancias en la zona umbral:
  - Método B: Método  $L_{20}$  método exacto. Norma: Dirección General de Carreteras. (1999). Recomendaciones para la iluminación de carreteras y túneles. Ministerio de Fomento, Madrid.
  - Método C: Método de contraste percibido. Norma: Publicación CIE 88:2004.

Tabla 3. Clasificación de métodos para el cálculo de la luminancia en la zona umbral ( $L_{th}$ )		
Norma	Cálculo $L_{th}$	Método
Dirección General de Carreteras. (1999)	$L_{th} = L_{20}$ aproximada + clasificación de túnel	A
Recomendaciones para la iluminación de carreteras y túneles. Ministerio de Fomento, Madrid.	$L_{th} = L_{20}$ medida + clasificación de túnel	B
Publicación CIE 88: 2004. Guía para el alumbrado de túneles de carreteras y pasos inferiores	$L_{th} = L_m$ + gráfico Holladay-Stiles	C
	$L_{th} = L_{20}$ medida + factor k (función velocidad)	D
UNE - CR - 14380: 2007 IN. Aplicaciones de iluminación. Alumbrado de túneles	$L_{th} = L_{20}$ aproximada + factor k (función velocidad)	E
	$L_{th} = L_{20}$ medida + factor k (función velocidad)	D
	$L_{th} = L_{20}$ aproximada + ponderación de tráfico	F
	$L_{th} = L_{20}$ medida + ponderación de tráfico	G
	$L_{th} = L_v$ + contrastes	H
	$L_{th} = L_{adap}$ + algoritmo informático	I



Figura 8. Cono visión 20° a escala de la boca de entrada Este del túnel de B

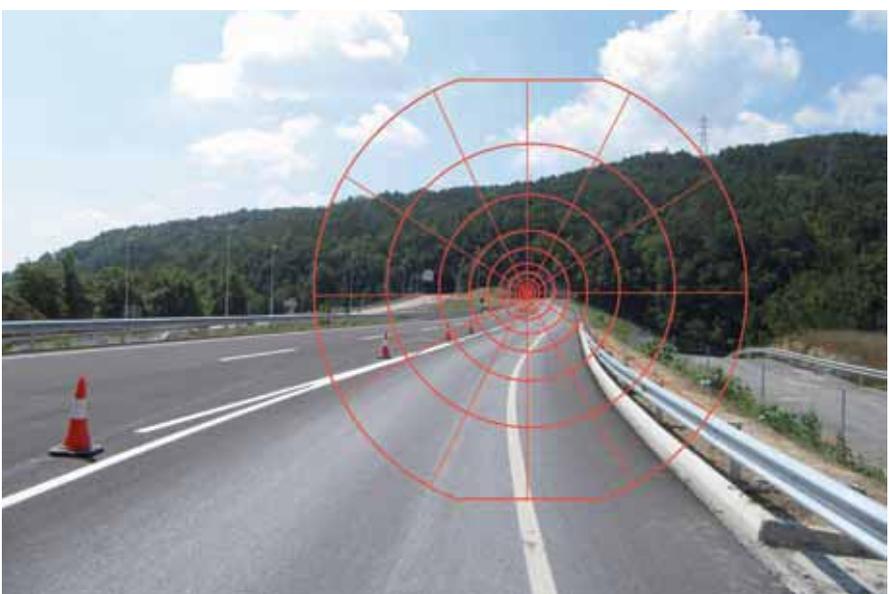


Figura 9. Fotografía con diagrama Holliday - Stiles a escala de la boca de entrada Norte del túnel E

Tabla 4. Resultados cálculos luminancia de acceso y luminancia en la zona umbral

Túnel	Bocas de entrada	Método	Resultados cálculos luminancias en zona de acceso		Resultados determinación luminancia zona umbral Lth (cd/m <sup>2</sup> )
			L20 (métodos B,D y G)	Lm (método C)	
A	Norte	B	3073	487	123
		C			339
		D			184
		G			154
	Sur	B	1903	415	76
		C			299
		D			114
		G			95
B	Este	B	2098	422	84
		C			294
		D			126
		G			105
	Oeste	B	2256	470	68
		C			334
		D			113
		G			90
C	Norte	B	1918	418	48
		C			291
		D			96
		G			77
	Sur	B	2726	425	68
		C			296
		D			136
		G			109
D	Este	B	1852	419	56
		C			283
		D			93
		G			74
	Oeste	B	2136	409	64
		C			285
		D			107
		G			85
E	Norte	B	2439	463	110
		C			323
		D			195
		G			123
	Sur	B	2224	444	89
		C			309
		D			178
		G			111
F	Este	B	2564	447	103
		C			287
		D			154
		G			128
	Oeste	B	2736	490	109
		C			342
		D			164
		G			137

Guía para el alumbrado de túneles de carreteras y pasos inferiores.

- Método D: Método L<sub>20</sub>. Normas: Publicación CIE 88:2004. Guía para el alumbrado de túneles de carreteras y pasos inferiores. / UNE-CR-14380:2007 IN. Aplicaciones de iluminación. Alumbrado de túneles.
- Método G: Método L<sub>20</sub> ponderado con el tráfico: método exacto. Norma: UNE-CR-14380:2007 IN. Aplicaciones de iluminación. Alumbrado de túneles. En cada boca de entrada de cada uno de los túneles seleccionados se han desarrollado los cálculos para cada método.

#### 6.4. Análisis de visibilidad en la zona de entrada de los túneles seleccionados

Para llevar a cabo el análisis de visibilidad se valoran las sensaciones de visibilidad que se han obtenido a partir de pruebas de conducción en las instalaciones existentes de los túneles seleccionados. Este trabajo experimental se completa con la toma de imágenes fotográficas y vídeos de los seis túneles para la presentación de los datos y conclusiones.

Estas pruebas se han realizado en un vehículo tipo turismo, circulando a la velocidad máxima permitida en la carretera de acceso al túnel, en un día soleado y empleando conductores y ocupantes del vehículo de edad joven y edad adulta, entre 25 y 60 años.

En función de la sensación de visibilidad obtenida por los diferentes conductores utilizados en el estudio se ha distinguido entre condición de iluminación excesiva, iluminación suficiente, iluminación ligeramente insuficiente e iluminación deficiente (tabla 5).

- Iluminación excesiva se entiende como aquella que los conductores aprecian la iluminación de manera sobredimensionada y que en comparación con otros túneles podría ser reducida significativamente.
- Iluminación suficiente sería aquella en la que la percepción es buena y que no necesita ser aumentada.
- Iluminación ligeramente insuficiente es aquella en la que la percepción no es del todo satisfactoria pero que al acercarse más al portal del túnel se hace suficiente.

te, pero siempre a una distancia inferior a la de parada.

- Iluminación deficiente es aquella en la que la visibilidad interior del túnel sólo se presenta al haber accedido al mismo, y es considerada peligrosa para la conducción porque se pierde visibilidad durante todo el período de tiempo que en el que se recorre la distancia de parada desde exterior al portal del túnel.

### 6.5. Selección del método de cálculo de la luminancia en la zona umbral

Los resultados de los cálculos de la luminancia necesaria en la zona umbral ( $L_{th}$ ) según los diferentes métodos, así como la luminancia medida en la zona umbral ( $L_{th/medida}$ ) de cada uno de los túneles estudiados, se han evaluado respecto a la visibilidad del conductor observada en la entrada de cada uno de ellos. Se ha dado mayor puntuación al que cumple de manera más adecuada con las necesidades reales de iluminación del túnel (véase tabla 6 de la página siguiente).

Para determinar cuáles es el método más adecuado se han sumado las puntuaciones asignadas a cada método para cada boca de entrada. Los resultados son los que se reflejan en la tabla 7.

Túnel	Bocas de entrada	Visibilidad conductor en instalación existente
A	Norte	Iluminación ligeramente insuficiente
	Sur	Iluminación ligeramente insuficiente
B	Este	Iluminación ligeramente insuficiente
	Oeste	Iluminación suficiente
C	Norte	Iluminación suficiente
	Sur	Iluminación ligeramente insuficiente
D	Este	Iluminación excesiva
	Oeste	Iluminación excesiva
E	Norte	Iluminación suficiente
	Sur	Iluminación ligeramente insuficiente
F	Este	Iluminación deficiente
	Oeste	Iluminación deficiente

Método	Suma puntuaciones $L_{th} - L_{th/medida}$ - Visibilidad
B	25
C	19
D	35
G	41

Los métodos D y G son los que obtienen mayores puntuaciones y, portanto, deben ser considerados de aplicación preferente. Ambos métodos se aproximan suficientemente a las necesidades de iluminación de estos túneles, garantizando una suficiente

visibilidad y la adopción de un diseño de iluminación que producirá un coste ajustado de la instalación y un consumo energético adecuado.

No obstante, revisando las tablas anteriores, es el método D el que siempre propone niveles de iluminación superiores al método G en la zona umbral, y portanto mayor potencia instalada. De esta manera se puede afirmar que el método G, que es el método de L20 ponderado con el tráfico recomendado en la UNE-CR14380IN:2007, es el más adecuado para el cálculo de la luminancia en la zona umbral. Además resulta ser el que mejor puntuación ha obtenido.

### 7. Criterio propuesto para la iluminación de túneles

Teniendo en cuenta la información y documentación teórica y experimental recogida en este estudio, se ha desarrollado una propuesta armonizada para la iluminación de un túnel.

En los puntos en los que las normativas analizadas coinciden no presentan grandes diferencias, se toma un criterio unificado; y si las normativas presentan disparidad, se escogen las propuestas que se han determinado en el anterior análisis técnico de casos reales (véase tabla 8).

En cuanto a la determinación de la aplicación de una norma u otra en cada uno de los puntos anteriores donde existían diferencias se hacen las siguientes consideraciones:

- Se considera que la distinción entre túneles debe ser entre túneles largos, túneles ópticamente largos y túneles



Figura 10. Captura vídeo durante prueba visibilidad túnel B.

Tabla 6. Tabla de puntuaciones de los métodos de cálculo de la luminancia en la zona umbral de las bocas de entrada de los túneles

Túnel	Bocas de entrada	Método	Resultados cálculos luminancias en zona de acceso		Resultados determinación luminancia zona umbral $L_{th}$ (cd/m <sup>2</sup> )	Resultados mediciones luminotécnicas luminancia zona umbral $L_{th}$ /medida (cd/m <sup>2</sup> )	Visibilidad conductor en instalación existente	Puntuación $L_{m}/L_{th}$ /medida-Visibilidad
			$L_{20}$ (métodos B,D y G)	$L_m$ (método C)				
A	Norte	B	3073	487	123	80	Iluminación ligeramente insuficiente	4
		C			339			1
		D			184			2
		G			154			3
	Sur	B	1903	415	76	80	Iluminación ligeramente insuficiente	1
		C			299			2
		D			114			3
		G			95		4	
B	Este	B	2098	422	84	80	Iluminación ligeramente insuficiente	2
		C			294			1
		D			126			3
		G			105			4
	Oeste	B	2256	470	68	50	Iluminación suficiente	4
		C			334			1
		D			113			2
		G			90		3	
C	Norte	B	1918	418	48	80	Iluminación suficiente	1
		C			291			2
		D			96			4
		G			77			3
	Sur	B	2726	425	68	100	Iluminación ligeramente insuficiente	1
		C			296			2
		D			136			4
		G			109		3	
D	Este	B	1852	419	56	160	Iluminación excesiva	2
		C			283			1
		D			93			3
		G			74			4
	Oeste	B	2136	409	64	120	Iluminación excesiva	4
		C			285			1
		D			107			2
		G			85		3	
E	Norte	B	2439	463	110	180	Iluminación suficiente	1
		C			323			3
		D			195			4
		G			123			2
	Sur	B	2224	444	89	80	Iluminación ligeramente insuficiente	3
		C			309			1
		D			178			2
		G			111		4	
F	Este	B	2564	447	103	75	Iluminación deficiente	1
		C			287			2
		D			154			3
		G			128			4
	Oeste	B	2736	490	109	75	Iluminación deficiente	1
		C			342			2
		D			164			3
		G			137		4	

- cortos como se establecen en la norma CIE 88: 2004.
- Se establece que la clasificación de túneles más adecuada según el alumbrado diurno no es necesario (sin alumbrado diurno o 50% del nivel normal en tramo umbral, o nivel de alumbrado normal en tramo umbral) es la que propone la Publicación CIE 88: 2004. No obstante se proponen valores concretos para distinguir entre tráfico denso y tráfico ligero, y también valores orientativos y ejemplos para poder clasificar la reflectancia de las paredes. En definitiva, la clasificación es orientativa, cada caso es particular.
  - El método  $L_{20\text{ponderado}}$  con el tráfico no define valores de  $k$  (porcentaje de luminancia en la zona de acceso propuesta para la zona umbral) para los túneles de tráfico bajo cuando el tipo de tráfico es motorizado. Por tanto, para estos túneles se establece el mismo valor de  $k$  que el correspondiente a túneles de tráfico bajo y mixto.
  - En este estudio se comprueba que el cálculo de la distancia de parada o distancia de seguridad se realiza de la misma manera en todas las normativas de iluminación de túneles. Asimismo se consideran apropiadas las propuestas de estas normativas sobre el valor del tiempo de reacción y los coeficientes de fricción según los diagramas. Sin embargo, para mayor precisión se incorporan valores numéricos en tablas para los coeficientes de rozamiento en pavimento húmedo.
  - Para el alumbrado nocturno se considera que la luminancia media debería ser un 50% superior al nivel de iluminación recomendado para la carretera de acceso al túnel, aun en el caso de que esta no estuviera iluminada.
  - La luminancia en la zona interior se determinará de acuerdo con los criterios del método  $L_{20\text{ponderado}}$  con el tráfico de la UNE-CR 14380: 2007 IN.
  - La variación de la iluminación interior del túnel se realizará en función de la variación de la luz natural por cambios meteorológicos; se ha señalado de manera orientativa el número mínimo de reducciones de alumbrado que se deberían alcanzar y los niveles de

Tabla 8. Propuesta de criterio

	Propuesta de criterio	
Definición del problema	Diferencia entre la conducción diurna y nocturna, visibilidad interior y exterior y seguridad.	
Definición de la calidad de alumbrado de un túnel	Luminancias, uniformidades, deslumbramiento, efecto flicker o parpadeo y guía visual.	
Criterio de iluminación	Criterio de luminancias.	
Distinción entre túneles cortos y largos	Túneles cortos, túneles geoméricamente largos y túneles ópticamente largos. CIE 88: 2004.	
Clasificación de túneles según el alumbrado necesario durante el día	Diagrama según CIE 88: 2004 con nuevos valores orientativos de reflectancia en las paredes y densidad de tráfico.	
Distancia de seguridad o distancia parada. (DS / SD)	Expresión según CIE 88: 2004 / UNE - CR 14380: 2007 IN con nueva tabla de coeficientes de rozamiento.	
Punto de referencia. (Observador)	Método $L_{20\text{ponderado}}$ con el tráfico. UNE - CR 14380: 2007 IN	
Necesidad de alumbrado diurno	Diagrama según CIE 88: 2004.	
Necesidad de alumbrado nocturno	50% superior a la luminancia de la carretera de acceso al túnel. UNE - EN - 13201: 2005 y el RD 1890/2008.	
Iluminación de túneles largos	Método $L_{20\text{ponderado}}$ con el tráfico. UNE - CR 14380: 2007 IN. Se toman nuevos valores de $k$ ( $L_{th} = k \cdot L_{20}$ ) para túneles de tráfico bajo y tipo de tráfico motorizado.	
Iluminación de túneles cortos	Sin alumbrado diurno o 50% del nivel de alumbrado normal en la zona umbral. CIE 88: 2004.	
Iluminación en las paredes	60% luminancia en calzada. Hasta 2 m de altura	
Uniformidad de la luminancia	$U_{med} = 0,40$ ; $U_{long} = 0,60$ .	
Variación de la luz natural	Soleado, nublado, crepuscular, nocturno y nocturno reducido.	
Sistemas de alumbrado	Simétrico, contraflujo y luz natural.	
Alumbrado exterior al acceso y la salida del túnel	Longitud = $2 \cdot SD$ ; $L_{carretera} = 1/3 L_{túnel}$	
Alumbrado de emergencia	Alumbrado emergencia por interrupción suministro eléctrico	$E_m = 10 \text{ lux}$ $E_{mín} = 2 \text{ lux}$
	Alumbrado de guía emergencia en caso de incendio	$E_m = 5 \text{ lux}$ $E_{mín} = 1 \text{ lux}$
Control del alumbrado	Luminancímetro sobre la boca del túnel.	
Limitación del deslumbramiento	<15%	
Restricción del efecto parpadeo o flicker	Cambios periódicos de la luminancia	
Mantenimiento	Factor de mantenimiento calzada: $FM = 0,70$ . Cálculo del factor según RD 1890/2008.	
	Factor de mantenimiento paredes: $FM = 0,70 \cdot 0,70 = 0,49$	
	La limpieza paredes y luminarias	
	El ciclo de recambio de las lámparas	



Zona	Luminancia (cd/m <sup>2</sup> )
Cielo	6610
Edificios izquierda	1134
Edificios derecha	672
Árboles	1738
Margen superior	412
Margen derecho	119
Interior	59
Calzada	3521
Margen izquierdo	1263

Figura 11. Mediciones luminotécnicas y cono visión 20° a escala en boca entrada Oeste del túnel D

iluminación correspondientes, a un no existiendo propuesta alguna concreta en las normas contempladas.

- Se ha determinado el nivel de luminancia media más adecuada de las paredes según la superficie de la calzada de la zona del túnel en cuestión, coincidiendo con la propuesta de la CIE 88:2004, y que equivale al 60% de la luminancia en la calzada.
- En el alumbrado de emergencia por interrupción del suministro eléctrico se han tomado las recomendaciones realizadas en las normas CIE 88:2004 y UNE-CR 14380: 2007 IN, ya que son coincidentes.

Como consecuencia de la consulta de diferentes normativas de emergencia de evacuación en caso de incendio se ha determinado un valor medio y un valor mínimo, tomando como referencial las normas UNE-EN-1838:1999, Real Decreto 635/2006, ITC-BT-28 del REBT y NBE - CPI /96.

Las recomendaciones sobre el mantenimiento de la instalación de alumbrado en las normativas no muestran grandes diferencias, de manera que se toma un criterio unificado de todas ellas. Sin embargo, no se especifica el cálculo del factor de mantenimiento, el cual se ha considerado que deberá realizarse de acuerdo con el Real Decreto 1890/2008.

## 8. Propuestas de mejora de la iluminación de un túnel seleccionado

El objetivo de este apartado es poner en práctica el criterio propuesto, evaluar los costes y comparar los resultados obtenidos con la instalación actual. Para ello se ha escogido un nodo de los túneles analizados, el túnel D, donde el alumbrado resultó excesivo según la percepción de los conductores. Se hace constar que actualmente este túnel no está nunca funcionando con su alumbrado al 100%, ya que el propietario de la instalación ha constatado que su alumbrado es excesivo dadas las actuales condiciones de circulación y tráfico.

### 8.1. Características del túnel seleccionado

- Longitud = 350 m.
- Velocidad máxima del tráfico = 50 km/h.
- Sección tipo: Calzada de 9,6 m y arcén derecho de anchura variable.
- Pavimento asfáltico R3 Q0 = 0,07.
- Altura en eje = 6 m.
- IMD (Intensidad Media Diaria) = 84000 veh/día = 5250 veh/h por carril.
- Vehículos pesados: <15%.
- Tráfico unidireccional.
- Sistema de alumbrado simétrico.

- Número de tubos: 2.
- Número de carriles por tubo: 2.
- Trazado: curvo
- Orientación Este - Oeste.
- Distancia de parada: SD = 37,81 m

### 8.2. Definición de parámetros luminotécnicos

8.2.1. Luminancia en la zona de acceso  
La luminancia en la zona de acceso se calcula tomando mediciones in situ de las luminancias de las distintas zonas en el campo de visión y sacando la media ponderada para un ángulo de 20° en el plano de la zona de acceso.

Finalmente, se podrá calcular la luminancia en la zona de acceso teniendo en cuenta los porcentajes de cada zona según el círculo rojo marcado en la fotografía (figura 11) para cada boca de entrada.

