



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



# RUTAS

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN TÉCNICA DE CARRETERAS

Nº 168  
JULIO - SEPTIEMBRE  
2016

ISSN 1130-7102  
Revista Trimestral

Entrevista con

**Patrick Malléjacq**

Secretario General  
Asociación Mundial de  
la Carretera, PIARC

## RUTAS TÉCNICA

Instalaciones fijas de fabricación de  
mezclas bituminosas recicladas

Efecto de la temperatura en pavimentos  
de hormigón no armado de la  
Instrucción 6.1-IC y su afcción a la  
regularidad longitudinal

La Huella de Carbono y su aplicación a la  
vialidad invernal

## NOTICIAS ATC

Curso de formación de Operadores de  
Centro de Control de Túnel de Carretera  
2016

Jornada Comités Técnicos ATC-PIARC  
"de Seul a Abu Dabi"



# 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:





## Tribuna Abierta

- 3** Una nueva infraestructura para mejorar la movilidad y la seguridad en España  
Manuel Romana García

## Entrevista

- 4** Patrick Malléjacq  
Secretario General  
Asociación Mundial de la Carretera, PIARC



## Rutas Técnica

- 8** Instalaciones fijas de fabricación de mezclas bituminosas recicladas  
*Fixed Manufacturing Facilities for Recycled Asphalt Mixes*  
Anna Paris Madrona, Francisco José Lucas Ochoa y Julio José Vaquero García
- 16** Efecto de la temperatura en pavimentos de hormigón no armado de la Instrucción 6.1-IC y su afección a la regularidad longitudinal  
*Effects of Temperature on Jointed Plain Concrete Pavements of the 6.1-IC Standard, and its Reflection on Roughness*  
Jesús Díaz Cuevas



- 26** La Huella de Carbono y su aplicación a la vialidad invernal  
*The Carbon Footprint and Its Application To Winter Maintenance*  
Grupo de Trabajo de Sostenibilidad, Comité de Vialidad Invernal

## Cultura y Carretera

- 36** El futuro de la caminería  
*The Future of Wayfaring*  
Prof. Dr. ICCP Jesús Alonso Trigueros

## Actividades del Sector

- 42** XII Congreso de Ingeniería del Transporte (CIT 2016) en Valencia
- 46** Jornada sobre *Mobility as a Service*



## PIARC

- 50** Consejo de la Asociación Mundial de la Carretera

## Noticias ATC

- 53** Curso de formación de Operadores de Centro de Control de Túnel de Carretera 2016
- 54** Jornada Comités Técnicos ATC-PIARC 'de Seúl a Abu Dabi'



## ATC

- 61** Composición de la Junta Directiva y Comités Técnicos de la Asociación Técnica de Carreteras
- 62** Socios de la Asociación Técnica de Carreteras



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



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

DIALNET · ICYT ·  
LATINDEX (Catálogo y Directorio)



**Edita:**

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

**Comité Editorial:**

**Presidente:**

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

**Vicepresidente de estrategia:**

Sandro Rocci Profesor Emérito de la Universidad Politécnica de Madrid (España)

**Vicepresidente Ejecutivo:**

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

**Vocales:**

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

**Comité de Revisores Técnico-Científicos. Presidentes de Comités Técnicos de la ATC:**

|                                  |  |
|----------------------------------|--|
| Rafael López Guarga              | Túneles de Carreteras                                      |
| Julio José Vaquero García        | Firmas de Carreteras                                       |
| Fernando Pedraza Majarrez        | Carreteras Interurbanas y Transporte Integrado Interurbano |
| Álvaro Parrilla Alcaide          | Geotecnia Vial   |
| Vicente Vilanova Martínez-Falero | Conservación y Gestión                                     |
| Luis Azcue Rodríguez             | Vialidad Invernal  |
| Gerardo Gavilanes Ginerés        | Financiación   |
| Álvaro Navareño Rojo             | Puentes de Carreteras                                      |
| Roberto Llamas Rubio             | Seguridad Vial   |
| Antonio Sánchez Trujillano       | Carreteras y Medio Ambiente                                |
| Andrés Costa Hernández           | Carreteras de Baja Intensidad de Tráfico                   |

**Redacción:**

Asociación Técnica de Carreteras

**Publicidad:**

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

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

Ediciones Técnicas PAUTA  
direccion@edicionespauta.com

**Arte Final e Impresión:**

Gráficas ARIES

Depósito Legal: M-7028-1986 - ISSN: 1130-7102  
Todos los derechos reservados.

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

Precio en España: 18 euros +IVA

© Asociación Técnica de Carreteras

**REVISTA RUTAS**

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

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

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



Nº 168 JULIO - SEPTIEMBRE 2016

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



# Una nueva infraestructura para mejorar la movilidad y la seguridad en España

En un cierto número de países de Europa se ha probado con éxito (en algunos casos, como Suecia, con un éxito inesperado pero inmenso) una infraestructura nueva: las carreteras denominadas "2+1". Son carreteras convencionales de calzada única con dos carriles, en las que se disponen, donde no haya intersecciones, unos carriles de adelantamiento (previsibles y avisados), pasando a estar prohibido para el sentido contrario el adelantamiento "tradicional", en el que se ocupa temporalmente el otro carril. Los países que tienen ya una mayor cantidad de red de estas infraestructuras son, por orden alfabético: Alemania, Dinamarca, Irlanda, Polonia y Suecia. En España, que sepamos, se están planteando estas infraestructuras en Cataluña, Navarra y Madrid.

Estas carreteras tienen un efecto muy acusado en la reducción de la mortalidad y aun de la siniestralidad. En Suecia, por ejemplo, la reducción de la mortalidad ha sido entre el 80 y el 90 %. Impresionante. Como nos contaban funcionarios de este país en un reciente taller que se celebró en Berlín, y que tuvimos el privilegio de moderar, es aún más impresionante porque el programa comenzó como una imposición de un Director General a todos los técnicos. El éxito fue tan completo que el programa tomó cuerpo y alas. Hoy más de 3000 km de la red sueca es 2+1. Parecidos resultados han conocido en Alemania, Dinamarca o Polonia. No se conocen fracasos en las transformaciones de carreteras convencionales a 2+1.

En España, las carreteras 2+1 han sido incluidas en la nueva Instrucción de trazado 3.1-IC. Por tanto, podemos proyectar su geometría con cobertura normativa. Falta aún, sin embargo, completar este avance en tres aspectos:

- El primero, la señalización. En estas carreteras es necesario avisar con antelación de la distancia a la que habrá una nueva oportunidad de adelantar, así como, probablemente, de la longitud del carril adicional cuando esté comienza.
- El segundo es el diseño de las intersecciones, ya que los giros a la izquierda se restringen a estos nudos.
- Y, por último, pero probablemente el más importante, qué estudios se deben llevar a cabo para plantear esta solución, y cómo materializarla.

En general, hay dos tipos de carretera 2+1, y donde parece estar más claro es en Suecia. Por un lado, carreteras de velocidad elevada, o al menos más elevada que

en las vías convencionales; y por otro, conversiones de carreteras existentes de plataforma reducida a 2+1. En el primer caso, son vías de velocidad de proyecto de unos 100 km/h, con plataforma de 12 m (7/12), con carril adicional prácticamente continuo, asignado por tramos a uno de los dos sentidos. En el segundo, vías de la misma velocidad que la red secundaria, con plataformas de 7 a 9 m de anchura, en las que se disponen algunos tramos de carril adicional, repartidos más o menos equitativamente por sentidos.

Si bien está clarísimo que deberíamos estar ya construyendo vías de este tipo en España, dado que sus ventajas están más que probadas, también es cierto que las administraciones no saben cómo se estima el nivel de servicio, ni si habrá variaciones de capacidad. Además, algunas características importantes varían de un país a otro. La más señalada es la presencia o ausencia de una barrera entre sentidos. En Alemania han optado por una mediana pintada, sin barreras. En Suecia, en cambio, han generalizado la barrera de cables, que, en general, "asusta" de entrada en España. Y en ambos países el resultado ha sido bueno, de manera que no es posible saber, de momento, qué ejemplo seguir.

En este mismo número se recoge un breve estado del arte de estas vías, con referencia a uno más amplio; y en documentos del Comité Técnico de Carreteras Interurbanas de esta casa, la ATC, ya se ha tratado el tema en una Jornada Técnica celebrada en noviembre de 2015. Hay varias iniciativas en marcha de simulación de estas carreteras (la otra buena noticia puesta de manifiesto en el taller de Berlín es que, por fin, disponemos de varios programas comerciales para simular carreteras de dos carriles); y nos parece fundamental profundizar en cómo justificar las opciones que se adopten de manera que no sean arbitrarias, permitan su seguimiento y control, y puedan alcanzar una reducción de la mortalidad similar a la sueca.

Las 2+1 sirven para una IMD de hasta 15 000 veh./día con toda seguridad, aunque parece que al terminar los carriles adicionales se puede experimentar una pequeña reducción de la capacidad con respecto a las carreteras de dos carriles. También han implicado un aumento del presupuesto de reposición de barreras, donde las ponen, y tienen incidencia asimismo en otras partidas de dotaciones viarias y firme. Ojalá pronto las veamos por aquí. ❖



Entrevista a

# Patrick Malléjacq

## Secretario General

### Asociación Mundial de la Carretera, PIARC

**P**atrick Malléjacq es, desde abril de 2016, el nuevo Secretario General de la Asociación Mundial de la Carretera (WORLD ROAD ASSOCIATION), tras suceder en el puesto a Jean François Corté, quien lo venía desempeñando desde 2002. A petición del Consejo de la Asociación, para propiciar la mejor transición, Patrick Malléjacq se incorporó a la Secretaría General desde comienzos de 2016, asumiendo la responsabilidad del lanzamiento del nuevo ciclo de trabajo correspondiente al Plan Estratégico 2016-2019.

Patrick Malléjacq es Ingeniero Jefe de Puentes, Aguas y Bosques del Estado francés y ha desarrollado su carrera profesional en el seno de distintas organizaciones de la Administración Francesa como SETRA o IFSTTAR, responsabilizándose de temas relacionados con la seguridad vial y con la investigación, principalmente, pero siempre con una importante vertiente fundada en las relaciones internacionales. Además, desde que en 2004 comenzara su contacto con la Asociación Mundial de la Carretera participando en uno

de sus Comités Técnicos, ha estado muy involucrado en la participación de la Administración Francesa en dicha asociación, habiendo ocupado el puesto de Secretario General del Comité Nacional Francés. Este profundo conocimiento del funcionamiento de la Asociación, en sus distintos aspectos, así como su experiencia en la gestión y en el liderazgo de equipos humanos en el sector de la carretera, han hecho de él un candidato ideal al puesto de Secretario General de la Asociación Mundial de la Carretera.

## ¿Qué es lo que le motivó para postular al puesto de Secretario General de la Asociación Mundial de la Carretera?

Este puesto es para mí una combinación ideal de temas en los que me encanta trabajar: temas técnicos y cooperación internacional. Mi carrera profesional me condujo, por ejemplo, a trabajar en el Departamento de Asuntos Internacionales del Ministerio francés, así como en Japón, y yo quería seguir apoyando la cooperación internacional la cual, estoy convencido, es esencial para el éxito de cualquier organización. Yo también había desarrollado una gran experiencia en las carreteras y el transporte por carretera a lo largo de los años, en organizaciones como Setra de Francia (actualmente Cerema) e Ifsttar, así como en el Departamento de Seguridad vial del Ministerio francés.

Espero que mis habilidades y experiencia sean útiles para el éxito de la Asociación. Y por mi parte decir que estoy agradecido y me siento honrado de que el Consejo aprobara la propuesta realizada por Francia.

## ¿Cuáles son los objetivos que se ha fijado para el desarrollo de un puesto tan necesario dentro de la Asociación?

El principal objetivo del Secretario General es, por supuesto, trabajar para el beneficio de los miembros de la Asociación. Esto incluye ser responsable de la gestión global de la Asociación, coordinar el amplio alcance de las actividades de los Comités Técnicos, promocionar nuestros productos y actividades, así como gestionar el equipo del Secretariado General.

Como funcionario, soy un apasionado de la prestación del servicio y de la calidad, y estoy convencido de que una asociación como la

Asociación Mundial puede de hecho ayudar a sus miembros a identificar mejores prácticas y desarrollar recomendaciones comunes, de una forma muy rentable y eficiente.

En pocas palabras: voy a dedicarme, junto con el Presidente, a que la Asociación funcione de tal forma que pueda demostrar su relevancia en el entorno actual de rápido cambio, su utilidad para los miembros y su papel clave como socio junto con todos los modos de transporte.

## Su llegada se ha producido en un momento propicio, con un nuevo ciclo de trabajo, el Plan Estratégico 2016-2019, que mantiene la senda de los planes anteriores pero que incorpora novedades para hacerlo más versátil. ¿Qué destacaría del mismo?

Este Nuevo Plan Estratégico continúa y desarrolla los temas y ambiciones por las cuales la Asociación Mundial de la carretera es conocida, con 17 Comités Técnicos, 4 Grupos de Trabajo, así como el Comité de terminología ( a quien debemos agradecer el Diccionario Vial online).

Los elementos claves en relación al trabajo técnico son, desde mi punto de vista,

1. La elevación de las cuestiones ambientales a la categoría de Tema Estratégico, lo cual reconoce su importancia para nuestros socios y para la sociedad en su conjunto.
2. El desarrollo de los tres manuales digitales insignia del ciclo anterior, que fueron presentados en el Congreso de Seúl; nuevos manuales digitales están previstos en el Plan Estratégico para 2016-2019

La nueva estrategia de la Asociación también hace hincapié en dos aspectos operativos fundamentales: capacidad de respuesta y alcance. La capacidad de respuesta se refiere a la selección y búsqueda de temas y formatos de trabajo que proporcionen un valor incuestionable a la Asociación. El alcance se refiere a un renovado énfasis en las comunicaciones, integrándolas como un tema importante en todos los niveles de la organización, para asegurar que la información que la Asociación produce sirve a su propósito entre las audiencias deseadas.

Al organizar el trabajo colaborativo de más de 1100 expertos de



todo el mundo, una estructura organizada como periodo de cuatro años es absolutamente necesaria. Al mismo tiempo, la Asociación ha incluido en el Plan elementos de flexibilidad, con mecanismos como los Grupos de Trabajo y los Proyectos Especiales, que pueden ofrecer resultados en un plazo de tiempo más corto, de 1 a 2 años.

Y también quiero resaltar que este Plan ha sido desarrollado mediante la participación de un gran número de partes interesadas, incluidas organizaciones exteriores, con el fin de recoger sus expectativas. Esto demuestra la muy actual relevancia de la Asociación Mundial de Carreteras como una parte colaboradora en el mundo de hoy.

**Su llegada coincidió asimismo con la aprobación de una nueva política lingüística en la Asociación que mejora el uso del español, y que debe ser implantada en gran medida desde la Secretaría General ¿qué destacaría de la misma?, ¿considera que ha supuesto una mejora?**

¡Por supuesto, yo no puedo comentar las decisiones que han sido acordadas por el Consejo de la Asociación!

Permítanme simplemente mencionar que desde la adopción de la nueva política lingüística, hemos asistido a una implicación muy activa de expertos de habla hispana, así como a un interés renovado por parte de los países hispanohablantes que intentan ser más activos en las actividades de la Asociación Mundial de la Carretera.

Dicho esto, la Asociación Mundial de Carreteras tiene tres idiomas de trabajo: Inglés, francés y español. Los tres son esenciales para nuestras actividades, y su uso es un activo de la Asociación, ya que nuestro objetivo es que abarque a todo el mundo. Tengo la intención

de poner en práctica la política lingüística activamente, dentro de nuestras limitaciones presupuestarias, por supuesto. ¡Permítanme subrayar aquí que el apoyo de la ATC y de DIRCAIBEA es muy apreciado!

**De acuerdo con el mandato de los órganos de gobierno de la Asociación Mundial, ha presentado al Consejo de 2016 una propuesta de reestructuración de la Secretaría General para hacer frente a los nuevos retos y demandas que una Asociación como ésta plantea, la cual ha sido aprobada. ¿Podría explicarnos en qué consiste?**

Se realizó un estudio para analizar cómo el Secretariado General podía estar en mejores condiciones para afrontar los retos que hemos comentado, así como para permanecer como una entidad flexible que provea un estimulante entorno de trabajo al personal donde su experiencia y habilidades sean reconocidas.

El Comité Ejecutivo acordó las siguientes propuestas clave: crear un puesto de Consejero en Comunicaciones, quien se encargará de posicionar a la Asociación como una entidad dinámica e importan-

te; y crear un puesto de Director Técnico.

Este último está encargado de garantizar la coordinación de alto nivel y el seguimiento de las actividades y productos de nuestros Comités y, en particular, garantizar la entrega en los plazos adecuados de los productos que sean significativos para la Asociación. Él también coordina nuestro ambicioso programa de seminarios y talleres internacionales. Puedo indicar aquí, que Miguel Caso-Florez, de España, ha sido nombrado para este puesto, en cooperación con el Comité Nacional español, ATC.