- Boca de entrada Este:  $L_{20} = 1852 \text{ cd/m}^2$
- Boca de entrada Oeste:  $L_{20} = 2136 \text{ cd/m}^2$

8.2.2. Determinación de la clase de túnel  
Apartir de los datos de tráfico se obtiene la clase de túnel:

8.2.3. Determinación de la luminancia del tramo umbral

La luminancia en la zona umbral se ha obtenido como el porcentaje de la luminancia en la zona de acceso definido por el factor  $k$  ( $L_{th} = k \times L_{20}$ ). El factor  $k$  será el

**Tabla 9. Densidad de tráfico**

Densidad del tráfico	Tráfico unidireccional (Vehículos/hora-carril)	Tráfico bidireccional (Vehículos/hora-carril)
Alta	> 1500	> 400
Media	500 – 1500	100 – 400
Baja	< 500	< 100

resultado de entrar en la siguiente tabla con la clase de túnel obtenida (2) y la velocidad de diseño del túnel (50 km/h correspondiente a una distancia de parada de 60 m) para cada sistema de alumbrado. En realidad, el cálculo de la distancia de parada resulta un valor inferior a 38 m, pero el valor mínimo considerado en esta tabla es 60 m.

El factor resultante será el siguiente:  $k = 40 \%$

Finalmente se obtienen las luminancias en la zona umbral:

Boca Este:  $L_{th} = k \times L_{20} = 0,04 \cdot 1852 = 74 \text{ cd/m}^2$ .

Boca Oeste:  $L_{th} = k \times L_{20} = 0,04 \cdot 2136 = 85 \text{ cd/m}^2$ .

### 8.2.4. Determinación de la luminancia de los tramos de adaptación y su longitud

El tramo de Entrada o Umbral tendrá una longitud con nivel constante de luminancia equivalente a la Distancia de Parada, 60 m. A partir de este tramo Umbral el nivel de luminancia irá decreciendo hasta la zona interior central del túnel mediante varios tramos, cuya longitud y nivel de luminancia estarán interrelacionados y dependientes de la curva de adaptación.

Para esta clase de túnel 2, se establece que el nivel de luminancia media en el tramo Interior o Central debe ser al menos de  $2 \text{ cd/m}^2$ . Por otra parte, el alumbrado nocturno se establece en  $3 \text{ cd/m}^2$ , valor superior al que tienen las vías exteriores en las que se accede al mismo.

### 8.3. Costes y comparación con la instalación existente

Los costes de la propuesta se evaluarán en función del coste de instalación aproximado

**Tabla 11. Valores recomendados  $k = L_{th} / L_{20}$  para diferentes valores de SD y clases de túnel**

Distancia de parada SD (m)	60	100	160
Clase de túnel			
3	0,05	0,06	0,10
2	0,04	0,05	0,07
1	0,03	0,04	0,05

**Tabla 10. Clases de alumbrado de túneles**

Intensidad del tráfico	Alta	Media	Baja
Tipo de tráfico	Mixto	Mixto	Motorizado
Clase de túnel	3	2	1

do y del coste energético del consumo de energía eléctrica de la instalación. Este coste energético supondrá a su vez el coste económico del consumo de energía eléctrica y el coste medio ambiental por las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera al generar esta energía.

### 9. Aplicación de la tecnología LED y la telegestión al alumbrado de túneles

Las propuestas de mejora para conseguir un ahorro energético no deben estar fundamentadas únicamente en el desarrollo de luminarias y lámparas más eficaces, sino también en las nuevas tecnologías.

Las lámparas de vapor de sodio de alta presión suelen ser las utilizadas en este tipo de instalaciones para el alumbrado general, aunque también las lámparas fluorescentes. Estas últimas también suelen utilizarse en el alumbrado para evacuación en caso de incendio. La sustitución de las lámparas convencionales por módulos de LEDs (diodos emisores de luz), que consumen menos energía y tienen una mayor vida útil, es una buena propuesta de mejora. Sin embargo, la tecnología LED presenta algunos inconvenientes como el impacto térmico, la aficción de la humedad, la sensibilidad a tensiones y descargas eléctricas y la eleva-

da inversión inicial. Todos estos parámetros hacen que para la iluminación de túneles, la tecnología LED sea viable tan sólo si no se requieren altos niveles de iluminación ni elevadas alturas de instalación.

La viabilidad de la tecnología LED en el alumbrado general será apropiada para túneles que poseen bajas velocidades y donde la instalación de los proyectores es baja como pueden ser los túneles urbanos o algunos de alta montaña. Sin embargo estas opciones serían válidas cuando se pretende iluminar el túnel completamente con LEDs, pero también existe la combinación entre luminarias con tecnología LED y lámparas convencionales. El alumbrado nocturno de un túnel no requiere elevados niveles de iluminación y además permanece encendida las 24 horas del día; esta situación hace ideal una propuesta con luminarias de LEDs para este alumbrado teniendo en cuenta la elevada vida útil de esta tecnología. Asimismo el refuerzo del alumbrado diurno se realizaría con lámparas de vapor de sodio de alta presión por los elevados niveles de iluminación requeridos.

Otro elemento de mejora que sería una muy buena aplicación en el alumbrado de las instalaciones de un túnel es la telegestión. Esta tecnología permite reducir consumos sin necesidad de un gestión remota, de manera que regula los sistemas de encendido y apagado de las luminarias,

**Tabla 12. Costes y comparación con la instalación actual**

Costes	Instalación actual	Propuesta	Ahorros de potencia, energéticos y económicos y beneficios ambientales	
Potencia	183 640 W	84 990 W	98 650 W	
Costes energéticos	500 089 kW-h/año	232 731 kW-h/año	267 358 kW-h/año	
Costes económicos	Coste consumo energía eléctrica (0,09 €/kW-h)	45 008 €/año	20 946 €/año	24 062 €/año
	Costes instalación (632 €/ud)	419 648 €	343 808 €	75 840 €
Costes Medio Ambientales	Emisiones CO <sub>2</sub> (0,233 kg/kW-h)	117 t/año	54 t/año	63 t/año
	Emisiones SO <sub>2</sub> (0,383 g/kW-h)	192 kg/año	89 kg/año	103 kg/año
	Emisiones NOx (0,313 g/kW-h)	157 kg/año	3 kg/año	84 kg/año



Figura 12. Luminaria de tecnología led para túneles

controlar los horarios de los mismos y regula el flujo luminoso en función de la ocupación y actividad desarrollada en cada momento.

La combinación de la tecnología led con la telegestión podría incluso garantizar el encendido instantáneo al paso de los vehículos y la regulación del flujo luminoso según la luminosidad exterior y los requerimientos visuales del conductor dándole lugar a notables ahorros energéticos.

## 10. Conclusiones

En este estudio de las diferentes normativas aplicables al alumbrado de túneles y de su contraste en situaciones reales, se concluye que no hay una normativa que sea idónea para todos los casos y que cada una propone soluciones luminotécnicas dispares. En consecuencia, la aplicación de todas ellas en cada caso nos aporta un mejor resultado para el proyecto de alumbrado.

Se ha constatado que las normativas difieren en sus métodos para la determinación de los parámetros mediante los cuales se diseña el alumbrado necesario en un túnel. Alguno de estos parámetros, como la determinación de la luminancia de la zona de acceso o su equivalente luminancia en la Zona Umbral del túnel,  $L_{th}$ , o incluso la clasificación de un túnel en base a su visibilidad, hacen que la propuesta luminotécnica pueda presentar un diseño excesivo o insuficiente.

Apartir del trabajo experimental en seis túneles, entre los métodos de cálculo de la luminancia necesaria en zona umbral propuestos en las normas, se determina que el método más idóneo es el método  $L_{20}$  ponderado con el tráfico de la norma UNE-CR 14380: 2007 IN.

En cada apartado de todas las normas

se ha podido extraer una propuesta armonizada que es la que mejor se adapta a cualquier circunstancia de proyecto de alumbrado de un túnel.

Por último, cabe destacar que en la instalación del túnel analizado, después de tomar las consideraciones descritas para el nuevo diseño de alumbrado, se ha constatado que la diferencia de diseño aporta importantes ahorros energéticos, económicos y medioambientales.

## 11. Bibliografía

Dirección General de Carreteras. (1999). Recomendaciones para la iluminación de carreteras y túneles. Ministerio de Fomento, Madrid.

Publicación CIE 88:2004. Guía para el alumbrado de túneles de carretera y pasos inferiores.

UNE-CR 14380:2007 IN. Aplicaciones de iluminación. Alumbrado de túneles.

UNE-EN 1838: 1999. Iluminación. Alumbrado de emergencia.

UNE-EN 60598-1: 2001. Luminarias. Parte 1: Requisitos generales y ensayos.

UNE-EN 50102 CORR: 2002. Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos (código IK).

UNE-EN 60662: 1996. Lámparas de vapor de sodio de alta presión.

EN 61167: 1995. Specification for metal halide lamps.

Real Decreto 635/2006, de 26 de mayo, sobre requisitos mínimos de seguridad en los túneles de carreteras del Estado.

Real Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de eficiencia energética en ins-

talaciones de alumbrado exterior y sus Instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07.

Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.

Orden, de 27 de diciembre de 1999, del Ministerio de Fomento, por la que se aprueba la Norma 3.1-ICTrazado, de la Instrucción de Carreteras.

Norma Básica de Edificación NBE - CPI/96 - Condiciones de protección contra incendios de edificios.

Circular 3/05 de la Dirección General de Carreteras de la Generalitat de Catalunya sobre las especificacions tècniques per l'equipament de túnels d'obres de carretera.

Fanlo Montes, J. M. Estudio de las necesidades de iluminación de un túnel, análisis de la normativa y su contraste en situaciones reales. (2010) Proyecto Final de Carrera. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Terrassa. Universidad Politécnica de Cataluña.

Ramírez Vázquez, J.; Buigas Sans, C.; Munilla Morales, I. (1990) Luminotecnia. Enciclopedia CEAC de la Electricidad. Ediciones CEAC, S. A., Barcelona.

Sañé Badals, J. (2005) Apuntes Cursos de Luminotecnia.

García Fernández, J.; Boix Aragonès, O. (2004). Luminotecnia. Iluminación de interiores y exteriores. [En línea]. Disponible en: <http://edison.upc.edu/curs/llum>.

San Martín Páramo, R. (2003). Manual de Luminotecnia. OSRAM

Ramírez Vázquez, José; Buigas Sans, C.; Munilla Morales, I. (1990) Luminotecnia. Enciclopedia CEAC de la Electricidad. Ediciones CEAC, S. A., Barcelona.

Cavaller Galí, F. (2009). Alumbrado del Túnel de Lesseps en Barcelona. Revista Luces Comité Español de Iluminación.

UPC (1988) - Apuntes Cursos de Luminotecnia de Postgrado.

Keitz, h.a.e. (1974) Cálculos y medidas luminotécnicas. Editorial Paraninfo.

C. & G. Carandini, S.A. Proyecto de alumbrado del Túnel de Pont Pla en Andorra.

Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. [En línea]. Disponible en: <http://www.marm.es/>

Observatorio de Electricidad de Adena WWF. [En línea]. Disponible en: <http://www.wwf.es/> ❖



# Inspección de túneles de carretera de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento

*Inspection of road tunnels of the Highways General  
Directorate of the Spanish Ministry of Public Works*

Guillermo Llopis Serrano  
Jefe de servicio de túneles, Dirección General de Carreteras, Ministerio de Fomento

33

**Resumen**

**H**oy en día, los túneles de carretera disponen de gran cantidad de instalaciones y equipamiento de seguridad, cuya función es permitir una correcta operación del túnel tanto en condiciones normales de explotación, como en situaciones excepcionales como accidentes, incendios, etc. Por ello que, el correcto funcionamiento de estas instalaciones es fundamental para mantener un adecuado nivel de seguridad en los túneles.

Para revisar el equipamiento, la obra civil y las condiciones de conservación y explotación de los túneles, la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento realiza inspecciones periódicas en los túneles de la Red de Carreteras del Estado. La necesidad de estas inspecciones, así como su periodicidad, se establece en el Real Decreto 635/2006, de 26 de mayo, sobre requisitos mínimos de seguridad de túneles de carreteras del Estado.

Para llevar a cabo las inspecciones de los túneles, la red de carreteras del Estado se ha dividido en tres zonas. Los túneles de cada una de las zonas son inspeccionados por un Organismo de Inspección habilitado por la Autoridad Administrativa. Las inspecciones de los túneles de las zonas 1 (Norte) y 2 (Centro-Sur) se iniciaron en 2010, y está previsto comenzar los trabajos en la zona 3 (Este) durante el presente año.

En este artículo se resume los aspectos normativos que afectan tanto a las inspecciones como a los organismos de inspección, se describen las labores realizadas para inspeccionar cada túnel y se presenta el avance de las inspecciones realizadas hasta el momento en los túneles de la red de carreteras del Estado.

**PALABRAS CLAVE:** Inspección, túnel, carretera, seguridad.

**Abstract**

**R**oad tunnels today have many systems and safety equipment, designed to ensure the proper operation of the tunnel, not just under normal conditions but also in exceptional situations such as accidents, fires, etc. For this reason, it is essential that this equipment functions properly in order to maintain an adequate level of safety in tunnels.

To check the equipment, structure and conditions of maintenance and operation of the tunnels, the Highways General Directorate of the Spanish Ministry of Public Works and Transportation carries out periodic inspections of the tunnels of the National Highway Network. The obligation to accomplish these inspections and their frequency are established on the transposition of the Directive 2004/54/CE, on minimum safety requirements for tunnels in the Trans-European Road Network, to the Spanish legislation: Royal Decree 635/2006.

To carry out the inspections of the tunnels, the National Highway Network has been divided into three areas. The tunnels of each area are inspected by an Inspection Entity entitled by the Administrative Authority. The inspections of the tunnels of areas 1 (North) and 2 (South Central) began in 2010, and is scheduled to begin with area 3 (East) this year.

This article summarizes the regulatory issues that affect both inspections and Inspection Entities, describes the tasks carried out to inspect every tunnel and shows the progress of the inspections conducted so far in the tunnels of the National Road Network.

**KEY WORDS:** Inspection, tunnel, road, safety

**1. Introducción**

**L**a aplicación de los sistemas inteligentes del transporte (ITS) en carretera ha sufrido un aumento exponencial desde sus comienzos a principios de los años 90 del siglo pasado. Dentro de las carreteras es en los túneles donde, por sus singulares características, se dispone la mayor parte del equipamiento ITS de las carreteras, como CCTV, DAI, detección lineal de incendios, PMV, etc. Asimismo, en los túneles se implanta otro tipo de instalaciones que, pudiendo clasificarse como ITS, son también necesarias para la adecuada explotación y el mantenimiento de unas mínimas condiciones de seguridad en los mismos, como son la iluminación, ventilación, etc.

Por estos motivos, en los túneles de carretera, a la necesidad de llevar un seguimiento del estado de la obra civil, propia de toda estructura

singular, se le une la de garantizar el correcto funcionamiento de estos equipos. Esto exige, tanto un adecuado mantenimiento, como la revisión sistemática, independiente y periódica de los mismos.

En el caso de los túneles de la red de carreteras del Estado (RCE), estas revisiones y controles se enmarcan dentro de las inspecciones periódicas de los túneles que se deben realizar al menos una vez cada cinco años. La inspección completa de un túnel incluye la revisión de:

- documentación: manual de explotación, plan de autoprotección, proyecto de adecuación, revisiones eléctricas de



Foto 1. Normativa de seguridad en túneles

OCA (Organismo de Control Autorizado), informes varios,...

- obra civil: revestimiento, sostenimiento, pavimento, aceras, drenaje, salidas y vías de evacuación,...
- instalaciones y equipamiento de seguridad: comunicaciones, instalación eléctrica, iluminación, ventilación, sistemas de detección y extinción de incendios,...
- condiciones de conservación y explotación: planes y protocolos, personal y equipos.

## 2. Normativa

La obligatoriedad de realizar inspecciones periódicas en los túneles de la red de carreteras del Estado se establece en el Real Decreto 635/2006, de 26 de mayo, sobre requisitos mínimos de seguridad en túneles de carreteras del Estado, que tras poner al ordenamiento jurídico nacional la Directiva 2004/54/CE.

La responsabilidad de realizar estas inspecciones recae en la Autoridad Administrativa, que para los túneles de la RCE es la Secretaría de Estado de Infraestructuras, Transportes y Vivienda. La Autoridad Administrativa puede hacer las inspecciones directamente o a través de organismos de inspección por ella habilitados.

Las inspecciones se realizan siguiendo la Orden Circular 27/2008 sobre metodología de inspección de túneles, elaborada y aprobada por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento. En esta metodología se establecen todos los elementos que se deben inspeccionar y se describe el procedimiento a seguir para la inspección de cada uno de ellos.

Partiendo de esta normativa, los organismos de inspección han desarrollado procedimientos técnicos, que detallan el proceso de inspección de cada uno de los elementos y equipos de los túneles, así como un procedimiento operativo general, que se particularizan para cada túnel a inspeccionar, en el que se establece la planificación a seguir para la inspección completa de un túnel.

## 3. Organismos de inspección

Un organismo de inspección es un ente público o privado, habilitado por la autoridad administrativa, al que le corresponde llevar a cabo las inspecciones, evaluaciones y pruebas necesarias en los túneles. Para realizar adecuadamente su función, los organismos de inspección deben ser funcionalmente independientes del gestor del túnel.

La Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento, para llevar a cabo la inspección de todos los túneles de la red de carreteras del Estado, ha dividido dicha red en tres zonas (Zona 1 – Norte; Zona 2 – Centro-Sur; Zona 3 – Este). La inspección de los túneles de cada una de las zonas se ha contratado a la empresa adjudicataria del correspondiente contrato público. Estas empresas, habilitadas como organismo de inspección, deben tener un alto grado de competencia y experiencia en inspección de túneles.

Actualmente se han iniciado los trabajos de inspección en dos de las tres zonas cuyos organismos de inspección son:

- Zona 1 – Norte:

- Organismo de inspección: Geocontrol.
- Zona 2 – Centro-Sur:
  - Organismo de inspección: UTE Euroestudios-Auding.

## 4. Labores de inspección de túneles

El Real Decreto 635/2006 realiza una clasificación de los túneles de carretera en función de cuatro parámetros:

- Longitud del túnel
  - Volumen de tráfico: IMD por carril de circulación
  - Tipo de circulación: unidireccional o bidireccional
  - Ubicación: urbano o interurbano
- Y en función de estas características la norma establece el equipamiento mínimo que debe tener cada túnel.

En la inspección de cada túnel, se comprueba el estado de la totalidad del equipamiento e instalaciones disponible, y se verifica el cumplimiento de los requisitos mínimos establecidos en la normativa para dicho túnel.

Las labores de inspección de túneles, como se ha comentado anteriormente, se pueden agrupar en los siguientes puntos:

- Documentación

La primera parte de toda inspección consiste en la revisión de la documentación de seguridad del túnel, formada por el Manual de explotación y el Plan de autoprotección. Los principales objetivos que se persiguen son la comprobación de que estos documentos cumplen la normativa aplicable (R.D. 635/2006 y R.D. 393/2007), que la descripción de



Foto 2. Galería de evacuación



Foto 3. Centro de control

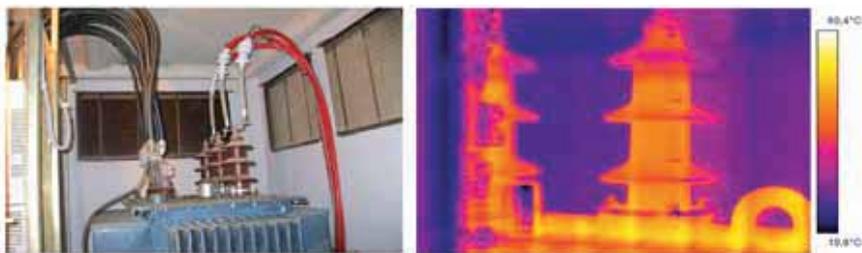


Foto 4. Termografía de transformador

instalaciones y equipo se ajusta a lo establecido en los mismos respecto a mantenimiento, procedimientos, formación, etc.

Por otro lado, en esta primera fase de la inspección también se revisan otros documentos del túnel como proyectos, principalmente el proyecto de adecuación al Real Decreto 635/2006 en caso de que exista, informes de inspecciones eléctricas realizadas por el correspondiente Organismo de Control Autorizado (OCA), informes del responsable de seguridad, etc.