También vamos a ampliar el exitoso programa de Consejeros Técnicos, personal dispuesto por los gobiernos miembros para trabajar en la Secretaría General.

Todo esto se puede lograr dentro de nuestras limitaciones financieras, por supuesto gracias al apoyo de Francia (que dispone dos miembros del personal así como nuestra oficina), y de España, Japón, Corea del Sur y México.

**¿Cómo ve el futuro de la Asociación Mundial de la Carretera? ¿Cuáles piensa que son sus mayores fortalezas?**

A lo largo de los años la historia ha demostrado la relevancia de



Patrick Malléjac en el pasado Consejo de PIARC celebrado en Ciudad del Cabo

la Asociación como un proveedor de servicios a sus miembros, y a la sociedad en su conjunto en todos los temas relacionados con las carreteras y el transporte por carretera. Si la Asociación Mundial de la Carretera no existiera, la necesidad de crearla hoy en día sería inmediatamente reconocida.

Gracias a las directrices establecidas en el actual Plan Estratégico, yo confío que será posible confirmar esta posición y demostrar nuestra capacidad para afrontar los nuevos retos que de forma regular aparecen en un entorno en constante cambio, y actuar como un jugador de equipo clave junto con los otros modos de transporte, las infraestructuras y los operadores de servicio.

Por supuesto, es también importante recordar que la Asociación abarca todo el mundo y considera especialmente las necesidades de los países de bajos y medios ingresos plenamente en sus actividades. Esta es una clave diferenciadora y una de nuestras fortalezas: nosotros somos capaces de establecer vínculos entre países de diferentes continentes pero que afrontan cuestiones similares, ya sea entre España y Sudáfrica o entre Japón y Argentina, de esta forma nosotros posibilitamos el intercambio de conocimientos e identificamos, desarrollamos y divulgamos las mejores prácticas de la forma más eficiente.

## Desde su punto de vista ¿cuáles son las mejores características y el modo de funcionamiento de los Comités Nacionales?

Cada uno de los 40 Comités Nacionales es, por supuesto, diferente. No obstante, tienen en común que actúan como un intermediario entre la Asociación Mundial de la Carretera y sus miembros nacionales, a quien los Comités Nacionales están en una posición única para ayudar. Ellos también colaboran mucho con



Patrick Malléjacq en su visita al Comité Nacional Español (ATC)

la organización de nuestros talleres y Seminarios y contribuyen a la identificación de las prioridades que abordamos en nuestro Plan Estratégico.

Dicho esto, los 40 Comités Nacionales también aprenden unos de otros, en relación a distintos problemas y soluciones. Esto incluye, por ejemplo, cómo organizar conferencias locales, o cómo apoyar la participación de los delegados nacionales a nuestros Comités ya que realmente representan un amplio rango de experiencias locales y casos de estudios, o cómo desarrollar modelos de negocio sostenibles para sus propias actividades.

## En el mes de junio tuvo la oportunidad de visitar el Comité Nacional Español ¿qué destacaría del mismo?

Quedé realmente impresionado por la calidez de la bienvenida y por la amplitud de las actividades de la ATC. El Comité Nacional español incorpora un gran número de Comités Técnicos nacionales, organiza grandes conferencias y ciertamente representa los intereses y actividades de la comunidad española de la carretera.

¡No sería incorrecto decir que ATC es uno de los Comités Nacionales de referencia!

## ¿Qué opina en general de la contribución de España a la Asociación Mundial de la Carretera?

Los hechos hablan por sí mismos: hay un Coordinador de Tema Estratégico, un Presidente de Comité Técnico y seis Secretarios hispanohablantes de España. Los representantes españoles actúan en el Consejo, el Comité Ejecutivo, la Comisión de Plan Estratégico y la Comisión de Finanzas. La Asociación Mundial de la Carretera está también agradecida a la ATC, quien pone a disposición del Secretariado General a un ingeniero de alto nivel y garantiza la disponibilidad de nuestra página web en español. Finalmente, España es el país del mundo con más socios colectivos de PIARC.

Con todo ello, España contribuye muy activamente a las actividades de la Asociación Mundial de la Carretera y yo espero que, en reciprocidad, la Asociación Mundial de la Carretera contribuya eficientemente a las actividades de España en materia de carreteras y del transporte por carretera. Permítanos que esta gran colaboración perdure y... ¡muchas gracias!

# Instalaciones fijas de fabricación de mezclas bituminosas recicladas<sup>1</sup>



## Fixed Manufacturing Facilities for Recycled Asphalt Mixes

**Anna París Madrona**  
Ingeniero de Montes  
Parma Ingeniería S.L.

**Francisco José Lucas Ochoa**  
Ingeniero de Caminos,  
Canales y Puertos.  
Repsol Lubricantes  
y Especialidades S.A.

**Julio José Vaquero García**  
Ingeniero de Caminos,  
Canales y Puertos del Estado.  
Presidente del Comité de Firmes.  
ATC

### Resumen

Es relativamente sencillo adaptar cualquier central asfáltica para la producción de mezclas con bajas tasas de reciclado (entendiendo como tal la proporción en que los materiales procedentes del fresado de mezclas envejecidas entran a formar parte de la mezcla reciclada).

Las tasas de reciclado medias y altas (superiores al 25 %) exigen, sin embargo, instalaciones complementarias notablemente más complejas y costosas. Las alternativas ofrecidas por los fabricantes de centrales asfálticas son, seguramente, la mejor opción en estos casos. Este tipo de instalaciones permiten la incorporación de elevadas proporciones de material fresado en condiciones técnicas y ambientales adecuadas, y con las menores inercias de comienzo y fin de producción, lo que permite fabricar la mezcla con los estándares de calidad adecuados, con buenos rendimientos durante todo el proceso y con la mínima afección al medio ambiente.

En este artículo se describen las configuraciones más habituales, algunas de las cuales no exigen más que disponer de una tolva y una cinta alimentadora para incorporar el material fresado a la mezcla bituminosa, mientras que otras constituyen verdaderas centrales de fabricación.

### Abstract

It's relatively easy to adapt any hot asphalt central for the production of mixtures with low recycling rates (meaning the proportion that the materials from milling aged mixtures become part of the recycled mixture).

Rates of medium and high recycling (over 25%) require, however, additional facilities considerably more complex and expensive. Alternatives offered by manufacturers of asphalt plants are, surely the best option in these cases. This type of facilities allow incorporation of high proportions of milled material in technical conditions and appropriate environmental, and lower inertia during the start and end of production, allowing manufacture mixing with appropriate quality standards, with good yields throughout the process and with the minimum effect on the environment.

This article describes the most usual configurations, some of them don't require more than provide aggregate bins and feeder to incorporate milling material to the asphalt mix, while others are real manufacturing plants.

<sup>1</sup> Comunicación presentada al XXV Congreso Mundial de la Carretera celebrado en Seúl del 2 al 6 de noviembre de 2015.

Las capas bituminosas de los firmes de carretera llegan al final de su vida útil como consecuencia de fisuras, grietas o deformaciones que les hacen perder las propiedades para las que fueron diseñadas.

Una de las ventajas de las mezclas bituminosas es que, después de muchos años de puestas en servicio, los materiales que las constituyen, áridos y betún, conservan sus propiedades originales. Aunque el betún envejece, la mayor parte de este envejecimiento se produce durante las fases de fabricación y puesta en obra de la mezcla, y no durante su vida útil.

Otra propiedad de las mezclas bituminosas es que, con la incorporación de un betún rejuvenecedor o de un betún con agentes rejuvenecedores, se puede lograr, una vez mezclado con el betún del fresado, que la mezcla de ambos ligantes se corresponda con un betún de nueva aplicación.

Por tanto, aceptando que se disponga de los medios y procedimientos adecuados para su fabricación, de las mezclas bituminosas recicladas en caliente en central sólo cabe esperar propiedades y comportamientos en servicio muy similares a los de las mezclas bituminosas convencionales. La consideración de la equivalencia de ambos tipos de mezclas, acreditada por un sinnúmero de experiencias internacionales, es un buen modo de aproximarse a esta técnica y el mejor indicador del alcance de su campo de aplicación potencial.

Finalmente hay que destacar que la regeneración es tan efectiva en una mezcla bituminosa reciclada, que en la práctica no es posible distinguir mediante ensayos convencionales sobre la mezcla bituminosa terminada, si contiene o no materiales fresados y, en su caso, cuál ha sido la proporción en la que estos últimos han participado en su composición.

## 1. Antecedentes de los reciclados en central en España

El reciclado de las mezclas bituminosas de los firmes de carreteras se remonta a principios de los años 70, cuando estas técnicas fueron impulsadas por el brusco encarecimiento de los productos asfálticos, que se produjo como consecuencia de la crisis del petróleo que se inició en 1973. Desde los Estados Unidos distintas técnicas de reciclado de firmes alcanzaron Europa, introduciéndose en España unos diez años más tarde, cuando comenzó a disponerse de centrales continuas de tambor secador - mezclador y de fresadoras de gran capacidad. En concreto, las primeras obras de reciclado en caliente en central se realizaron por cuenta de ACESA (Autopistas Concesionaria Española, S. A.) en 1984, alcanzándose tasas de reciclado (entendiendo como tal la proporción en que los materiales fresados intervienen en la composición de la mezcla final) de hasta el 40 %.

Sin embargo, la posterior contención de los precios del betún asfáltico, la relativa abundancia y el bajo coste de los áridos, y una escasa preocupación ambiental, entre otras causas, propiciaron un prematuro abandono de la técnica, antes de superar el terreno puramente experimental.

La práctica desaparición de las centrales continuas, que pasaron de constituir la tipología dominante en el periodo 1984-1988 a casi desaparecer a partir de 1993, ha sido mencionada como una causa más del relativo retraso que la técnica de reciclado en central ha sufrido en España, en comparación con los países de su entorno socio-económico.

En el periodo 1999-2001, gracias al interés mostrado por algunas empresas y administraciones públicas, las técnicas de reciclado en central adquirieron, de nuevo, una presencia notable. En Cataluña se equiparon dos de sus centrales discontinuas con instalaciones especiales para

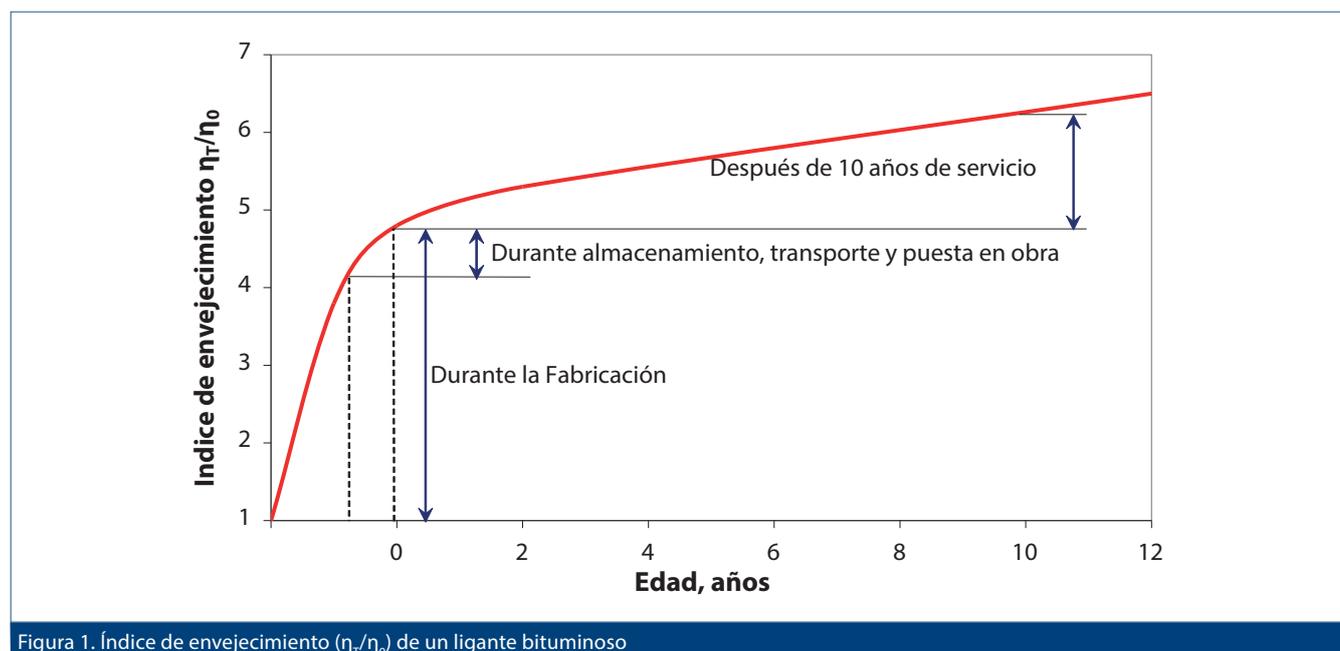


Figura 1. Índice de envejecimiento ( $\eta_T/\eta_0$ ) de un ligante bituminoso



Figura 2. Instalación asfáltica equipada para fabricar reciclado en altas tasas

producir mezclas con elevadas tasas de reciclado. En Andalucía, la administración autonómica promovió una actuación de gran envergadura en la Autovía A-92.

Entre septiembre de 2002 y enero de 2003, se desarrolló el proyecto de investigación PARAMIX (*Road Pavement Rehabilitation Techniques Using Enhanced Asphalt Mixtures*), financiado por la Comunidad Europea, en el marco de su programa *Competitive and Sustainable Growth*. Su objetivo fundamental fue el de mejorar los materiales, el diseño y las técnicas de construcción para la rehabilitación de firmes utilizando mezclas recicladas. Tuvieron lugar diferentes actuaciones de rehabilitación sobre la carretera C-58, próxima a Barcelona, utilizándose distintos tipos de mezclas bituminosas recicladas en caliente en una central discontinua, con tasas de reciclado comprendidas entre el 30 y el 50 %, hasta construirse un total de 11 tramos experimentales con una extensión de entre 300 y 400 m cada uno de ellos.

En el año 2004 se pusieron en obra unas 30 000 t de mezcla bituminosa en caliente con una tasa de reciclado del 50 %, en el tramo Viella-Frontera francesa de la N-230, empleando para ello una central continua tipo *double barrel* de ASTEC, que volvería a emplearse al año siguiente en una rehabilitación de la autovía A-7, entre los puntos kilométricos 566 y 572, para fabricar 20 000 t de mezcla bituminosa con idénticas proporciones de materiales fresados.

En 2007, se alcanzó una tasa de reciclado del 60 % en la rehabilitación del firme de la carretera A-140, entre las poblaciones de Tamarite y Binéfar (Huesca), en la que, hasta el momento, constituye la máxima tasa de reciclado en central utilizada en España, también con una central *double barrel* de ASTEC.

En 2008 se emplearon 20 000 t de mezcla reciclada, con una tasa del 40 % de fresado, en la capa de base del tronco principal y los enlaces de la autovía A-5, en el tramo comprendido entre el límite de la provincia de Toledo y el enlace con Almaraz, empleándose para ello una instalación asfáltica móvil de tipo discontinuo fabricada por Intrame con una capacidad de 200 t/h.

La obra más importante de rehabilitación de firmes con reciclado en caliente de mezclas bituminosas, se realizó en los años 2011 y 2012 en la provincia de Cáceres, en la N-521, en la que se utilizaron aproximadamente 260 000 t de mezcla bituminosa en caliente, de las cuales 100 000 t (algo más del 38 %) procedían del reciclado en central con una tasa media (20 a 25 %).

En la solución estructural establecida, el fresado y reposición se realizó con mezcla bituminosa reciclada en central con una tasa media (25 %) y el recrido proyectado consistió en un paquete compuesto por mezcla bituminosa reciclada en caliente, también con una tasa media (20 %) sobre la que se extendió una mezcla convencional. Para la ejecución de la obra se dispuso de una central asfáltica discontinua de 200 t/h, a la que se le añadió un equipo para reciclar, consistente en dos tolvas receptoras de fresado y una tolva de incorporación del material fresado en la mezcladora (*RAP – Reclaimed Asphalt Pavement*), con pesado independiente.

En 2015 esta técnica se ha utilizado en la obra de refuerzo del firme de la autovía A-62 en la provincia de Valladolid, en la que la solución ha sido una capa de base tipo AC 22 base G, con una tasa de reciclado del 20 %.

## 2. Normativa en España

Los procedimientos de reciclado de firmes se han ido incorporando poco a poco a la normativa vigente, lo que ha de ayudar a su difusión y desarrollo. En la reciente actualización del PG 3 [1] se contempla la utilización de distintos porcentajes de *RAP* en la fabricación en central de mezclas bituminosas en caliente empleadas en capas de base e intermedias. Estos porcentajes se dividen en tres niveles:

- Inferior al 15 %: el uso del fresado se ha de realizar atendiendo a las indicaciones de los apartados relativos a la central de fabricación y de fabricación de la mezcla.
- Del 15 al 60 % se ha de estar a lo dispuesto en la reglamentación específica sobre reciclado de firmes [2].
- Superior al 60 %, reservado a casos especiales que requieren un estudio y autorización específicos para llevarse a cabo.