#### • Obra civil

La inspección de la obra civil se realiza principalmente a nivel visual, quedando fuera del alcance de esta inspección las comprobaciones geotécnicas y estructurales, que pueden ser necesario realizar posteriormente en función de los resultados de esta primera inspección. La inspección de la obra civil abarca principalmente los elementos siguientes: calzada y pavimento, aceras, drenaje, revestimiento, parte visible del sostenimiento, salidas y vías de evacuación. En cada uno de ellos se detectan los defectos y patologías, se comprueban sus dimensiones e inter-

distancias y se revisa su estado de conservación y mantenimiento.

#### • Instalaciones y equipamiento de seguridad

En la inspección de las instalaciones y equipamiento del túnel se comprueba su adecuado funcionamiento, tanto en condiciones normales de explotación como en caso de emergencia, así como su estado de conservación y mantenimiento. Los elementos inspeccionados se pueden agrupar en:

- Centro de control y red de comunicaciones. Se revisa el esquema de comunicaciones, verificando la adecuada integración de los equipos y el correcto funcionamiento del software y equipos de control del túnel.
- Instalación eléctrica. Se comprueban los equipos de media y baja tensión, haciendo especial hincapié en la revisión de cuadros eléctricos de baja, transformadores, grupos electrógenos, sistemas de alimentación ininterrumpida (SAI) y baterías de condensadores.
- Iluminación. Se revisan tanto luminarias como células fotoeléctricas, luminancímetros, luxómetros y relojes astronómicos, según corres-

ponda. Se realizan mediciones de luminancia e iluminancia en distintos modos de iluminación.

- Ventilación. La inspección abarca tanto los ventiladores como opacímetros, detectores de CO y NOx y anemómetros. Se comprueba el funcionamiento automático y manual de los ventiladores, midiendo la velocidad del aire con distintas configuraciones.
- Detección y extinción de incendios. Se comprueban los distintos sistemas de detección, así como depósitos, hidrantes, bocas de incendio equipadas (BIE), grupos de bombeo y extintores empleados en la extinción de incendios.
- Salidas y vías de evacuación. Se revisan las instalaciones de que disponen como iluminación, medios para garantizar la estanqueidad, sistemas de comunicaciones, cámaras, puertas antipánico, etc.
- Radiocomunicaciones. Se verifica el adecuado funcionamiento tanto de los sistemas de transmisión por radio para su utilización por los equipos de emergencia, como de la emisión de mensajes en determinados canales de radio destinados a los usuarios del túnel.
- Control de tráfico. Se revisan el sistema de aforos y los detectores de galbo.
- Estaciones meteorológicas. Se comprueba el adecuado funcionamiento de sus distintos elementos, normalmente anemómetro y catavientos.
- Sistemas de vigilancia. Se revisa el circuito cerrado de televisión (CCTV) y el sistema de detección automática de incidentes (DAI).
- Megafonía. En la comprobación de su funcionamiento se presta especial atención a la audibilidad del sistema desde el túnel.
- Postes SOS. Se revisa principalmente su estado y funcionamiento.
- Señalización, balizamiento y marcas viales. Se verifica que cumple con la normativa aplicable.
- Equipos de cierre del túnel. Los equipos revisados son la señalización variable (paneles de mensaje



Foto 5. Grupo de bombeo

variable, paneles aspa-flecha, etc.), semáforos y barreras.

• Condiciones de conservación y explotación del túnel

Se verifica el cumplimiento de los distintos planes establecidos en la documentación de seguridad: mantenimiento preventivo y correctivo de equipos, circulación de mercancías peligrosas, formación del personal, etc.

Para los principales protocolos de actuación (corte de carril, cierre de túnel, accidente, incendio, etc.) se comprueba su correcta aplicación desde el sistema de gestión integral del túnel.

Asimismo, se verifica que se cuenta con los recursos humanos necesarios para la operación del túnel, y que estos disponen de los medios materiales suficientes para el desarrollo de sus funciones. No es el objeto de estas inspecciones realizar comprobaciones de la respuesta ante emergencias, especialmente cuando se requiera la intervención de equipo externo. Estas emergencias se comprueban a través de la realización de simulacros de emergencia a escala real, así como de simulaciones y ejercicios parciales en los túneles.

**5. BIT 2.0 – Base de datos de inventario, incidencias e inspecciones de túneles de la RCE**

Para facilitar la gestión de todos los túneles de la RCE, la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento ha desarrollado una aplicación informática con plataforma web desde la que se puede



Foto 6. Cable de detección lineal de incendios

acceder a toda la información relativa a los túneles en servicio.

En esta aplicación, denominada BIT 2.0 (Base de datos de inventarios, incidencias e inspecciones de túneles de RCE, véase foto 8), se incluye un extenso inventario de cada uno de los túneles, los datos relevantes de todas las incidencias significativas que se producen en los mismos, los informes y datos de avance de las inspecciones periódicas, así como de documentación específica de cada túnel (manual de explotación, plan de autoprotección, proyectos, informes, fotos, videos, etc.).

Para que los usuarios de la aplicación puedan gestionar adecuadamente toda la información de la BIT 2.0, esta dispone de una potente herramienta de consulta. Esta herramienta permite, estableciendo los filtros adecuados, extraer los datos deseados y, en caso de ser necesario, exportarlos a un archivo de cálculo para realizar un análisis más detallado.

Los usuarios que mantienen actualizada la BIT 2.0 son tanto los organismos de inspección, que introducen los datos e informes de las inspecciones, como los responsables de seguridad de los túneles, que mantienen al día el inventario y registran las incidencias ocurridas, en colaboración con el personal de conservación y explotación de las carreteras. La base de datos es

consultable, además de por los anteriores, por todos los técnicos de conservación y explotación de los túneles de la Dirección General de Carreteras (tanto en la Subdirecciones Generales de Conservación y de Explotación y Gestión de Red, como en las Demarcaciones de carreteras del Estado), de las empresas explotadoras y de las sociedades concesionarias de autopistas y de autovías.

**6. Inspección de los túneles de la RCE**

Según el último inventario de la red de carreteras del Estado publicado, correspondiente a 2010, la RCE tiene una longitud de 25739 km. De los cuales, 14505 km (56%) corresponden a carreteras convencionales, y por tanto bidireccionales, siendo los 11234 km (44%) restantes de carreteras unidireccionales (autopistas, autovías y otras vías con calzadas separadas).

Por lo que respecta a los túneles de las carreteras del Estado, actualmente en la RCE hay 321 túneles, pero teniendo en cuenta que los túneles de carreteras de calzadas separadas tienen un tubo por cada calzada, resultan más interesantes saber que existen 473 tubos en la RCE. La longitud de estos tubos es de 262 km (1% de la RCE), de los cuales 312 tubos (66%) son unidireccionales, con una longitud de 205 km (78%), y los 161 tubos restantes (34%) son bidireccionales, con una longitud de 57 km (22%). Es decir, 2 de cada 3 tubos y 3 de cada 4 km de túnel en la RCE son uni-



Foto 7. Detector de CO<sub>2</sub>



Foto 8. BIT 2.0. Aplicación de gestión de túneles de la Dirección General de Carreteras

direccionales y el resto son bidireccionales.

Las inspecciones periódicas abarcan la totalidad de los túneles de la red. Como se ha comentado, para realizar estas inspecciones se ha dividido la RCE en tres zonas encargando la inspección de los túneles de cada una de las zonas a un organismo de inspección. Todos los datos recogidos en la elaboración de las inspecciones son procesados en los correspondientes informes y, para cada elemento revisado, se emite un juicio de valor acerca de su estado de conservación y de funcionamiento.

Las labores de inspección de los túneles de la RCE comenzaron en julio de 2010 en la zona 1 y en diciembre en la zona 2, estando pendiente de iniciarse las inspecciones en la zona 3, cuyo comienzo está previsto para finales de 2012. Las inspecciones de los túneles de cada zona deben concluirse en un plazo de 4 años.

El grado de avance de las inspecciones en cada zona, hasta el mes de febrero de 2012, es el siguiente:

- Zona 1 – Norte:
  - Organismo de control: Geocontrol
  - Número de túneles/tubos a inspeccionar: 111 / 176
  - Longitud de tubos a inspeccionar: 107 km
  - Número de túneles/tubos inspeccionados: 40 / 73 (36% / 41%)
  - Longitud de tubos inspeccionados: 53 km (49%)
- Zona 2 – Centro-Sur:
  - Organismo de control: UTE Euroestudios-Auding

- Número de túneles/tubos a inspeccionar: 77 / 128
- Longitud de tubos a inspeccionar: 78 km
- Número de túneles/tubos inspeccionados: 11 / 20 (14% / 16%)
- Longitud de tubos inspeccionados: 18 km (23%)

En resumen, hasta el momento (febrero de 2012), de los 262 km de túneles de la RCE se han inspeccionado 71 km (27%), y de los 473 tubos de la red se han inspeccionado 93 (20%). Esto supone un ratio de avance medio de las inspecciones de 75 m de túnel por día.

De los resultados de las inspecciones realizadas hasta la fecha, cabe concluir que el estado de conservación y explotación de los túneles del Estado es satisfactorio. No obstante, al encontrarse los túneles en proceso de adecuación a los requisitos mínimos de seguridad establecidos en el Real Decreto 635/2006, un porcentaje importante de túneles no cuentan todavía con todas las instalaciones y equipamientos necesarios. La diferencia en los requisitos de seguridad respecto a los mínimos fijados en la normativa es lógicamente más relevante en los túneles puestos en servicio anteriormente a la aprobación de la normativa y, especialmente en los de mayor longitud, al ser en ellos mayores las exigencias.

## 7. Conclusiones

Los túneles de carretera requieren de numerosas instalaciones para realizar su

explotación, tanto en condiciones normales como en caso de emergencia, manteniendo los estándares de seguridad establecidos. Para asegurar que tanto este equipamiento funciona correctamente es necesario un adecuado mantenimiento, así como su inspección periódica, sistemática e independiente.

Para revisar el equipamiento, la obra civil y las condiciones de conservación y explotación de los túneles, la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento realiza inspecciones periódicas en los túneles de la red de carreteras del Estado. La necesidad de estas inspecciones, así como su periodicidad, se establecen en el Real Decreto 635/2006, de 26 de mayo, sobre requisitos mínimos de seguridad en túneles de carreteras del Estado.

De los 262 km de túneles que hay en la red de carreteras del Estado, se han inspeccionado hasta el momento (febrero de 2012) 71 km (27%). Por lo que respecta al número de tubos, de los 473 tubos de la red se han inspeccionado 93 (20%).

El estado de conservación y operación global de los túneles inspeccionados es satisfactorio. No obstante, al estar actualmente en fase de adecuación de los túneles a los requisitos fijados en el Real Decreto 635/2006, se observan carencias en las instalaciones respecto a los requisitos mínimos fijados. Estas carencias son, como es lógico, más acusadas en los túneles más antiguos y en los de mayor longitud en los que los requisitos son mayores.

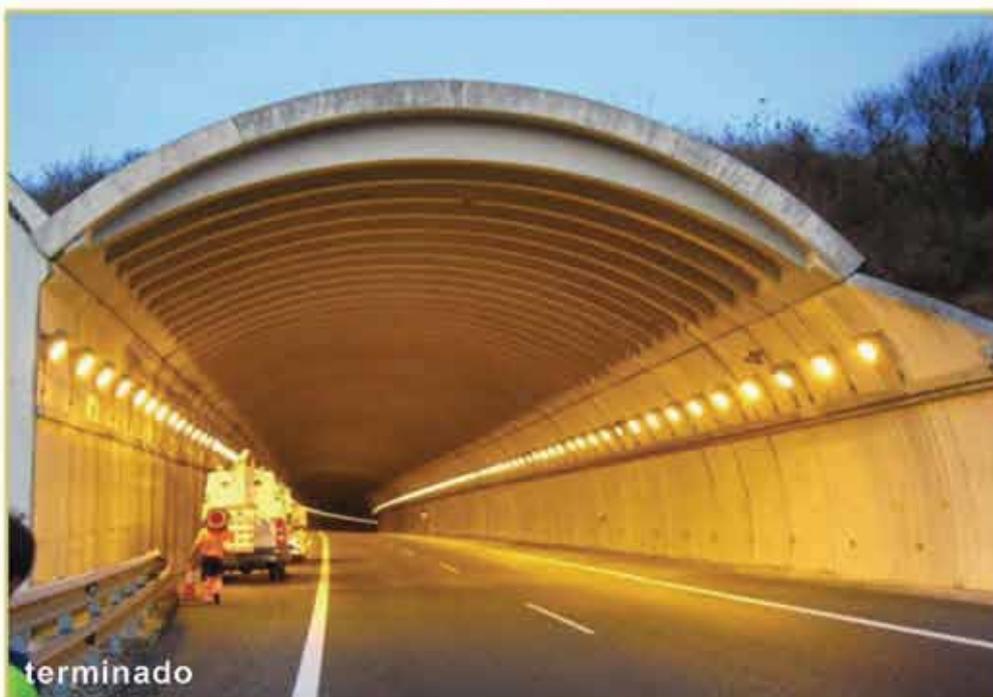
## 8. Referencias bibliográficas

1. COMISIÓN EUROPEA (2004). "Directiva 2004/54/CE sobre requisitos mínimos de seguridad de los túneles de la red transeuropea de carreteras"
2. GOBIERNO DE ESPAÑA (2006). "Real Decreto 635/2006, de 26 de mayo, sobre requisitos mínimos de seguridad en túneles de carretera del Estado"
3. DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS (2008). "Orden Circular 27/2008, sobre metodología de inspección de túneles"
4. PIARC Technical Committee C4 (2011). "Recommendation on management of maintenance and technical inspection of road tunnels"



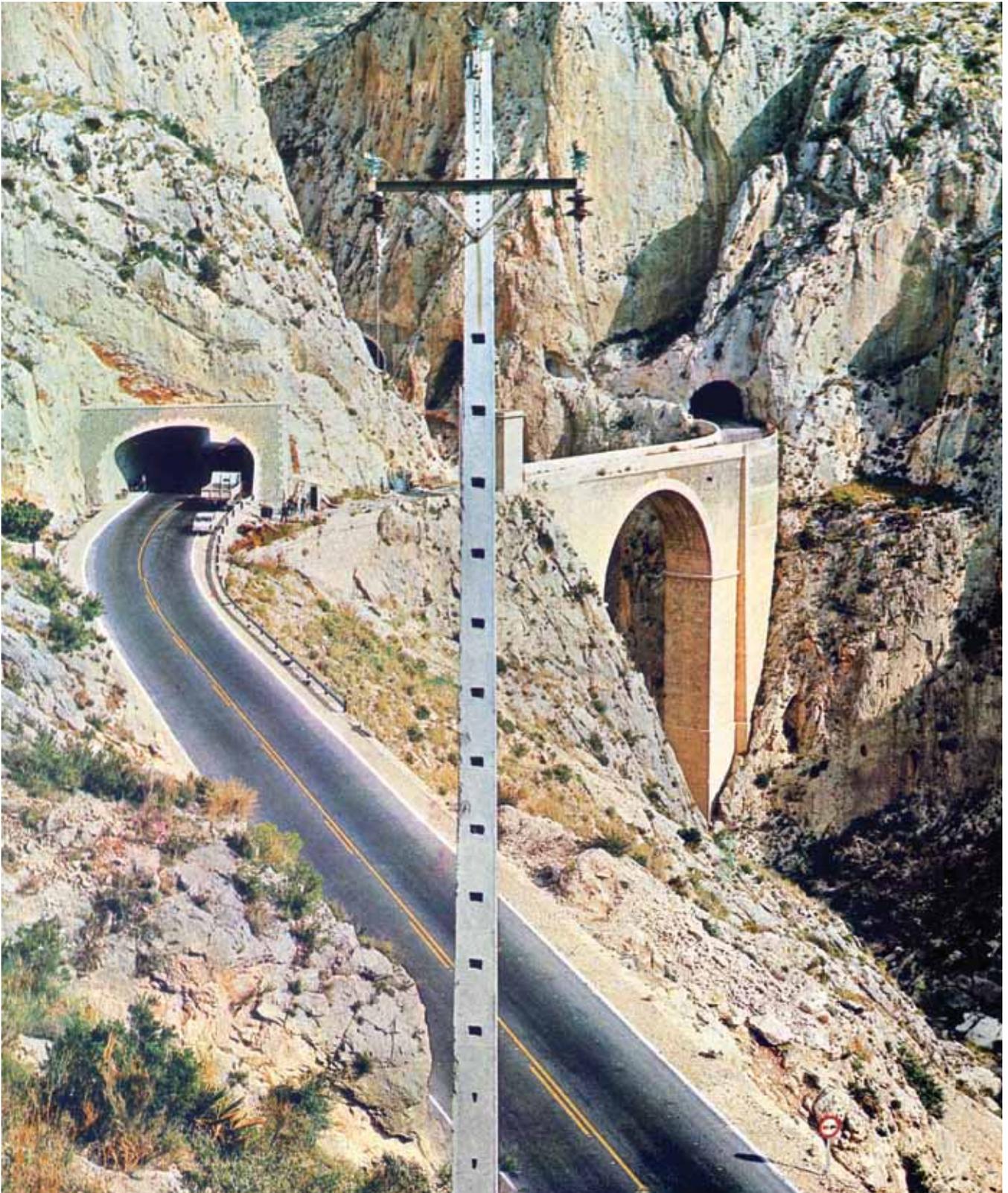
## Implantación del Sistema de Gestión y Eficiencia Energética del Alumbrado en Túneles

- ❑ Cumplimiento de la normativa y uniformidad en la iluminación.
- ❑ Sistema de gestión y control de iluminación para lámparas VSAP y también HM.
- ❑ Sistema dinámico, adaptado a la instalación y a las condiciones externas.
- ❑ Elevado potencial de ahorro y mejora de la eficiencia y el confort (sin perjudicar la seguridad de la instalación).
- ❑ Control del gasto energético y centralización del control de la instalación.
- ❑ Ahorro energético superior al 30% con amortización inferior a 3 años.



gestión y ahorro de energía

**actio**  
aedilitas



# Los cincuenta años del Plan General de Carreteras de 1961

*Fifty years of the 1961 General Roads Plan*

Tariq Bermejo Freire  
Estudiante de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos de la  
Escuela Politécnica Superior, Universidad Alfonso X el Sabio

## Resumen

La provisión de carreteras en los países desarrollados ha sufrido vaivenes a lo largo de su historia, especialmente en el siglo XX. En España, el impulso del automóvil se empieza a percibir en los últimos años de los años cuarenta, cuando empiezan a rodar en masa miles de vehículos por unas carreteras que estaban devastadas debido a la Guerra Civil. Para paliar esta situación se habían aprobado dos planes de carreteras: uno en 1939, con el objetivo de reconstruir la red, y otro en 1950 para acondicionar los principales itinerarios. Estos dos planes se ajustaron a una normativa técnica que no se adaptaba a la realidad que imponía día a día el tráfico, especialmente los vehículos pesados. Esto, junto al hecho de que las inversiones se vieron ampliamente superadas por las necesidades, hizo que a finales de los cincuenta la red estuviera en una situación preocupante y en pleno declive, de tal modo que afectaba incluso al propio desarrollo del transporte terrestre. Fruto de los cambios ministeriales y de una apertura hacia el exterior, los ingenieros españoles pudieron instruirse en otros países y conocer así las nuevas técnicas que se estaban desarrollando en ellos, especialmente en los Estados Unidos, para luego aplicarlas en España. A partir de 1960, gracias a asesores internacionales y al empeño y dedicación de nuestros propios ingenieros comenzó a vislumbrarse una mejora integral de las carreteras, mejoras que tuvieron como punto de partida la redacción del Plan General de Carreteras de 1961.

**PALABRAS CLAVE:** Plan de carreteras, normativa técnica, planificación, mejora transporte, automóvil, tráfico.

## Abstract

Provision of roads in developed countries has suffered ups and downs throughout history, especially in the 20th century. In Spain, the boost in automobile industry starts to be noticed during the last years of the 40's when thousands of cars started to run in the roads which were devastated due to the Spanish Civil War. In order to mitigate this situation, two road plans were approved, one in 1939 with the aim of rebuilding the road net and another one in 1950 to improve the main itineraries. These two plans were adjusted to a technical regulation which was not adapted to the reality imposed by the traffic day by day, especially the heavy vehicles. This, together with the fact that investments were widely exceeded by the needs, made that in the late 50's, the situation of the road network was worrying and in full decline, so that it even affected the self-development of the land transports. As a result of the ministerial changes and an opening-up to the world, Spanish engineers could be instructed abroad and learn, this way, the new techniques which were being developed in those countries, especially in United States, and then, putting them into practice in Spain. From 1960, thanks to international advisors and the effort and dedication of our own engineers, a comprehensive improvement of the roads could be seen. These improvements started with the drafting of the General Roads Plan in 1961.