La reglamentación sobre reciclado de firmes [2] incluye tres artículos que contemplan las técnicas de reciclado *in situ* de capas bituminosas con emulsión, de reciclado *in situ* de capas de firme con cemento, y el reciclado en central en caliente de mezclas bituminosas, estableciendo para cada una de estas técnicas las condiciones que han de reunir los materiales y equipos utilizados en cada una de ellas.

Por último, en la normativa de diseño para la rehabilitación de firmes [3] se establece la equivalencia estructural entre las capas de mezcla convencional y las recicladas (0,75 para mezclas recicladas en frío *in situ* con emulsión, y de 0,8 a 1, en función de la tasa de reciclado, para las mezclas recicladas en caliente en central); además de las limitaciones para su uso en función de la categoría del tráfico y de la situación de la capa.

### 3. Instalaciones asfálticas para reciclado en caliente de mezclas bituminosas

Son numerosos los procedimientos utilizados para hacer posible que las centrales asfálticas aprovechen los materiales recuperados de los firmes bituminosos. En algunos casos se trata simplemente de adaptaciones en los sistemas de alimentación, aptas para bajas tasas de reciclado; en otros se incorporan nuevas instalaciones concebidas al efecto; y hay por fin centrales que por su propia configuración admiten altas tasas de reciclado sin necesidad de modificaciones específicas.

La forma y cuantía en que las centrales asfálticas pueden fabricar mezclas recicladas depende fundamentalmente de su modo de producción. Para describirlos se distingue entre los sistemas de reciclado de las centrales discontinuas o de amasadas, y los de las continuas, entre éstas, en particular, las de tambor secador - mezclador.

| EQUIPOS PARA RECICLADO EN CALIENTE EN CENTRAL  |
|--|
| <b>CENTRALES DISCONTINUAS</b>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• ALIMENTACIÓN EN ELEVADOR DE CANGILONES</li> <li>• CON PESADA Y TOLVA INDEPENDIENTES</li> <li>• CON TAMBOR SECADOR DIFERENCIADO</li> </ul> |
| <b>CENTRALES DE TAMBOR SECADOR</b>   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• DE FLUJO PARALELO Y ANILLO RECICLADO</li> <li>• DE QUEMADOR RETRASADO (RETROFLUX)</li> <li>• DE DOBLE TAMBOR</li> </ul>                   |

Figura 3. Sistemas de reciclado en caliente en central

#### 3.1 Reciclado en caliente en centrales discontinuas

Cuando se trata de utilizar centrales discontinuas convencionales, los sistemas de reciclado más utilizados son tres:

- Incorporación del material fresado en el elevador de cangilones o en la caída del tambor secador: Aquí el fresado se une a los áridos vírgenes, previamente calentados en el tambor secador, que se pueden dirigir a la mezcladora clasificados en caliente, (es decir, pasando por la clasificación de áridos en caliente), o bien sin clasificar, esto es, introducidos por el conducto del *by-pass*. Las tasas de reciclado en esta configuración de planta no superan el 15 %.
- Incorporación del material fresado en la tolva de pesaje de la torre dosificadora: Esta configuración permite incorporar el fresado en la báscula de áridos en caliente e intercalarlos con el árido virgen calentado en el secador. Generalmente conviene disponer de una amasadora de una capacidad superior a la correspondiente a la producción real de la central; se deben prolongar los tiempos de amasado, para que la envuelta sea correcta; y se debe disponer de un sistema de extracción de vapor (superior al de una configuración convencional) para evacuar los caudales de vapor que genera la incorporación del fresa-

do en este punto del proceso. Las tasas de reciclado en esta configuración no superan el 25 %.

- Incorporación del material fresado en una tolva de pesaje independiente: Una vez pesado, el fresado va hacia un tolvin de regulación que lo incorpora a la mezcladora, aumentando el intervalo de la amasada y retrasando el ciclo de la mezcla. De este modo, se consigue disponer de más tiempo para evacuar el caudal de vapor, lo que permite reciclar tasas de hasta el 25 %. Igual que en el sistema anterior, se debe disponer de una amasadora, con un rendimiento superior al del tambor secador, y de un sistema de extracción de vapor de agua superior al de una planta convencional.

En los tres casos el calentamiento se produce por intercambio de calor, durante un corto intervalo de tiempo, con los nuevos áridos sobrecalentados: lo que, en función de los temperaturas necesarias o de la humedad del material, limita la tasa de reciclado a valores del 10 % en el caso de la incorporación del material fresado en el elevador de cangilones, y del 25 % en la incorporación del RAP en la mezcladora desde un silo con pesada independiente.

Existen, por otra parte, instalaciones de reciclado concebidas para las centrales discontinuas que suponen adaptaciones de mucha mayor envergadura. Así, se ha llegado a disponer de un segundo tambor secador independiente (calentado por aire o con la llama protegida) en el que se introduce el material fresado para su calentamiento. Una vez caliente este material es elevado a la torre de clasificación, desde donde se dosificará como un componente más de la mezcla bituminosa.

Ya se ha mencionado que la tasa de reciclado que es posible alcanzar, en cualquier central discontinua, se halla limitada por dos factores: la necesidad de evacuar convenientemente, y sin que se produzcan condensaciones, las grandes cantidades de vapor de agua que se generan cuando la temperatura del material fresado se eleva considerablemente en un corto periodo de tiempo; y por los tiempos de mezclado precisos para obtener una mezcla homogénea en composición y temperatura.



Figura 4 - Incorporación del fresado en el conducto de descarga del tambor secador



Figura 5. Instalación asfáltica de tipo discontinuo con tambor secador independiente para el material fresado

Por ello, para reciclar con altas tasas en una instalación asfáltica de tipo discontinuo se debe disponer de un segundo tambor, cuya misión es la de calentar el material fresado, a una temperatura superior a la ambiente, pero limitada, para evitar los deterioros del betún contenido en él.

Una vez calentado, el material fresado se eleva, mediante un elevador de tablillas, hacia una tolva de regulación, que lo dirigirá a una tolva de pesado para que, una vez dosificado, sea introducido en la mezcladora de la central. Esta configuración permite alcanzar tasas de reciclado de hasta el 50 %.

En este tipo de instalaciones es aconsejable que la mezcladora sea de mayor rendimiento que el secador, ya que absorberá las producciones de los dos tambores. También es preciso que el filtro de mangas tenga mayor rendimiento que en una instalación convencional, ya que tiene que filtrar los gases y partículas generadas en los dos tambores.

### 3.2 Reciclado en caliente en centrales de tambor secador - mezclador (o centrales continuas)

Por su propia configuración el reciclado se realiza con muchas menos dificultades en las centrales continuas. De

hecho, las primeras experiencias de reciclado en caliente en nuestro país se realizaron con este tipo de central, llegando a alcanzar tasas de reciclado de hasta un 40 %. Se describen a continuación tres distintos tipos de tambor secador - mezclador (TSM) y la forma de fabricar mezclas recicladas con cada uno de ellos.

#### 3.2.1 Tambor secador mezclador de flujo paralelo

Corresponden a la primera generación de TSM. En ellos los áridos y la corriente de gases fluyen en el mismo sentido al entrar los áridos junto al quemador. En la Figura 6 vemos el esquema de este tipo de central. La incorporación del material reciclado es sencilla, pues basta con perforar el tambor en la zona más fría, procurando alejarlo de los gases más calientes del quemador.

Con este tipo de central se produjeron las primeras mezclas recicladas en España a partir de 1985. Más que por su eficacia como instalaciones de reciclado, este tipo de central ha dejado de instalarse desde 1990 por inconvenientes vinculados a la propia fabricación de mezclas convencionales. Los tambores de flujo paralelo obligan a trabajar con temperaturas de gases más elevadas, lo que dificulta el control de las emisiones y puede comprometer la calidad final de la mezcla

#### 3.2.2 Tambor - secador de quemador avanzado

Tratando de superar los inconvenientes mencionados, a finales de los años 80 se empezó a comercializar un nuevo tipo de central continua, con un tambor secador de contraflujo como los habitualmente empleados en las centrales discontinuas, en el que la cámara de mezcla se crea detrás del quemador, como puede verse en el esquema presentado en la Figura 7.