**KEYWORDS:** Roads plan, technical regulations, planning, transportation improvement, car, traffic.

El 29 de diciembre de 1961 se publicaba la Ley 90/1961, que corresponde al Plan General de Carreteras. En esos años, el Seat 600 y los camiones y autobuses Pegaso, construidos por ENASA se adueñaban de nuestras maltrechas carreteras. Fue la mayor operación en materia de carreteras que se hizo durante el franquismo.

En aquellas fechas, España estaba sumida en una época de escasez y penuria económica, y las carreteras no eran una excepción. Mucho había llovido desde que se creó el Circuito Nacional de Firms Especiales, que dotó a unos 4000 kilómetros de la red principal de firms renovados. La Guerra Civil había dejado miles de kilómetros de caminos "como terreno arado", tal y como recogía el primer ministro de Obras Públicas de la postguerra, Alfonso Peña Boeuf.

Los Planes de 1939 y 1950 fueron antecedentes del Plan de 1961. El primero pretendió reparar los daños de la guerra, lo que no fue chicha empresa. El segundo, conocido como Plan de Modernización, intentó

acondicionar unos 11400 kilómetros de las carreteras radiales, subradiales, periféricas, complementarias e insulares de los casi 71 000 existentes, actuación muy importante dentro de nuestra miseria. Pero su desarrollo se vio rápidamente lastrado por varias causas, entre las que podemos destacar:

A) La financiación del Plan, que no cubría las necesidades anuales. La inflación de precios, disparada desde 1940, hizo que la inversión en carreteras a partir de 1951 supusiera cifras tan análogas a las de 1926, con un tráfico medio tres veces superior. Las anualidades iniciales, pensadas que serían

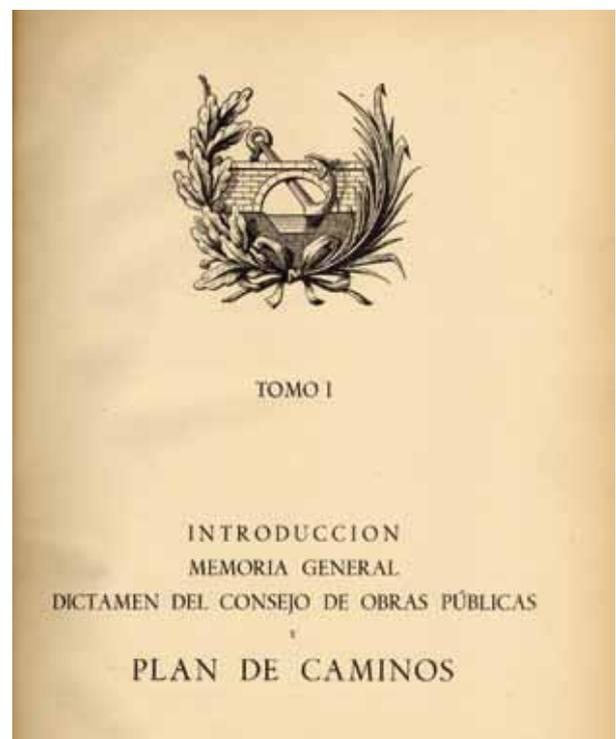


Figura 1. En el Plan General de Obras Públicas, más conocido como Plan Peña, se integraban las actuaciones a desarrollar por el Ministerio de Obras Públicas, entre ellas las obras viarias. Se componía de un plan de actuaciones inmediatas y otro complementario, previéndose una inversión de más de 3300 millones de pesetas

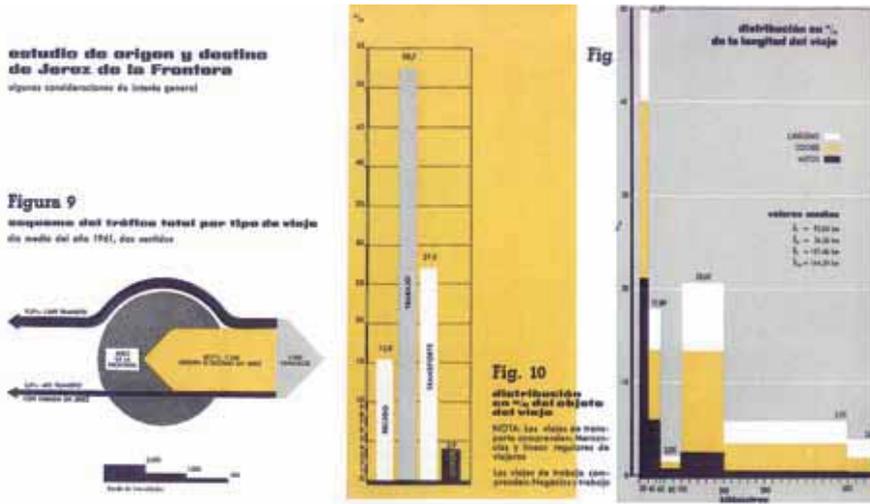


Figura 2. En estas tres figuras podemos observar las conclusiones del primer estudio origen-destino, realizado en Jerez de la Frontera en julio de 1961. Para la toma de los datos se establecieron estaciones de control en las carreteras de acceso, preguntando a los conductores el origen y el destino del viaje, así como su causa, número de ocupantes, etc. Estos estudios iniciales dieron paso a las prognosis de tráfico, elaboradas en base a complejos análisis del tráfico llevado a cabo en las principales ciudades.



Figura 3. Al carecer de datos estadísticos, lo primero que hubo que hacer fue inventariar las carreteras, tomando datos de forma manual. En estas fotos podemos ver el trabajo de campo que se realizó

de 1300 a 1500 millones de pesetas, quedaron reducidas a 750 millones, sólo para realizaciones imprescindibles.

B) Normativa técnica obsoleta: en el Plan se fijan las velocidades teóricas a las que deben ajustarse los trazados; en 60 km/h, 50 km/h y 40 km/h para las carreteras nacionales, comarcales y locales respectivamente; el espesor del firme de macadam de 20 a 28 cm, y otro conjunto de prescripciones técnicas muy atrasadas para los vehículos del momento, que por sus velocidades de régimen, pesos y dimensiones en general, subrayan que no deberían ajustarse a estas normas las carreteras para ellas construidas. Pues bien, ni siquiera a estas modestas prescripciones se ajusta la mayor parte de la red. Así, tan sólo en 10980 km el espesor era de 22 cm, y en más de 41 000 el espesor era inferior a los 16 cm. A principios de 1960 se hizo una inspección de los firmes, que arrojó datos preocupantes. Así se descubrió, por ejemplo, que de los 484 km de carreteras nacionales que existían en la provincia de Madrid, 439, es decir, el 91%, se encontraban en mal estado. Del total de la red (nacional, comarcal y local) el balance no era mucho mejor, ya que el 54% de los firmes estaba descuidado.

C) Existencia de más de un millón de carros circulando por nuestras vías, junto a un tráfico muy importante de vehículos pesados: el 23 de abril de 1948 se aprobaban por decreto los nuevos artículos del código sobre pesos y dimensiones de los vehículos. Dicho en otras palabras, se daba vía libre al transporte de mercancías por carretera, ya que aumentaba considerablemente el peso máximo autorizado a los camiones cargados, hasta 15 000 kg, y en la horquilla de 19 000 kg a 25 000 kg a los vehículos con autorizaciones sobre algunos itinerarios. Esto tuvo como consecuencia que a partir de 1954, las toneladas-kilómetro transportadas por carreteras superaran a las del ferrocarril. Pero el desarrollo de España era lento y pocos disponían de esos medios de transporte. La mejor muestra de ello es que a finales de la década de los 50 aún transitaban por nuestra geografía más

de un millón de carros, muchos con llantametálica, que producían roderas y roturas en el pavimento.

Junto a estos se daban las siguientes circunstancias, según relataban los servicios técnicos del Ministerio de Obras Públicas (MOP):

- El Plan de Modernización carecía de datos estadísticos para una buena planificación.
- Los técnicos españoles no conocían las nuevas técnicas debido al aislamiento. Además, éstas acababan de nacer.
- Los contratistas carecían de experiencia, medios y personal.

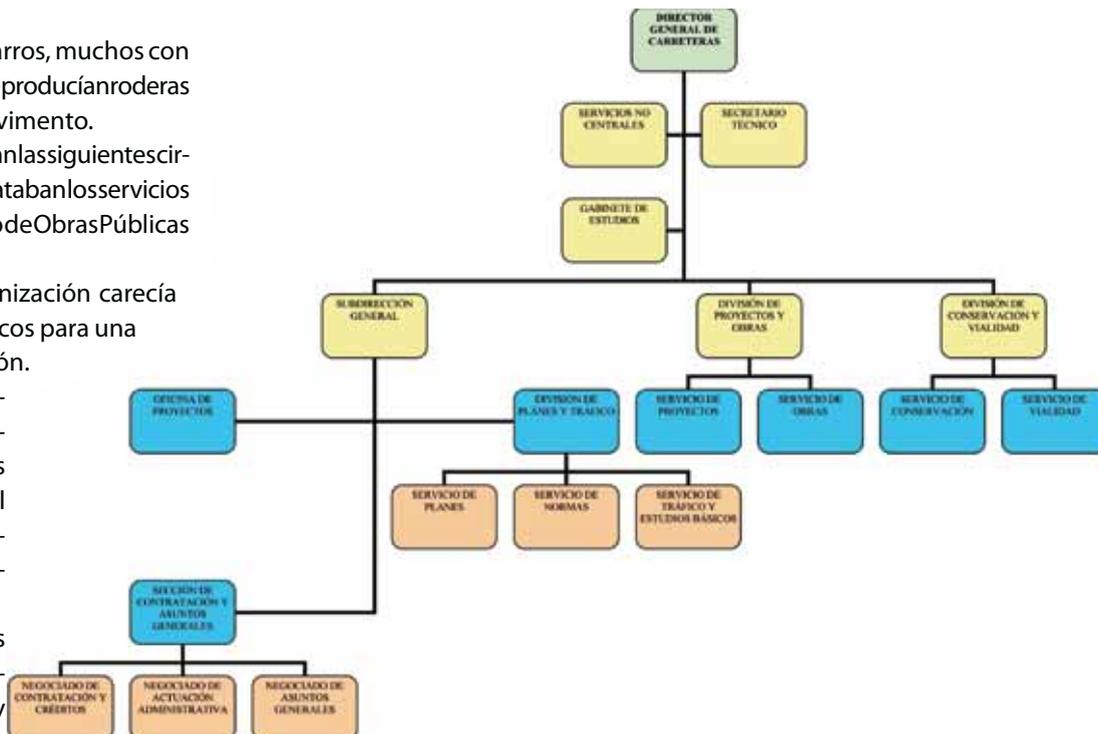


Figura 4. Organigrama de la Dirección General de Carreteras. Situación en la primavera de 1961

Para controlar las obras se contaba con el Laboratorio del Transporte, que era de reciente creación, así como unos laboratorios provinciales auxiliares en las Jefaturas de Obras Públicas de cada provincia.

Mientras, nuestros países vecinos disfrutaban del Plan Marshall.

El cambio era obligatorio, pese a que Franco y otros ministros, como José Luis Arrese, se negaban a la apertura. La situación económica hizo que Franco tuviera que ceder, y diera paso en los Ministerios de Obras Públicas, Hacienda y Comercio a Jorge Vigón Suero-Díaz, Mariano Navarro Rubio y Alberto Ullastres Calvo respectivamente.

La llegada de Ullastres Calvo y Navarro Rubio cambió la manera de ver las cosas, porque pusieron sumirada en el exterior, mirada de la que se aprovecharon otros ministerios. Las estrecheces económicas iniciales, impuestas por el Plan de Estabilización, tuvieron sus consecuencias en los créditos para carreteras, aunque al poco tiempo se inició un gran período floreciente.

Vigón nombró a Vicente Mortes Alfonso Director General de Carreteras y Caminos Vecinales, que desempeñó un papel clave en el proceso de renovación. Los engranajes se pusieron en marcha. "Uno de los mayores aciertos de Vigón fue mandar ingenieros de

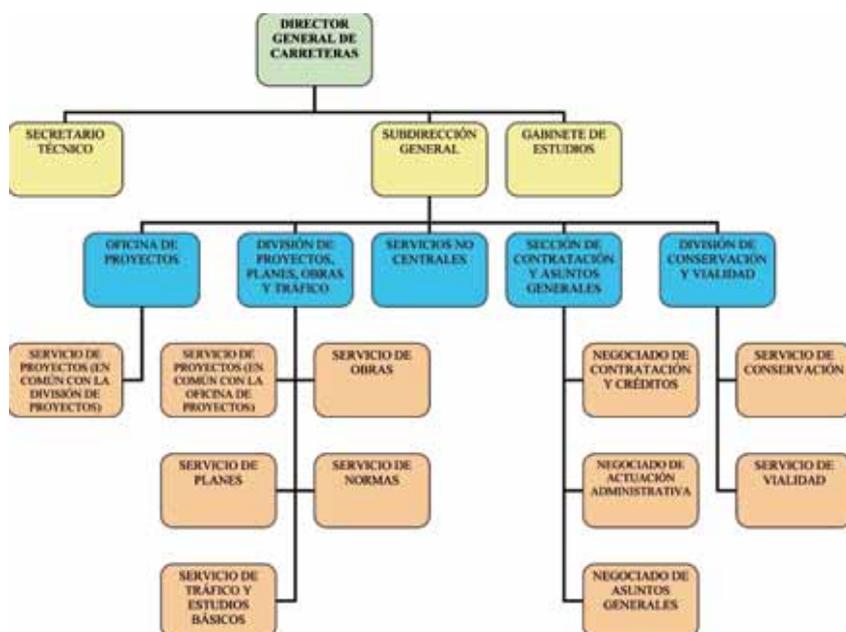


Figura 5. Organigrama de la Dirección General de Carreteras sugerido por Dorsch

Figura 6. Inversiones previstas en el Plan General de Carreteras de 1961

Mejoras en la red azul	56 185 773 000
Mejoras en el resto de la red	38 580 669 000
Terminación de la red	9 438 800 000
Redes arteriales de poblaciones	36 410 000 000
Señalización	1 438 649 300
Conservación	31 386 000 000
Planificación, investigación y gastos generales	3 480 822 700
<b>TOTAL</b>	<b>177 638 242 000</b>

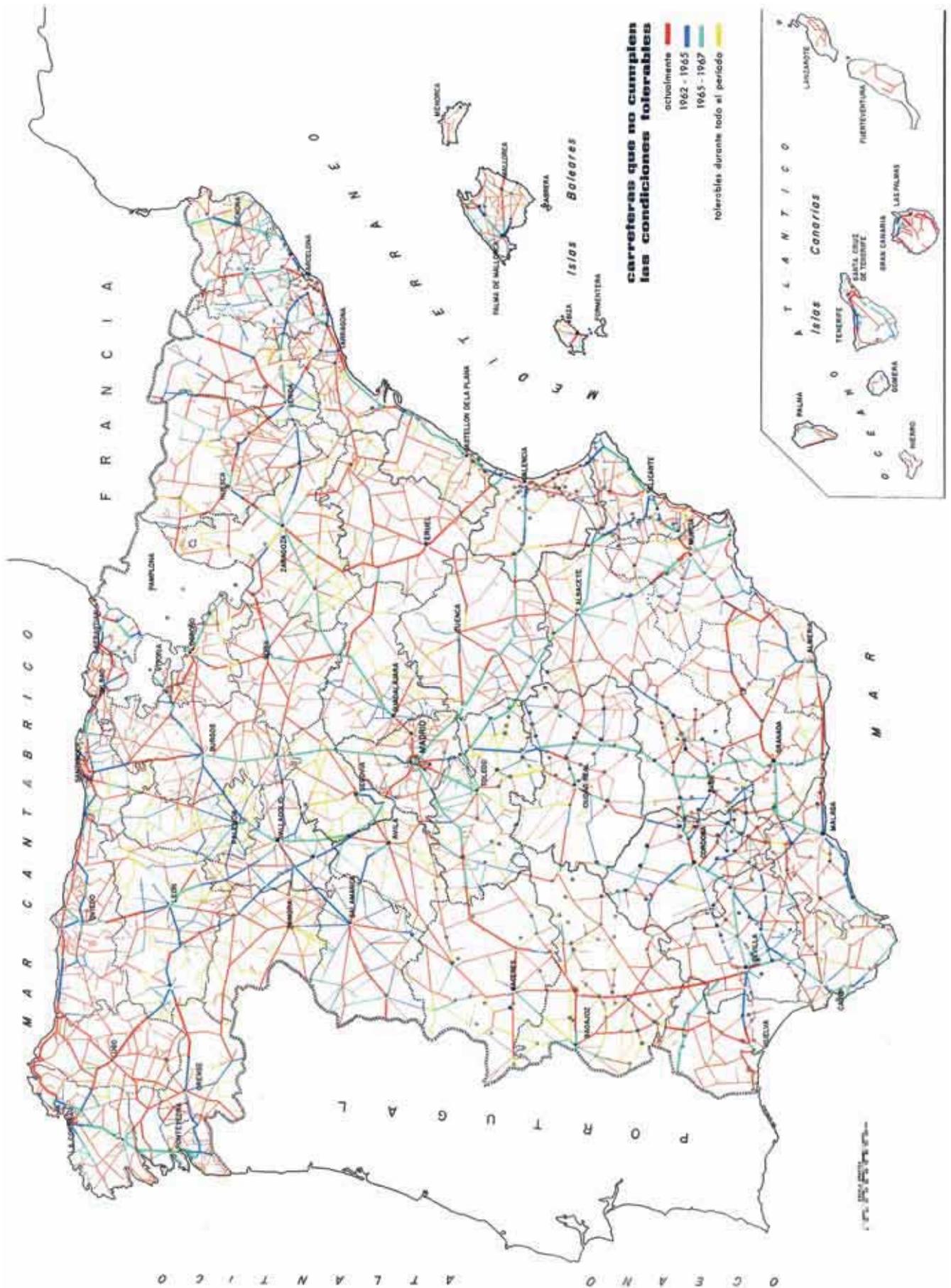


Figura 7. Los 80 000 km de la red se dividieron en 8000 tramos de estudio, observándose que en 1961 la mayoría de la red no cumplía las condiciones tolerables marcadas en el Plan, y más del 86% iba a dejarlo de estar durante los 16 años de vigencia si no se actuaba