Con este tipo de tambor se solucionan los problemas vinculados a los tambores de flujo paralelo, aunque a costa

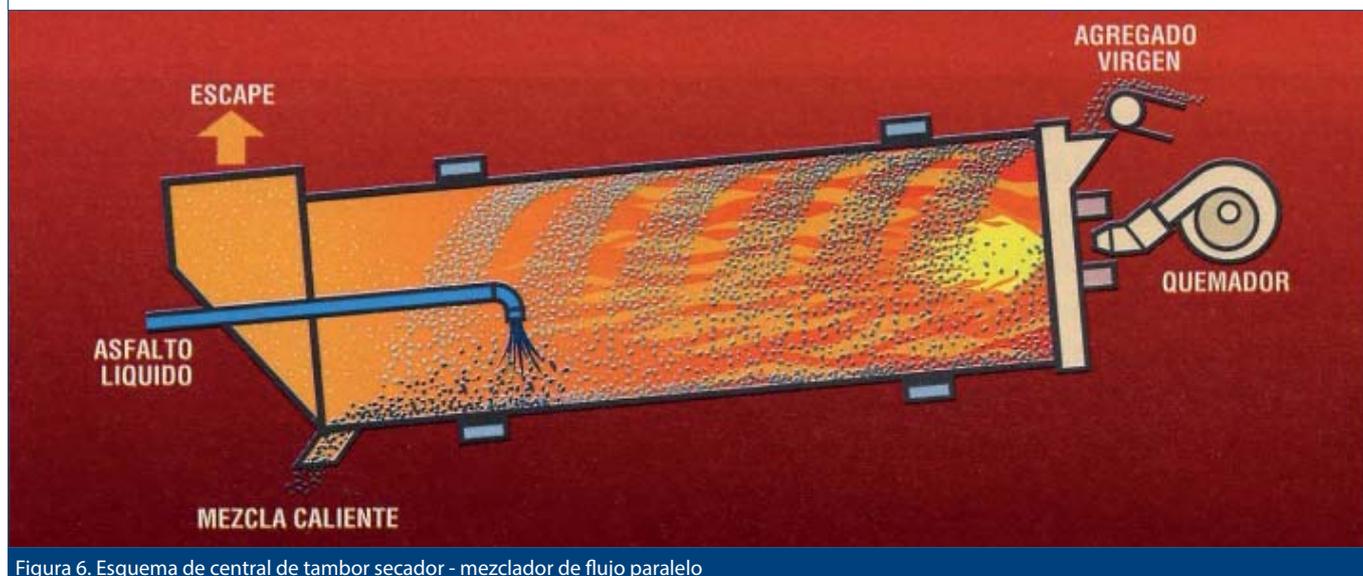


Figura 6. Esquema de central de tambor secador - mezclador de flujo paralelo

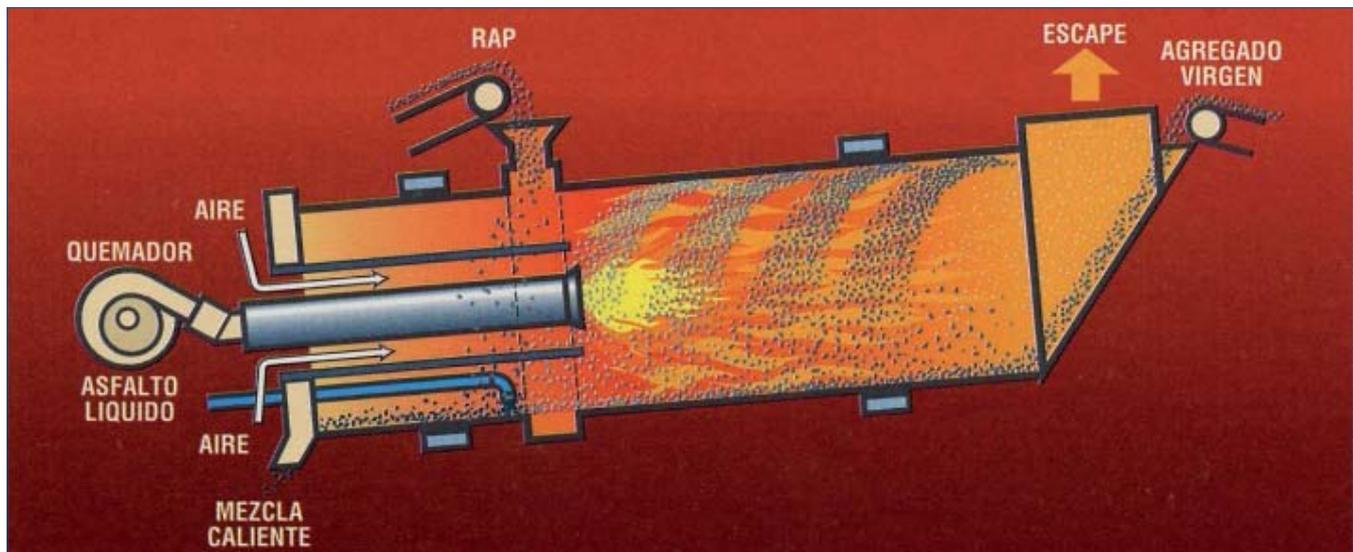


Figura 7. Esquema de tambor secador - mezclador de contraflujo con quemador central

de dificultar el acceso a un componente tan esencial como el quemador. El tiempo de mezclado es relativamente corto, por lo que la tasa de reciclado no sobrepasa el 40 %. Este tipo de central ha tenido poco éxito en España, donde se han instalado muy contadas unidades por razones no siempre técnicamente justificadas. En efecto, a partir de 1990 los pliegos de prescripciones técnicas particulares de los proyectos se redactan prohibiendo específicamente el uso de centrales de tambor secador - mezclador. La justificación de esta medida se basa, por un lado, en el mayor control de áridos y betún que, en teoría, hacen posible las centrales continuas y, por otro, en envejecimientos excesivos que se sospechan en el producto final. En años sucesivos los prejuicios mencionados se generalizan; y son cada vez más las administraciones o directores de obra que se niegan a admitir en sus obras las centrales de TSM de quemador avanzado. Se consuma así la práctica desaparición

de este tipo de central entre las nuevas incorporaciones al parque nacional que anteriormente se comentó.

### 3.2.3 Doble tambor

Existe un tercer tipo de tambor secador - mezclador. En esencia consiste en superponer a un tambor secador, en principio convencional, y en parte de su longitud, un segundo tambor concéntrico de mayor diámetro que permanece fijo. En la zona de superposición de los dos tambores el tambor exterior dispone de palas de mezclado externas, de modo que la cámara allí formada actúa como mezcladora de la central asfáltica.

El TSM tipo *double barrel* puede ser utilizado, además, como sistema de incorporación del material fresado para fabricar mezclas bituminosas con tasas de reciclado de hasta el 50 % en condiciones ambientales idóneas.

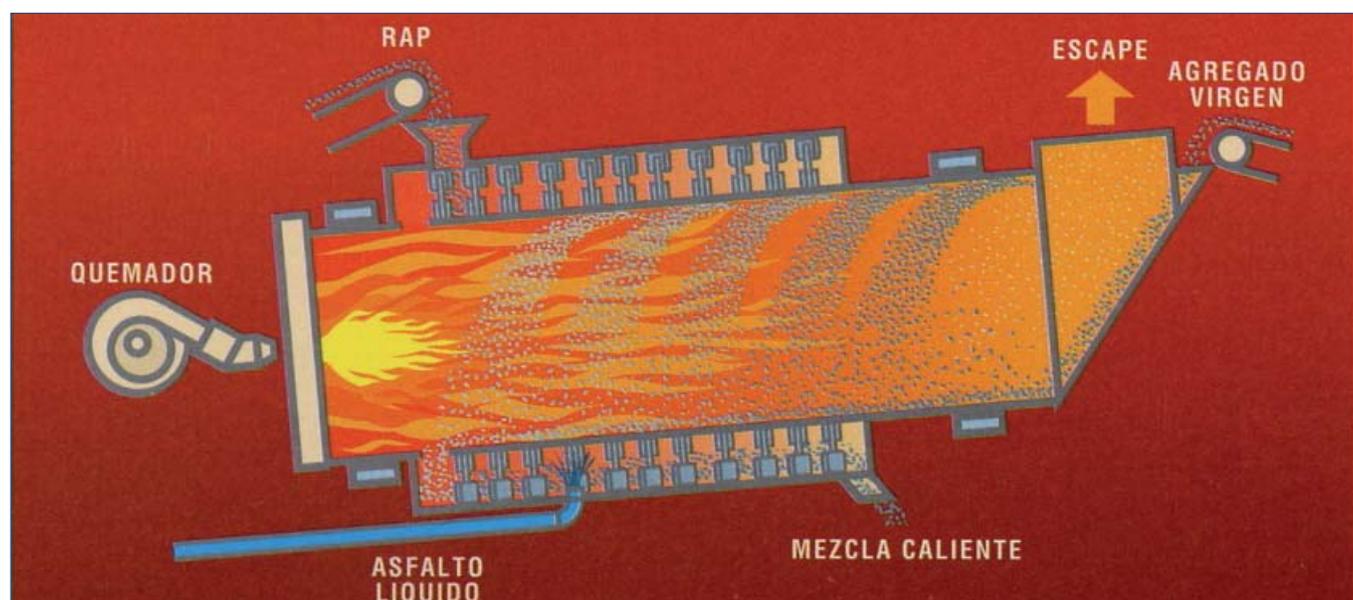


Figura 8. Esquema de tambor secador - mezclador *double barrel*

Los áridos entran en contracorriente, secándose y calentándose a la temperatura de empleo en el tambor central para, al final de su recorrido, caer al espacio formado entre los dos tambores iniciando el avance en sentido inverso. En esta cámara de mezcla se introducen el material fresado, el betún asfáltico y el polvo mineral de recuperación / aportación, obteniéndose a la salida la mezcla bituminosa terminada.

El calentamiento del material fresado se produce por radiación (flujo de calor desde las paredes interiores de la cámara de mezcla), por conducción (por contacto con los áridos en caliente) y por convección (transferencia desde la corriente de gases). Realmente cabe considerar la cámara de mezcla como un tambor independiente, a efectos de su analogía con los sistemas de reciclado que incorporan las dos instalaciones asfálticas anteriormente descritas, en el que la mezcla reciclada se introduce en un tambor sin llama de quemador y sin gases a temperaturas elevadas. Además, las fracciones volátiles producidas por el material fresado fluyen hacia el tambor interior, donde son quemadas y eliminadas en condiciones ambientales adecuadas.

#### 4. Nuevas experiencias. Reciclado templado con emulsión a tasa total

Las instalaciones actualmente existentes no permiten, *a priori*, la fabricación en caliente de mezclas recicladas con una tasa total de reciclado. Para poder acudir a esta solución, con el objetivo de volver a colocar en la misma capa todo el RAP generado, no queda más remedio que utilizar técnicas de reciclado en frío con emulsión, que presentan la limitación derivada de tener que contar con un periodo de curado y de cierta debilidad de sus prestaciones mecánicas en los primeros momentos de su puesta en obra.

Por esta razón, en la mayor parte de las actuaciones de rehabilitación en las que se quiere reciclar el material existente se produce un excedente de material que no puede colocarse en la misma obra y que ha de almacenarse o transportarse a otros emplazamientos para poder utilizarse.

Por ello, en los últimos años ha ido cobrando cada vez más importancia la posibilidad de desarrollar una nueva solución que permita el empleo de altos porcentajes de RAP hasta alcanzar una tasa total, manteniendo un elevado nivel de prestaciones mecánicas y funcionales que permita su empleo en capas de reposición sin las limitaciones mencionadas inherentes a las técnicas en frío.

La irrupción en el mercado español de nuevas tecnologías enfocadas a la reducción de las temperaturas de fabricación y colocación de las mezclas bituminosas, ha creado un escenario adecuado para que este deseo se transforme en una realidad, a la vez que propician la reducción de emisiones, aumentan la eficiencia energética y mejoran las condiciones laborales de los operarios de esta industria [14].

Las mezclas templadas con emulsión bituminosa se fabrican con una temperatura en el entorno de los 90 °C,



Figura 9. Extendido de la mezcla templada reciclada en la experiencia realizada en la A-1 en el año 2012

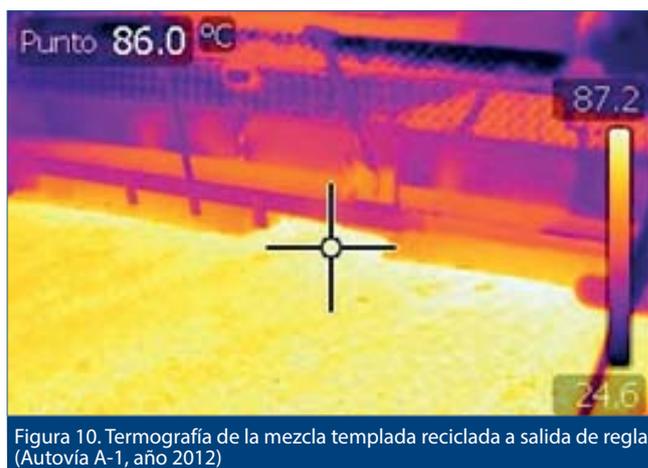


Figura 10. Termografía de la mezcla templada reciclada a salida de regla (Autovía A-1, año 2012)

un valor que no permitiría la utilización de material procedente del fresado si no se hubiesen resuelto una serie de problemas específicos, como son el calentamiento del material fresado y la pegajosidad de éste.

El primer problema es cómo calentar el material de fresado sin que se dañe o envejezca el ligante que contiene, y sin poder contar con la transferencia de calor que aportan los áridos vírgenes sobrecalentados, como en las técnicas que se han descrito anteriormente.

Para ello, la solución utilizada ha sido el empleo de un tambor calentador de flujo paralelo (el material avanza en el mismo sentido que los gases calientes) con cámara de combustión retrasada, en el que el calentamiento del RAP se hace por aire caliente (sin contacto ni proximidad a las llamas del quemador o zonas de alta temperatura) y en el que se recirculan parcialmente los gases del tambor secador, lo que reduce la presencia de oxígeno en contacto con el RAP y, por tanto, su envejecimiento, aumentando el rendimiento térmico y mejorando el funcionamiento del sistema.

El otro gran problema es la pegajosidad del RAP caliente, que se incrementa notablemente en el intervalo de temperaturas 80 – 110 °C, que exige un rediseño de los circuitos de almacenamiento y dosificación del RAP ya calentado hasta conseguir un funcionamiento adecuado.

Para alcanzar unos buenos resultados mecánicos y funcionales es básica la regularidad de la composición; para lo cual las instalaciones para este tipo de reciclado incorporan un proceso de clasificación previa del material de fresa-

do en dos fracciones (0-5 y 5/25 mm) y un control ponderal de su proporción en la mezcla.

Esta tipología de central es una adaptación, específicamente pensada para reciclados templados, desarrollada a partir del equipo de fabricación de mezclas recicladas en caliente de alta tasa, con tecnología discontinua, de dos tambores de secado y calentamiento, uno de ellos específico para calentamiento de material de fresado de mezclas bituminosas.

Para comprobar la viabilidad de la técnica, la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento aprobó la realización de un tramo de prueba en una vía de servicio de la Autovía A-1 en Burgos, que se ejecutó en junio de 2012.

Se fabricó una mezcla reciclada templada con una tasa de reciclado del 80 %, en la que el RAP procedía en su totalidad del fresado de capas de rodadura y había sido clasificado en fracciones de 0/5 mm y 5/25 mm.

Esta mezcla se empleó como capa intermedia en un tramo de 1300 m de longitud, sobre la que se extendió posteriormente una rodadura con mezcla bituminosa convencional. Con una categoría de tráfico pesado T2 (intensidad media diaria de vehículos pesados comprendida entre 200 y 800) el comportamiento hasta la fecha ha sido muy satisfactorio [15].

## 5. Conclusiones

En España disponemos de instalaciones asfálticas modernas, de avanzada tecnología en su diseño, de ligantes, de normativa de aplicación y de la suficiente experiencia acumulada para que una obra de reciclado en central con altas tasas no suponga dificultades sensiblemente distintas de las de una obra de mezcla bituminosa en caliente convencional.

Las mezclas bituminosas recicladas en central en caliente se aproximan a las mezclas bituminosas convencionales en costes de fabricación y de control de calidad; sus costes de extendido son absolutamente comparables; y son mucho más económicas en términos ambientales y de consumo de materias primas. [9].

El empleo de tasas bajas de reciclado (< 15 %) se contempla en estos momentos como una práctica habitual en la fabricación de mezclas bituminosas convencionales que no hayan de estar expuestas a la acción directa del tráfico, abriendo la posibilidad a la utilización de materiales existentes en las carreteras que siguen manteniendo unas propiedades adecuadas para ello.

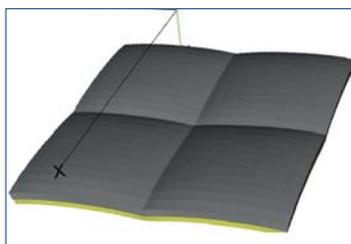
A nivel experimental, están surgiendo nuevas iniciativas, cuyo objetivo es el máximo aprovechamiento del material fresado generado en las actuaciones de fresado y reposición. Así, ha surgido en reciclado templado con emulsión a tasa total. Esta técnica, ha permitido el empleo de tasas de RAP del 100 % en mezclas recicladas, con re-

sultados óptimos; si bien se hace necesario un mayor desarrollo y experimentación para poder obtener resultados concluyentes.