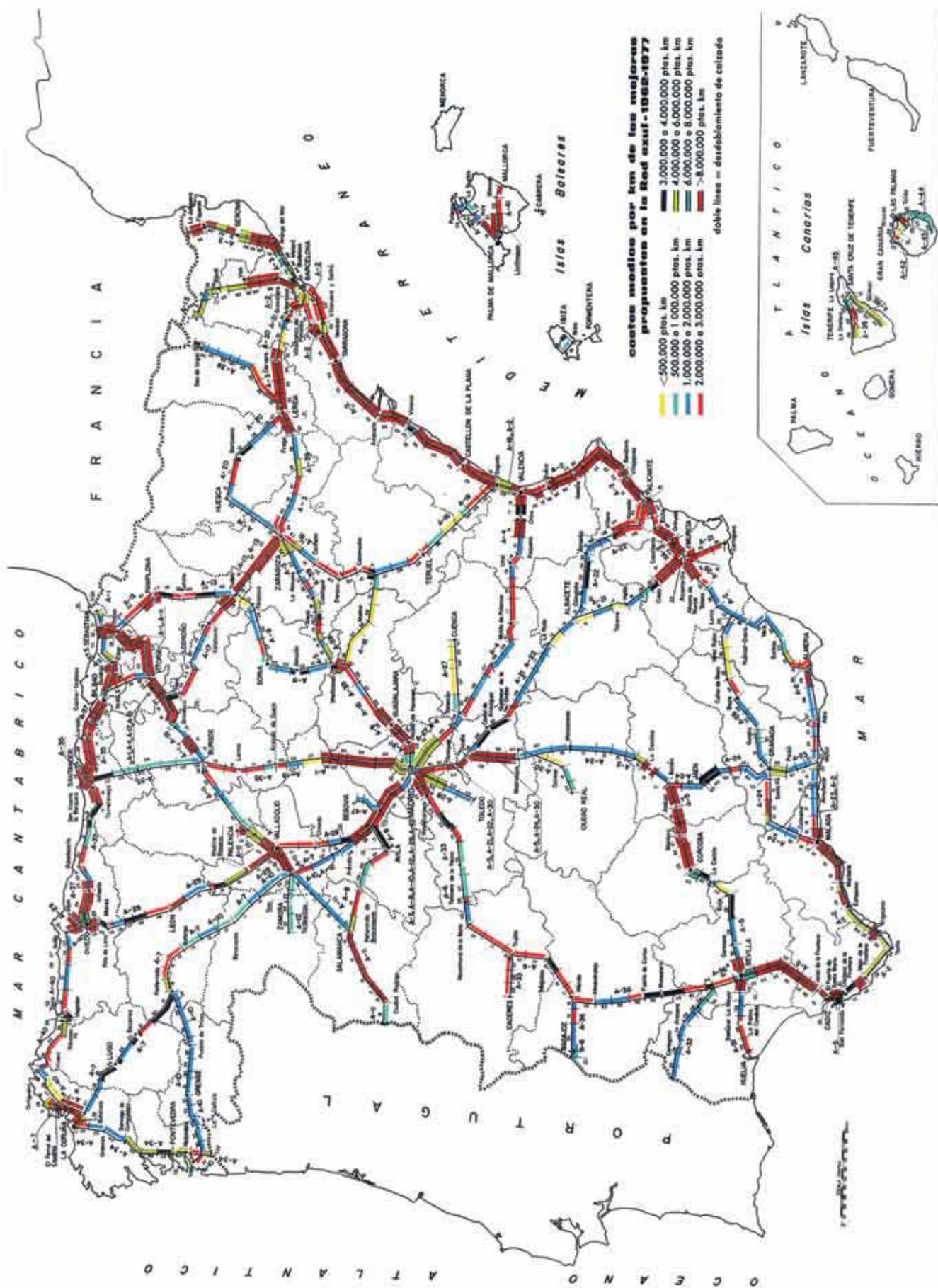


Figura 8. Debido a las exigencias del tráfico, 2847 km de los itinerarios principales iban a convertirse en carreteras de doble calzada o bien en autopistas. El Informe del Banco Mundial recomendaba la ejecución de la Autopista del Mediterráneo, desde la frontera francesa hasta Murcia (unos 730 km)

Figura 9. El convenio con el Banco Mundial, firmado en Washington el 25 de octubre de 1963 con un importe de 33 millones de dólares, constaba de dos partes: la primera eran las obras de mejora y construcción aquí indicadas, y la segunda incluía un programa piloto de conservación de carreteras para determinar los métodos y necesidades para extender la organización y funcionamiento de conservación viaria al resto de la red

TIPOS DE OBRA VIARIA	PRESUPUESTO (millones de pesetas)
Acceso al Aeropuerto de Son San Juan en Palma de Mallorca	238,57
Variante con nuevo puente sobre el río Ebro en Amposta, CN-340, provincia de Tarragona	296,75
Nuevo acceso a Valencia por Silla-Catarroja, CN-332 p.k. 236,750/240,775 y 264,322/266,624, provincia de Valencia	45,50
Mejora del firme en la CN-430, provincia de Albacete	39,84
Mejora del firme en la CN-332 p.k. 90/94, provincia de Alicante	40,10
Mejora del firme y ensanche de arcenes, CN-II p.k. 605/607; CN-340 p.k. 318/360; CC-246 p.k. 20/53, provincia de Barcelona	101,00
Variante de Badalona, CN-II p.k. 632/638, provincia de Barcelona	212,00
Ensanche y mejora del firme, CN-340 p.k. 69/153, provincia de Castellón	68,00
Mejora del firme CN-II, p.k. 394/420 y 428/447, provincia de Huesca	45,00
Mejora del firme, CN-II p.k. 465/534, provincia de Lleida	240,00
Variante de Oviedo a Mieres por Peñamiel, CN-630 p.k. 419/443, provincia de Asturias	371,54
Mejora del firme, CN-II p.k. 139/181, provincia de Soria	107,70
Variante de Perelló, CN-340 p.k. 209/240, provincia de Tarragona	359,79
Mejora del firme y modificación de rasantes, CN-301 p.k. 152/157, provincia de Cuenca	15,50
Mejora del firme, CN-II p.k. 180/391, provincia de Zaragoza	188,00
Mejora del firme y modificación de rasantes, CN-301 p.k. 93/134, provincia de Toledo	94,10
Mejora del firme, CN-332, p.k. 182,300/254,000, provincia de Valencia	150,00
Mejora del firme, CN-332 p.k. 100/104 y 148/154, provincia de Alicante	-----

camino a Estados Unidos para que se formaran en las técnicas que acababan de nacer" cuenta Antonio Figueroa Herreras, que fue uno de los afortunados en instruirse en EE.UU. y posteriormente trabajar como ingeniero en el MOP.

Paralelamente, los organismos internacionales crearon unas misiones para nuestro país, donde es destacable la elaboración del informe "El desarrollo económico de España" por el Banco Mundial en 1962. Previo a este informe, y viendo la enorme necesidad de mejora de las carreteras, tal como había puesto en conocimiento el ministro Vigón al Consejo de Ministros con la presentación del documento "El Problema de la Carretera", Mariano Navarro Rubio, en un escrito dirigido al Banco Mundial solicitó la ayuda de expertos para tratar de resolver la situación de los transportes. Uno de los asesores que desembarcó en España fue Franz Xaver Dorsch, ingeniero de origen alemán responsable de la Oficina de Ingeniería Dorsch-Gehrmann.

En enero de 1961 mantuvieron las primeras reuniones con los representantes de la Dirección General de Carreteras, para conocer la situación general. Para un mejor conocimiento recorrió al rededor de 3000

km de las principales carreteras del Norte y Este, en donde pudo obtener una excelente impresión "insitu" de las carreteras, ya que pudo visitar muchas obras, discutir con los Ingenieros Jefes, ver laboratorios y conocer proyectos. Probablemente lo que más le sorprendió del transporte fue la gran cantidad de camiones que circulaban por la red, tanto de día como de noche, por unos pavimentos muy ligeros. Finalmente elaboró un documento titulado "Informe sobre la red española de carreteras. Propuesta de medidas para la reorganización general del sistema terrestre de transporte", que fue sin lugar a dudas, junto al informe del Banco Mundial, uno de los pilares fundamentales en los que se basó el MOP para el desarrollo que estaba a punto de llegar. Entre las propuestas que aconseja adoptar destacan:

- 1) Elaboración de un inventario estadístico de carreteras para conocer las características geométricas, apoyándose en nuevos equipos. Estos nuevos equipos consistían en dos coches provistos de odómetros, y un equipo entusiasta de gente que se inventarió 80 000 km "a mano".
- 2) Prognosis sobre el tráfico futuro de las carreteras, en un período de tiempo de 25 años, así como estudios origen-

destino en las ciudades. A este respecto cabe decir que el primer recuento de tráfico moderno que se hizo en nuestro país se llevó a cabo en el entorno de Ciudad Real en 1958, y la primera encuesta origen-destino, a modo experimental, en 1961 en Jerez de la Frontera. Se puso fin de este modo a los estados de frecuentación que se usaban muy ocasionalmente a principios del siglo XX.

- 3) Mejora de la planificación: se proponía una reorganización de los servicios ministeriales y de las jefaturas para hacerlo más ágil, junto a una creciente contratación de técnicos, y que éstos se formaran en el exterior.
- 4) Mejora de la capacidad de ejecución de obras: propugna la utilización de maquinaria, así como un cambio en las empresas constructoras para hacerlas más competitivas y equitativas. El diagnóstico y el tratamiento estaban hechos, y ahora se daba paso a la cirugía. El Plan General de Carreteras de 1961 se aprobó a finales de año, estableciéndose para un período de 16 años. De forma general se estructuraba en tres partes, que eran construcción, conservación y planificación, con una inversión prevista en con-

junto de 177640 millones de pesetas. Con objeto de facilitar su desarrollo se recurrió a la financiación exterior, donde destaca el crédito concertado entre el Gobierno y el Banco Mundial. Para el primer cuatrienio se asignaban tareas nada desdeñables. "La tarea inicial no fue fácil" comenta Figueroa. "Primerotuvimosquesortearlanegativadelosserviciosprovincialesausarlosmétodosamericanos, ya que los técnicos responsables no los conocían. Luego luchar contra la falta de medios: en obra, la poca maquinaria existente estaba muy repartida. En oficina, había que hacerlo prácticamente todo de modo manual hasta que llegaron los ordenadores IBM, que nos sirvieron de gran ayuda", a lo que añade entre risas "la existencia de los ordenadores no era sinónimo de éxito en el trabajo, ya que a mí vinieron cientos de representantes intentándome convencer para que comprara ordenadores, cuando muy pocas personas sabían utilizarlos, nisiquiera ellos". (Recordaremos aquí que la Dirección General de Carreteras dispuso del segundo ordenador IBM 360 que hubo en España, que ocupaba una habitación; poco antes de su llegada se trabajaba con un IBM 1620 de fichas perforada. Los servicios periféricos no tuvieron nada de eso hasta que aparecieron los ordenadores personales, mucho después). Seguramente los mayores quebraderos de cabeza se encontraron en las redes arteriales, donde hubo una contienda entre urbanistas y camineros. Figueroa conoce a fondo este problema, ya que fue responsable de las redes arteriales. "En España no se tenían ninguna experiencia sobre autopistas urbanas, es más, me atrevería a decir que muchos ingenieros siguen pensando que la M-30 se puso en marcha para servir a los tráficos nacionales y regionales, cuando en realidad sirvió como distribuidor urbano de gran capacidad. Son muchos los problemas que ocasiona una autopista en una ciudad, pero sin ella cualquier urbe de importancia estaría sumada en un caos".

El Plan supuso el principio del fin de los problemas de las carreteras, aunque pasados unos años se vio superado por la realidad: el parque de vehículos superó enormemente las expectativas, con un crecimiento entre 1960 y 1970 de 2675096 vehículos, y muchas de las obras se realizaron con planes complementarios, como

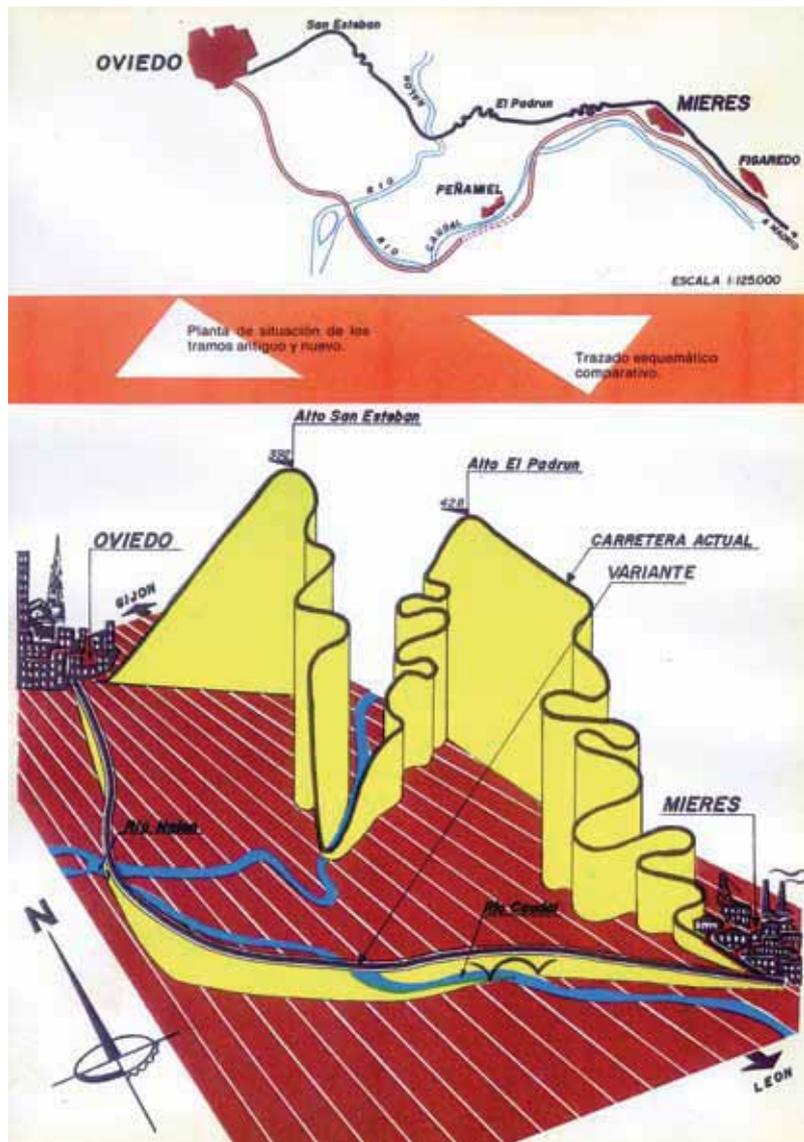


Figura 10. La obra más costosa del convenio con el Banco Mundial, el acceso a Oviedo por la CN-630, sustituyó a la antigua carretera que pasaba por el Alto del Padrón, que, junto a la antigua CN-340 por El Perelló, constituían probablemente los tramos más molestos de la Red Azul de Carreteras del Estado. Finalmente su coste se disparó hasta los 624 millones de pesetas, debido a los tratamientos del terreno que hubo que hacer, así como al gran número de estructuras que hubo que construir.

el programa de autopistas, planes de accesos a las zonas turísticas, plan REDIA, etc.

Lo que empezó en la década de los años sesenta, con unos tímidos "brotes verdes", un plan que solamente marcaba la línea hacia donde ir, se consolidó posteriormente con el Plan General de Carreteras 1984/1993 y el Plan Director de Infraestructuras, completando el proceso de construcción de un país desarrollado, gracias a la labor de muchos hombres y mujeres para llevar a cabo la realidad actual, esa que afirma que nuestro país cuenta con la mayor red de carreteras de gran capacidad de Europa, a pesar de tener un PIB mucho inferior a los mejores países de nuestro entorno.

## Referencias

- Dorsch, Xaber (1961). Informe sobre la red española de carreteras, pp. 9-19, y anejos 7a y 7b.
- Ministerio de Obras Públicas (1950). Plan de Modernización de Carreteras.
- Ministerio de Obras Públicas (1960). El problema de la carretera, pp. 8-37.
- Ministerio de Obras Públicas (1939). Plan General de Obras Públicas, Plan de Caminos, pp. 1-16.
- Ministerio de Obras Públicas (1961). Plan General de Carreteras.
- Boletín Oficial del Estado (1961). Ley 90/1961, del 29 diciembre.
- Boletín Oficial del Estado (1964). Decreto-Ley 1/1964, de 20 de enero.



## Jornada Técnica sobre IAP-11. Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera Madrid, 21 de febrero de 2012

Pilar Crespo Rodríguez  
Directora Técnica de la jornada  
ICCP, Jefe de Área de Estructuras  
Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento

48

El pasado 21 de febrero de 2012 y en la sala Agustín de Betancourt del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid, se celebró esta jornada promovida por el Ministerio de Fomento, y organizada por la Asociación Técnica de Carreteras con la colaboración del citado Colegio, dedicada a la Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera (IAP-11) que fue aprobada por la OM 2842/2011, de 29

de septiembre, y publicada en el BOE de 21 de octubre de 2011.

El acto de inauguración fue presidido por el Director Técnico de la Dirección General de Carreteras, D. José Luis Elvira, acompañado por el Presidente de la Asociación Técnica de Carreteras, D. Roberto Alberola, y la Directora Técnica de la jornada.

Comenzó el programa técnico de la jornada con la intervención de Dña. Pilar

Crespo Rodríguez, del Ministerio de Fomento y Directora Técnica de la jornada, quién hizo una Presentación general de la nueva IAP-11. Inició su exposición presentando el encaje de la Instrucción en el marco normativo actual, los Eurocódigos y la coexistencia de éstos con la reglamentación española. Para ello procedió a explicar la arquitectura de los Eurocódigos, su status y cómo se han ido implementando en diferentes países europeos. Citó la Re-

comendación de la Comisión Europea para la implementación y uso de los Eurocódigos en las obras y los productos de construcción, donde se establece que “los Estados miembros deben adoptar los Eurocódigos como herramienta adecuada para proyectar obras de construcción, verificar la resistencia mecánica de sus elementos y comprobar la estabilidad de las estructuras”. Dicha Recomendación también indica que “los Estados Miembros deben promover la formación para el uso de los Eurocódigos, especialmente en la educación superior y como parte de la formación continuada de ingenieros y técnicos”.

Tras ello prosiguió explicando cómo la incorporación a las legislaciones nacionales de la Directiva de contratación pública (2004) -que obliga a establecer las especificaciones de los contratos públicos con los Eurocódigos y a aceptar los proyectos desarrollados con los mismos- ha dado lugar a que los diferentes países hayan ido progresivamente asumiendo y adoptando los Eurocódigos, desde Austria o Eslovenia, que lo hicieron en 2008, hasta Holanda o Alemania, en 2012. Tras explicar el caso portugués, en el que coexistirá durante unos años la reglamentación actual con los Eurocódigos, pasó a analizar la situación española.

La Instrucción de Acero Estructural (EAE) es el primer reglamento español que reconoce de forma expresa, en su artículo 3º, la validez de los Eurocódigos junto con sus correspondientes Anejos Nacionales para el proyecto en nuestro territorio (BOE del 23 de junio de 2011). Tras el proceso de convergencia, aproximación y adaptación a los Eurocódigos que ha seguido la reglamentación española en la última década -manifestación de la cual es la Instrucción objeto de esta jornada- se inicia ahora una nueva etapa en el proyecto de puentes caracterizada por la posibilidad de uso indistinto de las Instrucciones españolas y de los Eurocódigos con Anejos Nacionales, que finalmente desembocará en la implantación definitiva de los Eurocódigos.

Posteriormente, procedió a presentar la IAP-11, haciendo hincapié en el criterio seguido para su redacción, según el cual se han adoptado los modelos y criterios establecidos por los Eurocódigos de Bases de cálculo y de Acciones. Destacó entre

las principales novedades del texto, los nuevos modelos de carga que representan la acción del tráfico, los cambios en la acción del viento, el nuevo planteamiento de la acción térmica y los nuevos valores de los factores de simultaneidad de acciones y coeficientes parciales, indicando que todos estos aspectos se irían desarrollando a lo largo de la jornada.

Posteriormente, tomó la palabra D. Carlos Paradelo Sánchez, del Ministerio de Fomen-



Dña. Pilar Crespo en un momento de su intervención



D. Carlos Paradelo Sánchez intervino con la ponencia “Bases de cálculo y ELS”



Sres: De Villar y Simón-Talero de Torroja Ingeniería



Vista parcial de la sala



D. Miguel Ortega, de Ideam, S.A.



D. Hugo Corres de FHECOR Ingenieros

to, quien intervino con la ponencia "Bases de cálculo y ELS". En ella se presentaron los capítulos 6 Bases para la combinación de acciones y 7 Criterios para la comprobación de los estados límite de servicio, de la IAP-11. En la exposición del capítulo 6 se resaltaron principalmente los cambios introducidos con respecto a la IAP-98, que afectan tanto a factores de simultaneidad como a coeficientes parciales, por un lado; y, por otro, a una serie de reglas que se han establecido en la combinación de acciones para la verificación de los estados límite últimos.

La segunda parte de esta ponencia se dedicó a presentar el capítulo 7, que se ha incorporado como novedad en esta Instrucción, para la verificación de los estados límite de servicio que son independientes de los materiales constituyentes de la estructura, con criterios relativos tanto a flechas como a vibraciones.

Más adelante, y con el tema "Acciones permanentes, Sobrecarga de uso y Nieve", D. José M<sup>a</sup> de Villar y D. José Manuel Simón-Talero, de Torroja Ingeniería, iniciaron su intervención presentando los aspectos más relevantes de la definición de acciones que da la IAP para las cargas permanentes. A continuación, presentaron la acción de la nieve, justificando las disparidades existentes entre lo indicado en la IAP-11 y lo que figura en la EN 1991-1-3.

Las sobrecargas de uso constituyen una de las más importantes novedades de la IAP-11 con respecto a la normativa anterior. Por ello, D. José M<sup>a</sup> de Villar y D. José Manuel Simón-Talero dedicaron gran parte de su exposición a la definición de dichas acciones y a mostrar la convergencia entre lo propuesto y lo que figura en la EN 1991-2. Así, se habló sobre la definición de carriles virtuales en los tableros, sobre los valores de las cargas puntuales a considerar (vehículo tándem) y sobre la sobrecarga uniforme. También se hizo mención especial a la concomitancia entre las componentes verticales de la sobrecarga de uso y las horizontales debidas al frenado, arranque y fuerza centrífuga, definiéndose los denominados "grupos de cargas" a considerar en el cálculo.

Su exposición finalizó con una comparación de los esfuerzos producidos por las sobrecargas de uso recogidas en la IAP-11

con los que se obtenían con las definidas en la hasta ahora vigente IAP-98 y con las que resultan de la aplicación del Eurocódigo 1 y su correspondiente Anejo Nacional.

La presentación "Viento, acción térmica y acciones accidentales", de D. Francisco Millanes Mato y D. Miguel Ortega Cornejo (ponente), ambos de Ideam, S.A., se dividió en 4 partes: rozamiento de apoyos deslizantes, viento, acción térmica y acciones accidentales. Respecto al viento, expusieron el tratamiento de la acción del viento según la IAP-98, las comparaciones de formulaciones de viento entre la IAP-98 y Eurocódigo y las novedades incluidas en la IAP-11: los diferentes tipos de entorno, periodos de retorno para situaciones transitorias, mapas de isotacas para la obtención de la velocidad básica fundamental del viento, el coeficiente de fuerza para la componente vertical del viento, el empuje longitudinal del viento, la acción de viento concomitante con las sobrecargas, los factores de simultaneidad para las acciones de viento y los efectos aeroelásticos en puentes de carretera y pasarelas.

A continuación se presentó la acción térmica. Se pudo concluir que las variaciones uniformes de temperatura obtenidas según la IAP-98 son bastante inferiores que los resultados obtenidos según IAP-11, que coincide con el Eurocódigo, y en muchos casos quedaba bandellado de la inseguridad. Además, la formulación de acciones térmicas en el Eurocódigo es muy sencilla y se corresponden muy bien con los resultados obtenidos del análisis de los registros de temperaturas en puentes. Este hecho ha motivado la adopción en la nueva IAP-11 de las acciones térmicas del Eurocódigo con pequeños matices en las diferencias de temperatura vertical y horizontal (gradientes).

Finalmente, se presentaron las acciones accidentales dedicando especial atención a los impactos, tanto contra elementos estructurales del puente como contra los sistemas de contención de vehículos.

"Casos prácticos: Estudio comparativo con la IAP-98", fue el tema presentado por D. Hugo Corres y D. Alejandro Pérez, de FHECOR Ingenieros. En su exposición, analizaron, a través de unos casos prácticos, las diferencias existentes entre la aplicación de la reglamentación española y los Eurocódigos, concluyendo que, en la



D. Alejandro Pérez Caldenty, de FHECOR Ingenieros

mayoría de los casos, estas diferencias son pequeñas y que la adopción de los Eurocódigos como normativa nacional no daría lugar a cambios radicales de los proyectos actualmente realizados en España.

Como ejemplo, en el caso de puentes de los anchos moderados, la implantación de los Eurocódigos no tendría consecuencias referente al dimensionamiento del pretensado, en ambientes para los cuales se permita la fisuración. Sin embargo, la cuantía de pretensado podría verse incrementada en caso de ambientes más agresivos.

Además, prosiguió, de acuerdo con los Eurocódigos resultan unos esfuerzos de torsión ligeramente superiores a los de la IAP-98. Por lo que se refiere a la flexión

transversal de los voladizos, la aplicación del modelo LM2 debe hacerse mediante un cálculo de placa debido a que un reparto simplificado a 45° da lugar a resultados demasiado pesimistas.

Finalmente, se concluyó que en el caso de puentes de vigas de ancho moderado y en el caso de tableros de vigas con separaciones pequeñas, las diferencias entre la aplicación de los Eurocódigos y de la IAP-98 son muy escasas.

La jornada finalizó con un animado debate-coloquio que mostró el interés de los presentes por la aplicación de la Instrucción IAP-11 así como de los Eurocódigos y la forma en que afectarán al estado del arte en lo relativo al proyecto de puentes de carretera. ❖



Todos los ponentes en un momento del coloquio final

# Jornada Técnica sobre Manual de Capacidad 2010

## Madrid, 8 de mayo de 2012

### Presentación de la jornada

El Manual de Capacidad 2010 supone un renovación completa de muchos aspectos de la ingeniería de tráfico aplicada. Sin perder de vista el concepto de Nivel de Servicio, incorpora por primera vez el estudio de infraestructuras completas de autopistas y calles para llegar a un juicio sobre el funcionamiento de toda la infraestructura (antes había que hacerlo individualmente para cada componente) durante toda la hora punta. Se puede estudiar la formación de colas originadas en elementos aguas abajo, ya sea en tramos de autopista o calles, ya sea en ramales, intersecciones o enlaces. Es destacable que la metodología para analizar tramos de trenzado es completamente nueva.

También se dan criterios para evaluar el nivel de servicio para otros usuarios diferentes del vehículo, como ciclistas (en todas las infraestructuras excepto autopistas, claro) o peatones (en calles y algunas intersecciones). Finalmente, se introduce en todo el manual el concepto de Calidad de Servicio, diferente del Nivel de Servicio, que se mantiene desde la primera edición del manual, en 1965.

La edición 2010 se divide en 4 volúmenes, tres en papel (1: Conceptos, 2: Flujo ininterrumpido y 3: Flujo interrumpido) y el cuarto virtual, con clave de usuario, que contiene los ejemplos más complejos y las recomendaciones de combinación del Manual con otras herramientas de estudio del tráfico.

La jornada se orienta sobre todo a infraestructuras ininterrumpidas, autopistas (con grandes cambios), carreteras multicarril (sin grandes cambios), y carreteras de dos carriles (con novedades apreciables). Se pretenden dar un panorama general de los cambios, incidiendo en la diferencia entre nivel de servicio y calidad de servicio, así como en las novedades incluidas.

Asimismo se realizarán dos talleres con plazas limitadas para aprender a usar los métodos en la práctica en autopistas y carreteras de dos carriles.

Dirección técnica de la Jornada: Manuel Romana García, Profesor Titular. Uni-

dad Docente de Caminos y Aeropuertos. Departamento de Ingeniería Civil-Transportes, UPM; y Miembro de comité AHB40 del TRB (Highway Capacity and Quality of Service, encargado de redacción y edición del Manual de Capacidad). Presidente del Subcomité de carreteras de dos carriles, y miembro de varios subcomités.

### Programa técnico

08:45 • 09:00 Acreditaciones  
09:00 • 09:30 Acto de inauguración  
09:30 • 10:00 Introducción a la jornada, por D. Sandro Rocci, Presidente del Comité Técnico de Carreteras Interurbanas  
Sesión 1: Manual de Capacidad 2010  
Ponente General: D. Manuel Romana García

10:00 • 10:40 Revisión del contenido del Manual de Capacidad 2010  
10:40 • 11:20 Tramos básicos. Autopistas  
11:20 • 12:00 PAUSA CAFÉ  
12:00 • 12:40 Ramales de enlace  
12:40 • 13:20 Trenzados  
13:20 • 14:00 Autopista completa  
14:00 • 14:40 Dos carriles más multicarril, por D. Miguel Núñez Fernández, Dr. ICCP. Comunidad de Madrid  
Sesión 2. Taller práctico  
Director del Taller: D. Manuel Romana García

Se realizarán dos talleres con plazas limitadas para aprender a usar los métodos en la práctica en autopistas y carreteras de dos carriles.

Lugar: Laboratorio de Caminos y Aeropuertos, ETSICCP Madrid.

Número máximo de plazas: 20 alumnos por grupo.

Fechas: 1º Grupo: Jueves 17 de mayo.  
Horario: 16:00 • 19:30

2º Grupo: Martes 22 de mayo. Horario: 16:00 • 19:30

A medida que se vayan completando los grupos, se habilitarán nuevas convocatorias de las que se informará posteriormente.

Adjudicación de plazas por estricto orden de solicitud de inscripción.



Lugar, dirección y fechas: la jornada tendrá lugar el martes, 8 de mayo de 2012 en el Salón de Actos de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid. C/ Profesor Aranguren, s/n. 28040 Madrid

Secretaría de la jornada: Asociación Técnica de Carreteras. C/ Monte Esquinza, 24; 4º dcha. - 28010 MADRID. Tel.: (34) 91 308 23 18 - Fax.: (34) 91 308 23 19

E-mail: congresos@atc-piarc.com • www.atc-piarc.com

La inscripción se realizará a través de la página web: www.atc-piarc.com cumplimentando el cupón de inscripción editado al efecto (en letras mayúsculas) y remitiéndolo por correo, fax o correo electrónico.

#### Precio de la jornada:

- Socios Protectores: 1 plaza gratuita (resto 225 € + 18 % IVA)
- Socios Colectivos y siguientes plazas de Socio Protector: 225 € + 18 % IVA
- Socios Individuales: 240 € + 18 % IVA
- Resto de Asistentes: 250 € + 18 % IVA

#### Precio de jornada + taller:

- Socios Protectores: 1 plaza gratuita (resto 423 € + 18 % IVA)
- Socios Colectivos y siguientes plazas de Socio Protector: 423 € + 18 % IVA
- Socios Individuales: 441 € + 18 % IVA
- Resto de Asistentes: 450 € + 18 % IVA

# Jornada Técnica sobre Actuaciones sostenibles en la conservación de firmes

## Madrid, 5 de junio de 2012



El próximo 5 de junio de 2012 y en la sala Agustín de Betancourt del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, C/Almagro, nº42 de Madrid, tendrá lugar esta jornada, promovida por el Ministerio de Fomento, y organizada por la Asociación Técnica de Carreteras con la colaboración del citado Colegio.

### Presentación de la jornada

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

Por los, aproximadamente, 30000 km de calzadas que presenta la Red de Carreteras del Estado, de gestión directa, circula el 53,3% del tráfico total, y el 61% del tráfico pesado, siendo por tanto el viario vertebrador de la red nacional.

Cobran gran importancia las herramientas para la gestión de los firmes, como el inventario y los datos de la auscultación, para poder diagnosticar adecuadamente las soluciones, y poder planificar óptimamente los presupuestos disponibles. Por eso, se presentará también el documento de reciente publicación, la "Guía para la actualización del inventario de firmes de la Red de Carreteras del Estado" de la Dirección General de Carreteras del Mº de Fomento.

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

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

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

Se proporcionará a los asistentes la edición de la "Guía para la actualización del inventario de firmes de la Red de Carreteras del Estado".

### Dirección técnica de la jornada

La Dirección técnica de la jornada estará a cargo de: D. Álvaro Navareño, Consejero Técnico de la Subdirección de Conservación, de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento; y D.

Adolfo Güell Cancela, Jefe de la Unidad de Carreteras del Estado en Ourense, Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento.

### Programa técnico

09:00-09:30 Acreditaciones y entrega de documentación.

09:30 • 09:45 Acto de inauguración.

09:45 • 10:05 El inventario de firmes como herramienta de gestión, por D. Alvaro Navareño Rojo, Consejero Técnico de la Subdirección de Conservación, Dirección General de Carreteras. Ministerio de Fomento.

10:05 • 10:35 Guía para la actualización del inventario de firmes en la RCE, por Dª. María Esther Castillo Díez, Ing. Caminos, Canales y Puertos del Estado, Subdirección General de Conservación, Dirección General de Carreteras. Ministerio de Fomento.

10:35 • 10:55 Importancia de las comparativas de equipos de auscultación para la aplicación de criterios homogéneos, por D. Sixto Yanguas, Ing. Técnico de Obras Públicas. Centro de Estudios del Transporte (CEDEX).



Ministerio de Fomento.  
12:45 • 13:30 Mesa Redonda. Parámetros técnicos en la conservación de firmes. Aplicaciones prácticas.

Moderador: D. Adolfo Güell Cancela. DGC, Mº Fomento.

D. Alvaro Navareño Rojo. DGC, Mº Fomento.

Dª. Mercedes Gómez Álvarez. DGC, Mº Fomento.

D. Luis Azcue Rodríguez. S.G. Conservación, DGC, Mº Fomento.

D. Luis Ayres Janeiro. ImesAPI, S.A.

13:30 • 13:45 Acto de clausura

13:45 • 14:15 VINO ESPAÑOL

lapaginawebwww.atc-piarc.comocumplimentandoelcupóndeinscripcióndelfolleto editadoyremitiéndoloporcorreo,faxocorreoelectrónico.

La inscripción incluye:

- ejemplar de la Guía
- café en los descansos
- vino español
- certificado acreditativo de asistencia

### Precio de la jornada

PagoporTPV(Pagoenmediatocontarjeta de crédito):

- Socios Protectores: 1 plaza gratuita (resto 211,60 € + 18 % IVA)
- Socios Colectivos y siguientes plazas de Socio Protector: 211,60 € + 18 % IVA
- Resto de Asistentes: 230,00 € + 18 % IVA

### Otras formas de pago

- Socios Protectores: 1 plaza gratuita (resto 230 € + 18 % IVA)
- Socios Colectivos y siguientes plazas de Socio Protector: 230 € + 18 % IVA
- Resto de Asistentes: 250 € + 18 % IVA

10:55 • 11:15 PAUSA-CAFÉ  
11:15 • 11:45 Actuaciones de conservación de firmes en los contratos de Conservación Integral, por D. Luis Ayres Janeiro, Director Técnico de ImesAPI, S.A.

11:45 • 12:15 COLOQUIO

12:15 • 12:45 Actuaciones sostenibles en la conservación de firmes, por Dª. Mercedes Gómez Álvarez, Jefe del Servicio de Tecnología de Carreteras, Dirección Técnica-Dirección General de Carreteras.

### Secretaría de la jornada

Asociación Técnica de Carreteras.  
C/ Monte Esquinza, 24; 4º dcha. - 28010 Madrid (ESPAÑA). Tel.: (34) 91 308 23 18 - Fax.: (34) 91 308 23 19. E-mail: congresos@atc-piarc.com—www.atc-piarc.com  
La inscripción se realizará a través de

# RUTAS

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN TÉCNICA DE CARRETERAS

REVISTA DE LA A.I.P.C.R. ESPAÑOLA

Para información y suscripciones pueden dirigirse a:

Asociación Técnica de Carreteras  
Monte Esquinza, 24, 4.º Dcha. 28010 Madrid  
Tel.: 913082318 Fax: 913082319  
info@atc-piarc.com www.atc-piarc.com

Deseo suscribirme por un año a la revista **RUTAS**, cuyo importe es de 60,10 € para socios de la ATC y 66,11 € para no socios (+ 4% I.V.A. respectivamente)

Forma de pago:  Cheque  Domiciliación bancaria CCC nº \_\_\_\_\_  
 Transferencia a la CCC nº 0234 0001 02 9010258094

Nombre

Empresa  NIF

Dirección  Teléfono

Ciudad  C.P.  e-mail

Provincia  País

**Año 2012** Fecha  Firma

Nota: En los envíos no nacionales se cobran los gastos de envío



En la foto, Dña. Ana Pastor presentando el proyecto de Presupuesto de su Departamento para 2012, acompañada por D. Rafael Catalá y D. Mario Garcés, durante la conferencia de prensa del pasado 3 de abril de 2012

## Proyecto de Presupuesto 2012 del Ministerio de Fomento

**E**l 3 de abril de 2012, la Ministra de Fomento Ana Pastor presentó, acompañada por Rafael Catalá, Secretario de Estado de Infraestructuras, Transportes y Vivienda y Mario Garcés, Subsecretario de Fomento, el proyecto de presupuesto de su Ministerio para 2012, cuyos objetivos –y así lo subrayó la ministra– pasan por la consolidación fiscal y la consiguiente reducción del déficit público de acuerdo a las reformas estructurales que se están llevando a cabo (Ley de Estabilidad, y las reformas laboral, financiera y del sector público), así como la

creación de empleo y recuperación económica, todo ello por medio de la austeridad y reducción del gasto, una planificación realista y eficiente, la selección de proyectos prioritarios y una acción integrada de los organismos públicos.

El proyecto de presupuesto contempla una reducción del 9,8% en los gastos de personal y un 7,3% en los corrientes, con un incremento en la inversión del 4,8%.

Los recursos totales del Grupo Fomento ascienden a 20 104 millones de euros, un 8,62% menos que en 2011, de los que

11 928 (59%) se destinan a inversión (Capítulos 6, 7 y 8) y 8 176 millones de euros (41%) a gastos operativos, que incluyen gasto corriente, de personal, financiero y subvenciones.

La inversión total del Grupo Fomento (11 928 M€) se distribuye según se refleja en el cuadro 1.

### Carreteras

Dentro de la inversión por áreas, a carreteras se destinan 3 160 millones de euros



Gracias a la inversión de los 3160 millones de euros que se destinan a carreteras, se actuará sobre más de 1300 km de la Red de Carreteras del Estado

con los que se actuará sobre más de 1300 km de la RCE, y se pondrán en servicio aproximadamente 215 km de la RCE, de los que 170 km serán de autovías.

El desglose de la inversión se refleja en el cuadro 2.

Asimismo, la ministra de Fomento expuso todas y cada una de las actuaciones previstas tanto en construcción como en conservación, así como las actuaciones metropolitanas y que se reflejan en los cuadros 3, construcción de nuevos ejes de

Cuadro 1		
Ferrocarriles	6043 M€	(50,7%)
Carreteras	3160 M€	(26,5%)
Aeropuertos y seguridad aérea	1026,2 M€	(8,6%)
Vivienda	814,2 M€	(6,8%)
Puertos y seguridad marítima	784 M€	(6,6%)
Resto de inversiones	98,9 M€	(0,8%)

Cuadro 2		
Construcción	1268 M€	40%
Conservación	873 M€	28%
Expropiaciones	600 M€	19%
Concesiones	290 M€	9%
Convenios con otras Administraciones	129 M€	4%

gran capacidad y ampliaciones de capacidad; 4, en el que se reflejan las autovías en estudio y proyecto; y 5, actuaciones metropolitanas.

Más adelante y en lo relativo a conservación y seguridad vial, la ministra subrayó que se persigue una optimización del modelo de gestión para garantizar una adecuada nivel de servicio, y destacó la finalización de cinco tramos de las Autovías de primera

Cuadro 3

Construcción Nuevos ejes de gran capacidad y ampliaciones de capacidad	
Autovías de primera generación: concesiones contratadas.	
Autovía A-11 del Duero.	Autovía A-43 Extremadura-Valencia.
Autovía A-12 del Camino de Santiago.	Autovía A-48 Costa de la Luz.
Autovía A-14 Lleida-Sopeira.	Autovía A-49 del V Centenario: ampliación de capacidad.
Autovía A-15 de Navarra.	Autovía A-54 Santiago-Lugo.
Autovía A-2 del Noreste.	Autovía A-56 Ourense-Lugo.
Autovía A-21 Pamplona-Jaca.	Autovía A-60 Valladolid-León.
Autovía A-22 Lleida-Huesca.	Autovía A-62 de Castilla.
Autovía A-23 Sagunto-Zaragoza-Jaca.	Autovía A-63 Oviedo-La Espina-Canero.
Autovía A-26 entre Figueres y Llançá.	Autovía A-66 de la Plata.
Autovía A-27 Tarragona-Montblanc.	Autovía A-67: mejoras y ampliación de capacidad.
Autovía A-32 Linares-Albacete.	Autovía A-68 Vinaròs-Zaragoza-Miranda de Ebro.
Autovía A-33 Cieza- Font de la Figuera.	Autovía A-7 del Mediterráneo.
Autovía A-38.	Autovía A-73 Burgos-Aguilar de Campoo.
Autovías A-4 del Sur.	Autovía A-8 del Cantábrico.
Autovía A-40 Ávila-Maqueda-Cuenca-Teruel.	Tercer carril en la Y asturiana.
Autopista AP-9. Ampliación de capacidad.	

Cuadro 4

Autovías en estudio y proyecto
Autovía A-24 Daroca-Calatayud.
Autovía A-28 Tarancón-Guadalajara.
Autovía A-57.
Autovía A-59.
Autovía A-65 Palencia-conexión A-6.
Autovía A-72 Monforte-Chantada.
Autovía A-76 Ponferrada-Ourense.
Autovía A-81 Badajoz-Córdoba-Granada.
Autovía A-82 San Cibrao-Barreiros.
Autovía A-83 Huelva-Zafra.
Autovía Alcolea del Pinar-Monreal del Campo.
Autovía León-La Robla.
Autovía de conexión de la A-2 con la A-1.
Autovía de Segovia a la A-1 por la N-110.
Autovía Toreno-La Espina.
Autopista Dos Mares.
Autopista AP-37 Alicante-Murcia.
Autopista AP-36 La Roda-Chinchilla.
Autopista R-3 Perales-Tarancón.
Autopista R-5 Navalcarnero-Talavera de la Reina.

Cuadro 5

## Actuaciones metropolitanas

A Coruña: autovía de acceso AC-14 y acceso al puerto exterior.	Logroño: Prolongación de la Autovía LO-20 hasta el enlace de Recajo y conexión con la Autovía A-12.
Albacete: circunvalación Sur.	Lugo: desdoblamiento de la Ronda Norte.
Algeciras: acceso al puerto.	Madrid: plataformas reservadas para el transporte público; remodelación de enlaces en la M-40; mejora de la capacidad y funcionalidad de la M-40.
Alicante: acceso al aeropuerto.	Málaga: Tercer carril de la ronda Este; accesos Sur y Norte al aeropuerto; plataforma reservada para el transporte público y tercer carril en la A-7.
Almería: acceso al puerto.	Marbella: acondicionamiento de la travesía de San Pedro de Alcántara.
Barcelona: ronda Orbital B-40; enlace de Castellbisbal; conexión entre la Ronda Litoral y la autopista C-32; mejora del enlace del Prat de Llobregat; plataforma reservada para el transporte público Molins de Rei-avenida Diagonal; acceso al puerto de Barcelona.	Motril: acceso al puerto.
Burgos: ronda Noroeste.	Murcia: autovía del Reguerón; ampliación capacidad de las autovías A-7, MU-30 y A-30; arcos Norte y Noroeste de Murcia; autovía de conexión de la A-7 con la autovía del Reguerón (Zeneta-Santomera).
Cádiz: nuevo acceso, puente sobre la Bahía; enlace de Tres Caminos.	Ourense: variante Norte.
Castellón: duplicación de la variante.	Pontevedra: circunvalación; remodelación nudo de O'Pino; Red Arterial Nuevo Acceso Sur.
Ceuta: acondicionamiento carretera puerto-frontera del Tarajal.	Salamanca: acondicionamiento acceso norte.
Córdoba: variante Oeste y Ronda Suroeste (A-4).	Santander: ronda de la Bahía; distribuidor de La Marga.
Elche: circunvalación Sur.	Santiago de Compostela: paso inferior de Conxo; acceso al polígono de Tambre; ampliación de capacidad AC-11 avenida de Alfonso Molina.
Gandía: acceso al puerto; duplicación de variante.	Segovia: conversión en autovía de la SG-20.
Gijón: acceso al puerto de El Musel.	Sevilla: Circunvalación SE-40; tercer carril A-4 entre SE-40 y aeropuerto; remodelación del enlace de la Pañoleta y accesos a Camas.
Girona: puente sobre el río Ter.	Tarifa: acceso al puerto.
Granada: Circunvalación exterior A-44; Autovía de acceso GR-43.	Tarragona: reordenación de accesos en la carretera T-11 al aeropuerto; cierre del 2º cinturón de Tarragona.
Guadalajara: variantes de la N-320 y de la A-2.	Valencia: ampliación de capacidad y mejora de las autovías A-3, V-21, V-30, V-31 y del by-pass de la A-7.
Huelva: duplicación de la N-442, puente sobre el río Tinto y acceso al puerto.	Valladolid: ronda exterior Este; ronda Sur; ronda Oeste.
Huesca: variante Sur y acceso al aeropuerto.	Vigo: acceso al aeropuerto desde la AP-9; Autovía A-52, tramo Vigo-Porriño.
León: acceso Sur; Remodelación de la ronda Este y conexión de la autovía A-60.	Zaragoza: ampliación de capacidad y mejora de enlaces en la ronda Norte.

Cuadro 6

Noroeste	1217,39 M€
Norte	1080,45 M€
Mediterráneo	1342,26 M€
Sur	45,33 M€
LAV Madrid-Extremadura-Frontera Portuguesa	135,84 M€
LAV Madrid-Levante	36,33 M€
Conexión en ancho UIC Atocha-Chamartín	149,52 M€
Corredor Navarro de Alta Velocidad (Zaragoza-Pamplona) (proyectos):	2,95 M€

generación en los ejes A-1, A-2 y A-4.

Para finalizar la política de carreteras, también informó que se destinarán 600 millones para pagar expropiaciones de ejercicios anteriores, ya que muchos de los tramos que motivaron estas expropiaciones están ya en servicio, mientras que las fincas

fueron ocupadas desde antes de 2002 y corresponden a obligaciones reconocidas de 2007 en adelante.

Igualmente, Ana Pastor declaró que el ministerio asumirá el pago de los 250 millones de euros de obra ejecutadas en 2011 y pendientes de abono, y pagará liquidacio-

nes de obra ya en servicio por importe de 250 millones de euros.

### Otras áreas

Con el fin de informar, aunque de forma muy reducida, del resto del proyecto de presupuesto, presentamos un breve resumen por distintas áreas.

Las inversiones en ferrocarril ascienden a 5961 millones de euros, repartidos en 4187 para alta velocidad, 28,5 para cercanías, 367,4 a la red convencional, 740 para mantenimiento y 221,8 para material móvil, y, finalmente, 415,6 millones de euros para otros conceptos.

Para los Corredores y Líneas de Alta Velocidad, se destinan las cantidades que



Según el proyecto de presupuestos, en el año 2012 se pondrán en servicio más de 170 km de autovías

aparecen en el cuadro 6.

Encuanto a aeropuertos y seguridad aérea, el Grupo Aena invertirá en 2012 un total de 1015,8 millones de euros (17% menos que en 2011) que se destinarán fundamentalmente a la Ampliación y modernización de los sistemas aeroportuarios y de navegación aérea bajo los criterios de rentabilización de inversiones y realizadas, puesta en valor de las infraestructuras existentes, el mantenimiento de los máximos niveles de seguridad, la consecución de la sostenibilidad medioambiental y la innovación y eficiencia energética, destacando entre las principales actuaciones la puesta en servicio de la segunda pista de vuelo de Málaga, la pista de Vuelo de A Coruña, el edificio terminal de Gran Canaria y Vigo, el nuevo diseño de espacio aéreo (programa CAELUS) y el desarrollo del Sistema Automatizado de Tráfico Aéreo (SACTA), etc.

El presupuesto total de inversiones para puertos y seguridad marítima asciende a 784 M€, manteniéndose todas las obras portuarias actualmente en fase de ejecución, destacando la rehabilitación y atraques en la nueva dársena de Langosteira en el Puerto de Coruña, la terminación de las obras en Isla Verde en el Puerto de Algeciras, la nueva Terminal de contenedores de Cádiz, los nuevos muelles en el puerto de Ibiza, la Terminal de contenedores del Prat en el Puerto de Barcelona, el nuevo puerto de Granadilla en Tenerife, las obras de abrigo de la nueva dársena del puerto de Valencia.

Ya dentro de las subvenciones al transporte, los residentes no peninsulares mantienen el derecho a percepción de bonificaciones al transporte aéreo y marítimo en condiciones iguales a años anteriores. Por otro lado, el ajuste presupuestario respecto

años anteriores ha sido inferior al porcentaje de reducción media del Ministerio y se aplicarán mejoras de gestión. Además, se incluyen las partidas presupuestarias para compensaciones por Obligación de Servicio Público en: Cuatro rutas aéreas intracanarias, ruta aérea entre Menorca y Madrid y las líneas marítimas Algeciras-Ceuta; Málaga-Melilla; Almería-Melilla y Península-Canarias

Finalmente, en vivienda, se mantienen los programas y subvenciones asociados a las distintas líneas del Plan de vivienda (576 M€): renta de emancipación, subvención del tipo interés y ayuda a la entrada. Además, se desarrollarán Convenios con las Comunidades Autónomas (193 M€) en materia de rehabilitación y alquiler. ❖

## Adjudicaciones

### A-66 Autovía de la Plata

El viernes 30 de marzo de 2012, el Ministerio de Fomento adjudicó al consorcio formado por las empresas Cintra, Accionay el fondo Meridiam, las obras de la autovía A-66 entre Benavente y Zamora, en un tramo de 49 km que, una vez finalizado, supondrá el cierre de la autovía de la Plata que comunica Gijón y Sevilla. El plazo de ejecución de las obras es de 24 meses.

El valor total de la operación asciende a 998 millones de euros (IVA incluido), después de que la adjudicataria ofertara un 26,37% de baja en el canon, y se ejecutará por el procedimiento de pago por disponibilidad, dentro de la política de colaboración público-privada que el ministro Ana Pastor viene fomentando desde su incorporación al Ministerio de Fomento.

Este sistema incluye la construcción de la autovía y su posterior conservación y explotación durante un periodo de 30 años, a partir de la formalización del contrato.

Como contrapartida, la Administración queda obligada a realizar un pago mensual por disponibilidad y llevará a cabo mediciones de contraste en su labor de inspección y control.

Meridiam Infraestructuras es un fondo perteneciente a Credit Agricole y a la ingeniería Aecom Technology y este es su primer contrato con el Ministerio de Fomento.

#### Tramos del proyecto

Los 49 km del tramo adjudicado por el Ministerio de Fomento corresponden a tres proyectos de construcción:

- Tramo A-6 (Castrogonzalo-Santovenia), de 14,3 km.
- Tramo Santovenia-Fontanillas de Castro, de 17,8 km.
- Tramo Fontanillas de Castro-Zamora, de 16,9 km.

El trazado de la autovía discurrirá lo más próximo posible a la actual carretera N-630, para minimizar las afecciones ambientales, contará con dos calzadas de dos carriles con mediana de 10 m y tendrá 5 viaductos, 28 pasos superiores y 17 pasos inferiores, así como con 8 enlaces.

El trazado dispone de Declaración de



Impacto Ambiental desde el 14 de febrero de 2007. Las medidas de protección ambiental suponen en torno al 11 por ciento de la inversión de la obra, destacando la disposición de numerosos pasos de fauna y la reposición de vías pecuarias.

El tramo de la A-66 entre Benavente y Zamora era el único de toda la ruta de la Plata (entre Gijón y Sevilla) que no tenía en la actualidad características de autovía o autopista.

La Autovía A-66, la segunda con trazado más largo de España, se conforma como un eje que permite comunicar el oeste peninsular con los puertos del norte y el sur, y facilita sensiblemente los trayectos entre el centro de la Península Ibérica y Asturias, al ser la vía de entrada al Principado desde el interior. Las localidades más destacadas por las que transcurre son, de norte a sur: Gijón, Oviedo, Mieres, León, Benavente, Zamora, Salamanca, Béjar, Plasencia, Cáceres, Mérida, Almendralejo, Zafra y Sevilla. La A-66 coincide con las siguientes Rutas Europeas: la E-70 entre Gijón y Serín, la E-80 entre el norte y el oeste de Salamanca, la Ruta Europea E-803 entre Salamanca y Sevilla, y, por último, la E-90 entre el norte y el oeste de la ciudad de Mérida.

### Conservación

El Ministerio de Fomento adjudicó, el 29 de marzo de 2012, diversas obras de conservación y explotación en las carreteras A-3, N-III, V-11 y la N-220, todas ellas en la provincia de Valencia, a la Unión Temporal de Empresas (UTE) formada por Asfaltos y Construcciones Elsan y Torrescámara y Cía. de Obras, S.A. con un importe total aproximado de 8,46 millones de euros.

Los tramos objeto del contrato, pertenecientes a la Red de Carreteras del Estado en la provincia de Valencia, son los siguientes:

- A-3, entre los pp.kk. 297,450 al 352,050.
- N-III, del p.k. 293,300 al 307,000; V-11, del p.k. 0,000 al 1,650.
- N-220, del p.k. 0,000 al 2,000.

Así mismo y también el jueves 29 de marzo, el Ministerio de Fomento adjudicó diversas obras de conservación y explotación en varios tramos de las carreteras A-8, N-634 y N-632, todos en el Principado de Asturias.

Las obras se adjudicaron a la Unión Temporal de Empresas (UTE), formada por Mantenimiento de Infraestructuras, S.A. y Alvar González Contratas, S.A. con un presupuesto total de 6,85 millones de euros.

Los tramos objeto del presente contrato de adjudicación de la Red de Carreteras del



El Ministerio de Fomento adjudicó, entre el 29 de marzo y el 7 de abril, obras de conservación y explotación en las provincias de Valencia, Lleida, Badajoz y Principado de Asturias por un coste aproximado a los 21,27 millones de euros

Estado en Asturias son:

- A-8 (22,5 km en el tramo Unquera – Llanes y del p.k. 302,550 al 344,000, en el tramo Llanes – Colunga.
- N-634, del p.k. 280,290 al 302,550.
- N-632, del p.k. 0,000 al 13,615.

Posteriormente, el 31 de marzo de 2012, también adjudicó diversas operaciones de conservación y explotación en varias carreteras en la provincia de Lleida, por un importe de 4,21 millones de euros.

Las obras se llevarán a cabo en el tramo entrada a Sort – intersección N-230 (El Pont de Suert) de la N-260, también conocida como Eje Pirenaico, del p.k. 278+750 al p.k. 347+225, en la provincia de Lleida. También estarán incluidos todos los tramos residuales utilizados como caminos, vías de servicio y demás vías de titularidad estatal, así como los siguientes túneles:

- Costoia, pp.kk. 289,800 al 290+260.
- Arboló, del p.k. 291+100 al p.k.

291+778.

- Cartanís, del p.k. 295+430 al p.k. 295+830.
- L'Argenteria, del p.k. 297+830 al p.k. 298+298.
- Sant Pere de Les Maleses, del p.k. 299+760 al p.k. 300+901.
- Erinyà, del p.k. 314+400 al p.k. 315+050.
- La Mola, del p.k. 325+475 al p.k. 625+566.
- Bellera (falso túnel), del p.k. 326+225 al p.k. 326+319.
- Viu, del p.k. 339+150 al p.k. 339+180.
- Lavaix, del p.k. 345+690 al p.k. 345+830.

Finalmente, el Ministerio de Fomento adjudicó el pasado 7 de abril operaciones de conservación y explotación en varias carreteras en la provincia de Badajoz. El importe de adjudicación del contrato es de 4,75 millones de euros.

Los tramos objeto del contrato son to-

dos los de carreteras de la Red de Carreteras del Estado comprendidos en el Sector BA-1 de conservación de la provincia de Badajoz. Por tanto, los tramos principales en servicio son:

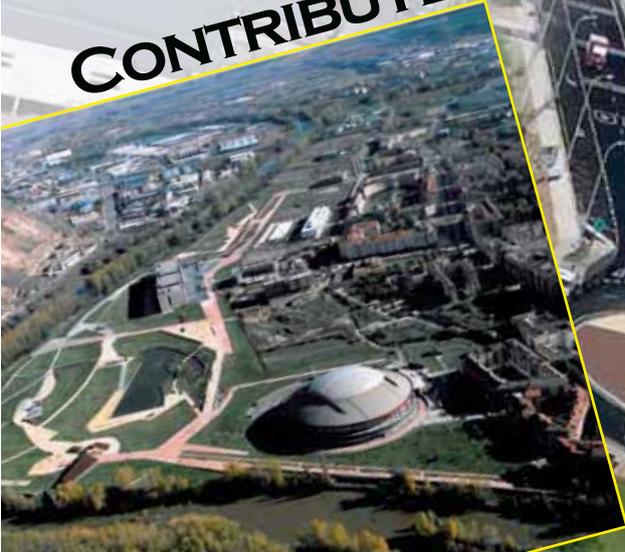
- N-430 (p.k. 84+000 al 203+400),
- N-430a (p.k. 167+000 al 167+850 y 182+600 a 194+300),
- N-502 (p.k. 189+940 al 244+000 y 262+500 a 264+030). ❖



REMEDIACIÓN DE LA CTRA.  
LR-131 Y NA-134 ENTRE EL P.I.  
CANTABRIA Y P.I. LAS CANAS

# Riojana de Asfaltos

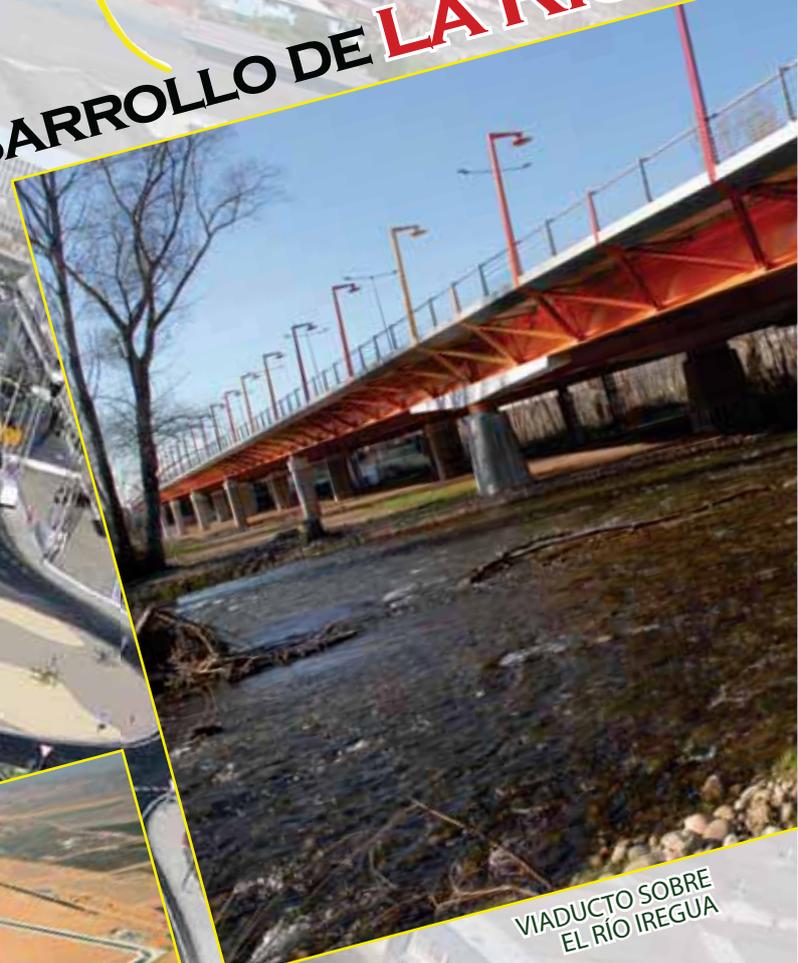
## CONTRIBUYENDO AL DESARROLLO DE LA RIOJA



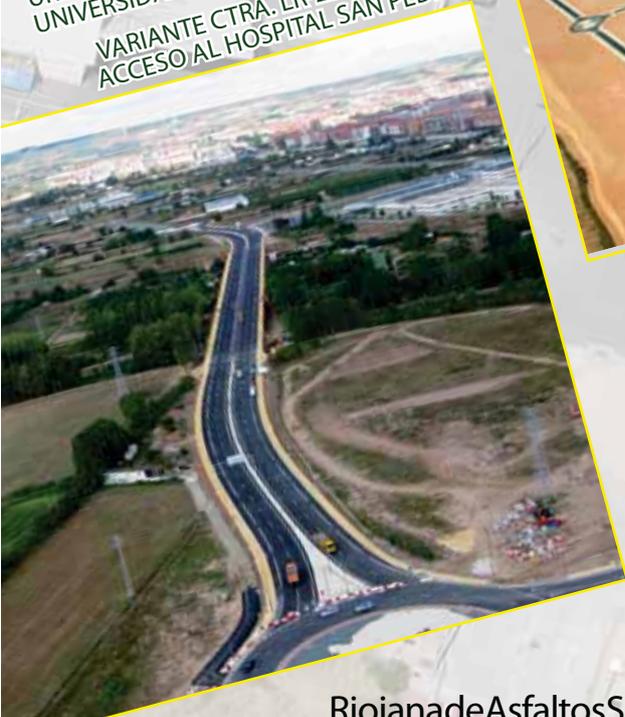
URBANIZACIÓN DEL ENTORNO DE LA  
UNIVERSIDAD Y PARQUE DE LA RIBERA  
VARIANTE CTRA. LR-250 Y NUEVO  
ACCESO AL HOSPITAL SAN PEDRO



POLIGONO  
INDUSTRIAL LA  
MAJA (ARNEDO)



VIADUCTO SOBRE  
EL RÍO IREGUA



URBANIZACIÓN  
DEL SECTOR  
EL CAMPILLO DE  
LOGROÑO  
(LA RIOJA)

RiojanadeAsfaltosS.A.  
Carretera de Pamplona, Km 1  
26006 Logroño (La Rioja)  
T: 941 251 989 F: 941 251 032  
ra@riojanadeasfaltos.com

## Presentación del libro "Las autopistas de peaje en España"

El pasado 27 de marzo y en el Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid, tuvo lugar la presentación del citado libro, en un acto que contó con la presencia del Secretario General de Infraestructuras del Ministerio de Fomento, D. Gonzalo Ferre; el Vicepresidente del CICC, D. Juan Lazcano; el Presidente de ASETA, D. José Luis Feito; los directores del libro, D. José María Morera y D. Joaquín Prior; y el editor del libro, D. Javier de Juan.

En el acto, y entre otras afirmaciones, el Sr. Ferre aseguró que su departamento tiene decidida la reforma del sector concesional español y que apostará por ella, para lo que ha propuesto varias alternativas a la Comisión Delegada del Gobierno para Asuntos Económicos, que dirige el presidente Rajoy, con el objeto de que se estudie cuál es la mejor fórmula. Para Ferre, hasta ahora se han puesto sólo parches a la situación de algunas de estas autopistas y ahora toca una reforma de verdad y en profundidad. Asimismo, aseguró que en las próximas licitaciones que prepara su departamento se limitará el riesgo de las expropiaciones y el del tráfico para hacerlas viables y que no se repitan los errores de épocas pasadas.

Por su lado, tanto el presidente de la Confederación Nacional de la Construcción (CNC) y vicepresidente de CEOE, Juan Lazcano, como el presidente de la patronal de concesionarias ASETA, José Luis Feito, opinaron que la financiación de este tipo de vías es insostenible por lo que se debe abogar por implantar el pago por su uso, ya que en opinión del Sr. Feito "el sector vive un equilibrio inestable e ineficiente que ha impedido que exista un sistema de precios que pueda regular la congestión". Además, también afirmó que es imposible financiar presupuestariamente una red de alta capacidad como la española, además de 12000 km, que el año pasado, según sus palabras, apenas recibió un 5% del presupuesto necesario para su mantenimiento. Asimismo, el Sr. Lazcano fue de la misma opinión, asegurando que España se juega con ello su prestigio, ya que la tasa por uso de las

infraestructuras sería una oportunidad para armonizar la red de alta capacidad.

El libro, que fue promovido por ASETA, Asociación de Sociedades Españolas Concesionarias de Autopistas, Túneles y Puentes de Peaje, aspira a convertirse en referente obligado para todos los que quieran conocer en profundidad el sector concesional español.

El libro, que contiene un análisis exhaustivo del sector concesional en el último medio siglo, se inicia con la exposición detallada de sus antecedentes, de su evolución y de los principales avatares históricos hasta llegar a la situación actual, exponiéndose después un análisis crítico de la normativa que regula las autopistas de peaje y de las características de las concesionarias españolas, incluyendo las nacionalizaciones ocurridas a lo largo de la historia, así como la problemática del rescate y extinción de las concesiones, para concluir con sendos epígrafes sobre la normativa de construcción y los sistemas de explotación de estas autopistas.

En la segunda parte se analizan y presentan las instituciones relacionadas con la actividad concesional -ASETA y la Delegación del Gobierno- y se estudia con detalle la aportación de la autopistas de peaje al desarrollo de España, explicándose los principales asuntos pendientes en el universo concesional español, como es el caso de la euroviñeta y de la necesidad de alcanzar un modelo armónico para nuestra red viaria, concluyendo con la exposición de lo que ha significado la exitosa exporta-

ción de este producto concesional al resto del mundo por parte de las empresas españolas.

Lastres partes restantes está dedicada sucesivamente a analizar en detalle los grupos gestores de infraestructuras españolas y las sociedades concesionarias actualmente existentes. El libro se cierra con unos anexos de gran interés que aportan las cifras más significativas del sector desde sus inicios hasta ahora y las principales modificaciones habidas históricamente en la normativa que les afecta.

La elaboración de este trabajo ha sido posible gracias a la fuerza y dedicación de numerosos profesionales del sector, que se detallan al final del libro, bajo la coordinación y dirección de dos reputados profesionales de la ingeniería: José M<sup>a</sup> Morera y Joaquín Prior.

Durante decenios el crecimiento de nuestro país se ha basado en una enorme disponibilidad de recursos públicos incrementados además por los fondos europeos que han correspondido a España y que han permitido disponer de una potente red de carreteras de alta capacidad. Sin embargo se ha perfilado un modelo asimétrico y poco armónico de esa red viaria que ahora, y desde el inicio de la crisis en 2007, presenta enormes dificultades de mantenimiento y que debe ser reconducido a modelos similares a los desarrollados en todos los países que nos rodean, en los que se ha apostado decididamente por el pago por uso. ❖



Según informa la empresa, el 22 de marzo de 2012 Ferrovial Agroman, a través de su filial Cintra Infraestructuras, en consorcio al 50% con SNC Lavalin, ha sido seleccionada por Infrastructure Ontario y el Ministerio de Transporte de Ontario, como "Preferred Proponent" para realizar el diseño, construcción, financiación y mantenimiento de la primera fase de la extensión hacia el Este de la autopista 407 en Ontario, Canadá.

los 2000 millones de libras (2425 millones de euros) de facturación. El contrato incluirá mediante un programa quinquenal obras de mejora de las infraestructuras urbanas de la ciudad, así como su mantenimiento durante 25 años. La filial de Ferrovial Servicios se responsabilizará de 1900 km de carreteras, 68000 farolas, 500 semáforos, 600 puentes y otras estructuras, 2400 muros de contención, y 35000 árboles en los márgenes de las carreteras en toda la ciudad.

tral, y del negocio de aparcamientos.

Por su lado, el Grupo OHL y la Compañía Española de Financiación del Desarrollo (COFIDES) han llegado a un acuerdo para el apoyo financiero de esta última en la concesión de la Autopista Urbana Norte, que OHL México desarrolla actualmente en México DF con el 100% de su capital.

El acuerdo supone la entrada de COFIDES, con recursos del fondo estatal FIEX, en la concesionaria Autopista Urbana Norte mediante una financiación estructurada que implica una toma de participación en el capital de la sociedad. La operación fue firmada hoy por el presidente de COFIDES, Salvador Marín Hernández, y el consejero delegado de OHL Concesiones, Juan Osuna. En la firma estuvieron presentes también el secretario de Estado de Comercio, Jaime García-Legaz, y el presidente del Grupo OHL, Juan-Miguel Villar Mir.

COFIDE aportará hasta un máximo de 25 millones de euros, capital que desembolsará a medida que los fondos se sean necesarios para el desarrollo de la concesión, sin que su participación en Autopista Urbana Norte supere el 12%.

OHL México tiene una opción de compra sobre la participación de COFIDE a partir del segundo año desde el primer desembolso de esta entidad y la obligación de hacerlo desde el quinto año de dicho desembolso.



La primera fase de la "Highway 407 East Extension" incluye una prolongación de 20 kilómetros, de la autopista 407 desde su actual final hasta Harmony Road en Whitby/Oshawa. Comprende, además, la conexión con la autopista 401, a través de un nuevo enlace de 10 km, y 5 km de realineación de la autopista 401. El período de concesión de la nueva infraestructura es de 30 años desde el inicio de la operación, previsto para finales de 2015.

El proyecto "Highway 407 East" será una autopista de peaje explícito. La provincia de Ontario fijará las tarifas y recaudará los ingresos, mientras que la concesionaria será remunerada a través de la fórmula de 'pago por disponibilidad'.

En los próximos meses se espera alcanzar el cierre financiero del proyecto. Los trabajos de construcción serán dirigidos por Ferrovial Agroman y su socio SNC-Lavalin.

Por otro lado, también informa que el pasado 11 de abril, el Ayuntamiento de Sheffield (Inglaterra) ha anunciado que Ferrovial Servicios, a través de su filial Amey, ha sido seleccionada como 'preferred bidder' para el contrato de mantenimiento de sus infraestructuras urbanas, un proyecto que alcanza

Asimismo, Acciona informa que ha cerrado el ejercicio 2011 con una cifra de negocio de 6646 millones de euros, superior en un 6,1% a la registrada el año pasado, y un Ebitda de 1312 millones de euros, lo que representa un incremento de un 8,3% respecto al cierre del año anterior. El beneficio neto atribuible aumentó un 20,8%, hasta los 202 millones de euros.

Estos resultados reflejan una positiva evolución de los negocios estratégicos de la compañía, especialmente Energía e Infraestructura. Los resultados de Acciona Energía se han visto favorecidos por la evolución de los precios del mercado eléctrico durante 2011, el mayor factor de carga eólico internacional y la contribución de los 701 MW instalados en el ejercicio. Por su parte, la internacionalización de Acciona Infraestructuras ha permitido mejorar su cifra de negocio el 12,9% y su Ebitda el 5,6%.

A esta buena evolución de los negocios, se suman las plusvalías, por importe de 280 millones de euros, obtenidas por la estrategia de rotación de activos de la compañía, fundamentalmente por la venta de dos concesiones chilenas, las autopistas "Américo Vespucio Sur" y "Red Litoral Cen-



La concesión Autopista Urbana Norte fue adjudicada por el Gobierno del DF a OHL México en junio de 2010, con un plazo de 30 años desde su puesta en operación. Consiste en el desarrollo del tramo norte de 9 km del segundo episodio del anillo periférico en la Ciudad de México. Aunque la mayor parte consistirá en un viaducto elevado de doble cuerpo, con tres carriles por calzada, incluye la ejecución de un túnel de 1,5 km para la preservación ambiental de la zona del Bosque de Chapultepec.

Autopista Urbana Norte ya tiene en servicio dos tramos, con más de 2,5 km de troncal y cinco ramales con una longitud de 1,6 km, abiertos al tráfico en el último trimestre de 2011. Esta autopista se conecta con otra autopista urbana, el Viaducto Bicentenario, que OHL Concesiones construyó y gestiona en el Estado de México.

Copisa informa que se ha abierto al tráfico la Circunvalación de la ciudad de Caransebes, Caras Severin, en Rumanía, obra construida por esta empresa. La obra se desarrolló en el județ de Caras-Severin, afectando al término municipal de Caransebes, a 100 km aproximadamente de la ciudad de Timisoara, enlazando a la carretera DN6, la cual pasa a formar parte del nuevo tramo, con el comienzo en el km 451+300 del anterior trazado y el fin en el km 458+740.

El trazado en planta se desarrolla en sentido sur-norte durante los primeros 9 km y este-oeste durante los 3 km finales. Circunvala por el lado Este el municipio de Caransebes, con un recorrido de casi 12,1 km. Cuenta con varios viaductos asociados a las vías del ferrocarril CF 900 y CF 917, a la carretera DN68 y a varios cauces fluviales, siendo los más importantes los de los ríos Timis, Mare, Potoc y Sebes.

Se ha dispuesto cinco enlaces para el acceso al viario existente y al núcleo urbano de Caransebes.

Con objeto de garantizar la permeabilidad de los caminos que cruzan y los accesos a las propiedades colindantes se han dispuesto una serie de caminos transversales o paralelos a la traza y estructuras de diferente tipología.

La sección tipo de la carretera se corresponde con una carretera con calzada de 7,0 m de ancho, con un carril por sentido de 3,50 m de ancho y arcenes laterales de 1,75 m. Esta sección se aplica a toda la longitud excepto las zonas de intersecciones o enlaces.

También, damos cuenta de recientemente, Provilsa (Promoción de Viviendas, Infraestructuras y Logística, S.A.) adjudicó a la UTE formada por San Jose Constructora (60 por ciento) y Padecasa (40 por ciento) la ejecución de las obras de modernización de las carreteras LE-133 Destriana - LE-125 en la provincia de León.

En otro orden de cosas, el 13 de abril de 2012, IDOM inauguró su nueva sede corporativa en Madrid. El acto oficial celebrado en

las nuevas instalaciones de la compañía estuvo presidido por la presidenta de la Comunidad de Madrid, Esperanza Aguirre, y contó con la asistencia de más de 900 invitados, entre clientes, profesionales, colaboradores, máximos responsables institucionales y el propio equipo humano de la empresa. Aprovechando esta oportunidad, el Presidente de IDOM, Fernando Querejeta, expresó su reconocimiento a todas las personas, empresas, entidades y organizaciones que, a lo largo de estos años, han participado o colaborado con su proyecto empresarial.



Acompañaron a la Sra. Aguirre, entre otros altos cargos del Gobierno autonómico y del Ayuntamiento de Madrid, Percival Manglano, y la consejera de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, Anabel Mariño.

La nueva sede de IDOM ha supuesto una inversión de más de 35 millones de euros y ha sido concebida por un equipo multidisciplinar dirigido por Jesús M<sup>a</sup> Susperregui, director de ACXT (la firma de arquitectura del grupo IDOM). El concepto utilizado ha supuesto un salto cualitativo esencial en términos de eficiencia energética, confort interno y ahorro de agua.

Fundada en 1957 por el ingeniero Rafael Escolá, IDOM es hoy una empresa multidisciplinar, integrada por 2500 profesionales distribuidos en un treinta de oficinas, la mitad de ellas en el extranjero. La cifra de negocios del grupo IDOM en el ejercicio 2011 fue de 300 millones de euros. Desde hace años, IDOM se ha planteado unos exigentes objetivos de crecimiento e internacionalización, y, además de las oficinas españolas (Madrid, País Vasco, Cataluña, Aragón, Galicia, Valencia, Murcia, Canarias, Baleares, Navarra y Andalucía), cuenta con oficinas en Bélgica, Brasil, Canadá, Chile, Colombia, Estados Unidos, Emiratos Árabes, Marruecos, México, Polonia, Portugal, Reino Unido y Rumanía. Su volumen de negocio internacional supera actualmente el 60% de la facturación del grupo empresarial.

Finalmente, Isolux Corsán informa que ha finalizado el tramo II de la Vía Ártabra de A Coruña, que une los núcleos urbanos de Meirás y Veigue. Las obras, iniciadas en 2009, han contado con una inversión de 9,42 millones de euros y han sido ejecutadas por Corsán-Corviam Construcción en UTE con Antalsis.

La apertura al tráfico de esta obra representa un hito importante en la región, ya que resuelve uno de los capítulos más extensos en la historia de la comarca en cuanto a infraestructuras se refiere. La Vía Ártabra, cuya denominación oficial es VG-1.3, tiene por objeto la conexión de A Coruña con los ayuntamientos limítrofes de Oleiros, Sada y Cambre.

El acto inaugural contó con la presencia de las máximas autoridades autonómicas y locales, como el presidente de la Xunta de Galicia, Alberto Núñez Feijóo; el conselleiro de Medio Ambiente, Territorio e Infraestructuras, Agustín Hernández; y los alcaldes de la comarca, Ernesto Anido, alcalde de Sada; y Ángel García Seoane, alcalde de Oleiros. Representando a la compañía asistió el presidente de Corsán-Corviam Construcción, Francisco José García Martín; el director general de Corsán-Corviam Construcción, Antonio Gracia Cebollada; y el director general de construcción, Antonio González Torralbo.

El Tramo II de la Vía Ártabra parte del Enlace de Os Tornos, en Meirás, y finaliza en la carretera autonómica de la costa AC-163, donde a través de una nueva glorieta conectará con el tramo de bajada al Puerto de Lorbé.



Diseñada para una velocidad de proyecto de 80 km por hora, la nueva infraestructura tiene una longitud de 3,2 km y está formada por dos carriles de 3,50 m, sendos arcenes de 2,5 m y bermas de 0,5 m. Asimismo, completa el proyecto la ejecución de dos pasos superiores y un viaducto de dos vanos. ❖



**DISEÑO GRÁFICO**   **REPROGRAFÍA**   **IMPRESIÓN**  
**EDICIÓN LIBROS Y REVISTAS**   **PAPELERÍA**

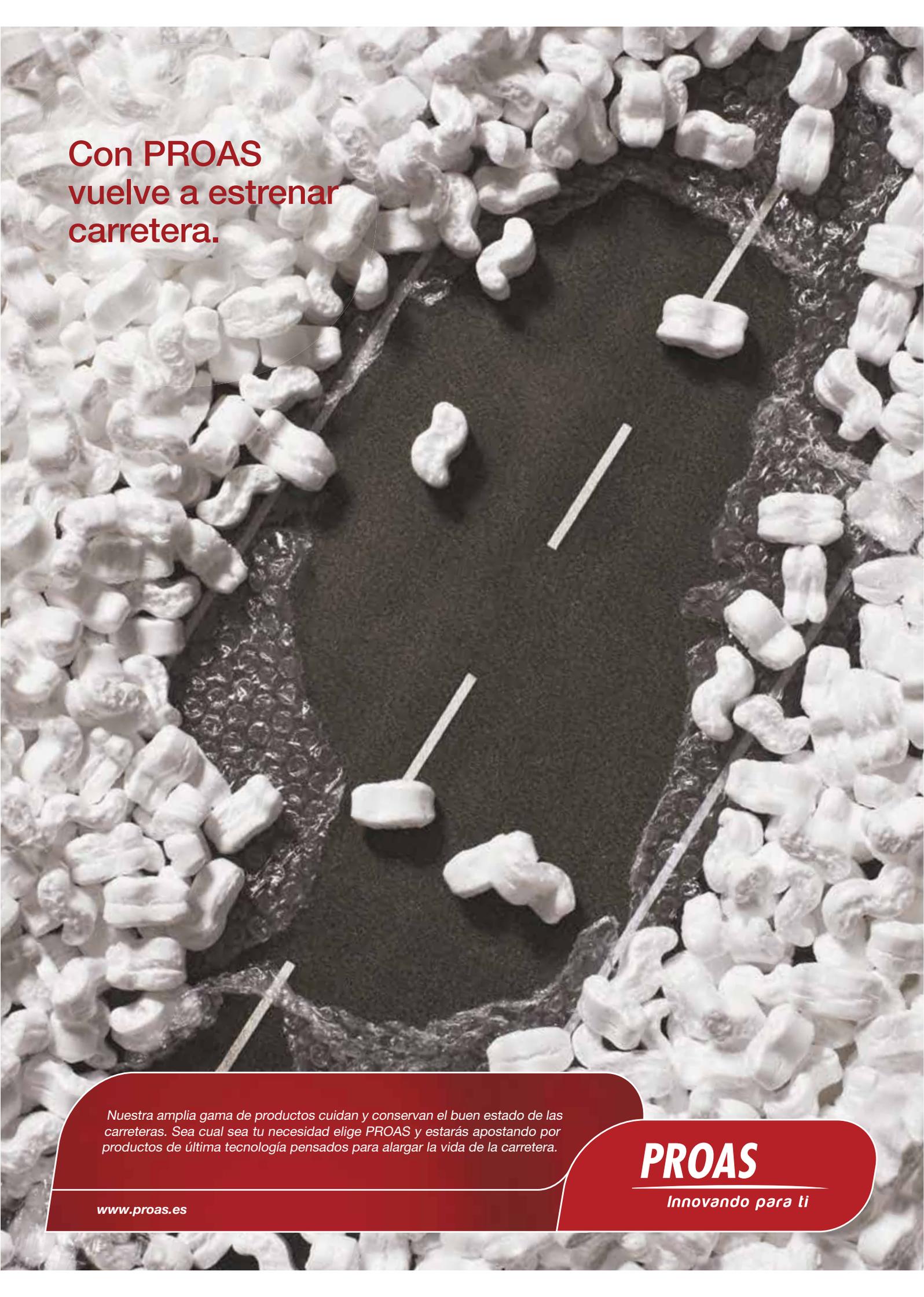


con el viento de popa y fijado el rumbo

[sic@sicrd.es](mailto:sic@sicrd.es) - [www.sicrd.es](http://www.sicrd.es)

C/. Eduardo Costa, 21, L8 - Minicentro El Bulevar Torreldones ESTACIÓN  
28250 MADRID - Apdo. Correos 116

Tels: 918 591 112 - 609 693 592 - Fax: 918 592 402

An aerial photograph of a road at night, showing a dark asphalt surface with white dashed lane markings. The road is bordered on both sides by a thick layer of white, reflective PROAS markers. Several individual markers are also placed on the road surface, some with thin white lines extending from them, illustrating their placement and function.

Con PROAS  
vuelve a estrenar  
carretera.

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

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

**PROAS**

*Innovando para ti*