## 6. Referencias

- [1] Ministerio de Fomento; Pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes – PG3; Orden FOM/2523/2014 de 12 de diciembre; BOE 03/01/2015.
- [2] Ministerio de Fomento; Pliego de prescripciones técnicas generales para obras de conservación de carreteras – PG4; Orden Circular 8/2001.
- [3] Ministerio de Fomento; Norma 6.3 IC – Rehabilitación de firmes; Orden FOM/3459/2003 de 28 de noviembre; BOE 12/12/2003.
- [4] Hunter, R.; *Asphalts in road construction*; Thomas Telford; London, 2000.
- [5] Mc Daniel, R. et al ; *Recommended used of reclaimed asphalt pavement in the Superpave mix design method*; NCHRP Web document 30. (Project D9-12): Contractor's final report; 2000.
- [6] Ortiz, J. y Felipo, J.; *Recomendaciones para la producción en central de mezclas con altas tasas de reciclado*; Revista Carreteras, nº 149; 2006.
- [7] Peinado, D. y Cebrián, M.; *Sistema móvil de reciclado en planta en caliente*; Revista Carreteras; número extraordinario mezclas bituminosas; octubre 2007.
- [8] Roberts, F. Kandhal et al ; *Hot mix asphalt materials mixtures design and construction*; NCAT, 1996.
- [9] París, A. Moncunill, C. y Ortiz J.; *El análisis del ciclo de vida como herramienta para la valorización ambiental de la fabricación y puesta en obra de mezclas bituminosas en caliente*; Revista Carreteras, nº 150, 2006.
- [10] García Santiago, J.L., Guisado Mateo, F.; *Rehabilitación sostenible de pavimentos*; 6º Congreso de Ingeniería Civil de Valencia, 2011.
- [11] García Santiago, J.L.; *Reutilización y reciclado de materiales en la conservación de firmes*; Jornada Técnica ACEX; Vitoria, 2011.
- [12] García Santiago, J.L. et al; *Reciclado total de mezclas bituminosas a baja temperatura. Una propuesta para su diseño, caracterización y producción*; Jornada Técnica Asefma; Madrid, 2011.
- [13] González Arias, J.; *Refuerzo de firmes con mezclas bituminosas experimentales*; Proyecto TRACC; Toulouse, 2011.
- [14] Soto, J.A., Colas, M. M., Lucas, F.J., Torres, S.; *Mezclas bituminosas adaptadas al cambio climático*; Valladolid, 2010.
- [15] García Santiago, J.L., Lucas, F.J., Barceló, F.J.; *Reciclado total de mezcla bituminosa: aplicación, experiencias reales y resultados*; XVII Congreso Ibero Americano del Asfalto; Guatemala 2013.

# Efecto de la temperatura en pavimentos de hormigón no armado de la Instrucción 6.1-IC y su afección a la regularidad longitudinal



Effects of Temperature on Jointed Plain Concrete Pavements of the 6.1-IC Standard, and its Reflection on Roughness

**Jesús Díaz Cuevas**

*Dr. Ingeniero de Materiales e Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Isolux Corsan.*

## Resumen

En este artículo se analiza el efecto de la temperatura en la curvatura de las losas de pavimentos de hormigón no armado. Los diferentes gradientes térmicos provocan tensiones cíclicas que afectan a la durabilidad de las losas. La curvatura afecta a los resultados del IRI, los cuales tendrán valores diferentes según el momento del día en el que se produzca la medición. En este artículo se analiza la sección 214 de la Instrucción 6.1-IC, de 23 cm de espesor, con una longitud de losa variable de 4 y 5 m, sometida a una diferencia de temperatura entre la parte superior e inferior de la losa de -5 y 5 °C. Estudiando el comportamiento tensional de las losas, de los pasadores transversales así como la repercusión que tendrían las deflexiones en el valor del IRI.

## Abstract

This paper analyzes the effect of temperature on the curvature of the slabs of jointed plain concrete pavements. Thermal gradients cause cyclical stresses that affect the durability of slabs. The curvature affects the results of IRI, which have different values depending on the time of day in which measurement takes place. This article analyzes the section 214 of the 6.1-IC standard, 23 cm thick. With a length of 4 to 5 m variable slab, subjected to a difference in temperature between the top and bottom part of the slab from -5 to 5 °C. Studying the behavior of tension slabs, of dowel bars and the impact of deflections on the value of IRI.

### 1. Introducción

Diversos autores han estudiado el efecto de la temperatura y humedad en la curvatura de las losas (curvatura y alabeo). Sin embargo no todas las instrucciones contemplan estas variaciones de cara a la unidad terminada. Es así que, por ejemplo, el PG-3 en su artículo 550 contempla el efecto térmico solamente para la duración del curado, pero no lo tiene en cuenta para la unidad terminada y medición del IRI.

Parte de los efectos debidos a los cambios de humedad en la mezcla se pueden paliar en la ejecución o en el diseño de la mezcla de hormigón, evitando además otras patologías, como las fisuras por secado.

El efecto térmico en la curvatura de las losas de los pavimentos de hormigón no armado puede ser muy acusado en zonas con climas continentales. En este artículo se pone de relieve este aspecto. Y para ello se establece la simulación de un pavimentos de hormigón no armado y longitudes de losa de 4 y 5 m. Este firme atiende a la sección 214 de la Instrucción 6.1-IC, estableciendo dos gradientes térmicos de -5 y 5 °C entre la parte superior de la losa y la inferior, y analizando las deflexiones y tensiones que se producen y su afección al IRI.

La distribución de temperaturas entre la parte superior e inferior de la losa de hormigón del pavimento es no lineal [1]. Sin embargo, los autores *Rao and Roesler* [5] establecieron un valor como suma de los cinco factores que afectan al comportamiento de la losa. Un gradiente efectivo lineal asociado a la temperatura. Estos indicadores serían:

- La diferencia de temperaturas entre la parte superior de la losa y la base (tg) debido a los cambios de temperatura a lo largo del día.
- Diferencia de humedad en el espesor de la losa (mg).
- Gradiente térmico durante el curado de la losa (bi).
- Efecto de contracción por secado (shr).
- El efecto de la fluencia (crp).

$$\Delta T_{total} = \Delta T_{tg} + \Delta T_{mg} + \Delta T_{bi} + \Delta T_{shr} + \Delta T_{crp}$$

Todos los componentes anteriores afectan en mayor o menor medida al alabeo de la losa. Pero el gradiente térmico  $\Delta T_{tg}$  es uno de los factores que más influye a dicho efecto. En las zonas donde los cambios térmicos son acusados entre el día y la noche este fenómeno es más evidente, provocando deflexiones cíclicas en la losa. Cuando el gradiente térmico es positivo, es decir, cuando la temperatura de la parte superior de la losa es mayor que la temperatura de la parte inferior, se produce un efecto convexo. Por el contrario, si el gradiente es negativo el efecto es inverso.

Las componentes térmicas de diferencia de humedad  $\Delta T_{mg}$  a lo largo del espesor de la losa, el gradiente térmico durante el curado  $\Delta T_{bi}$  y el efecto de contracción por secado  $\Delta T_{shr}$  tienen una afección más temporal y pueden paliarse, en cierta medida, mediante controles o protecciones durante la ejecución de los pavimentos. Normalmente las losas ejecutadas durante el día tienden a terminarse con curvatura cóncava debido al descenso de temperatura que se va produciendo a lo largo del día.

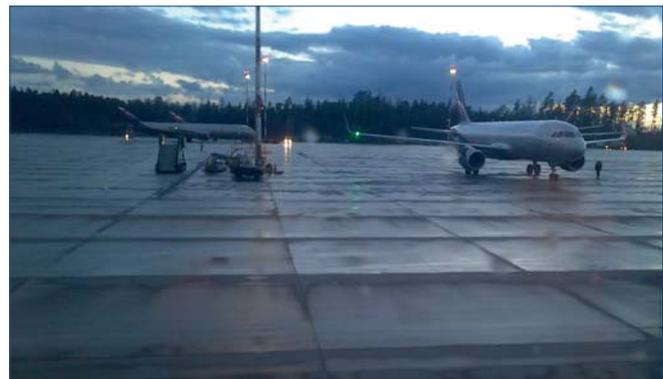


Figura 2. Alabeo negativo de losas, Aeropuerto Sheremetyevo (Moscú, 2015)

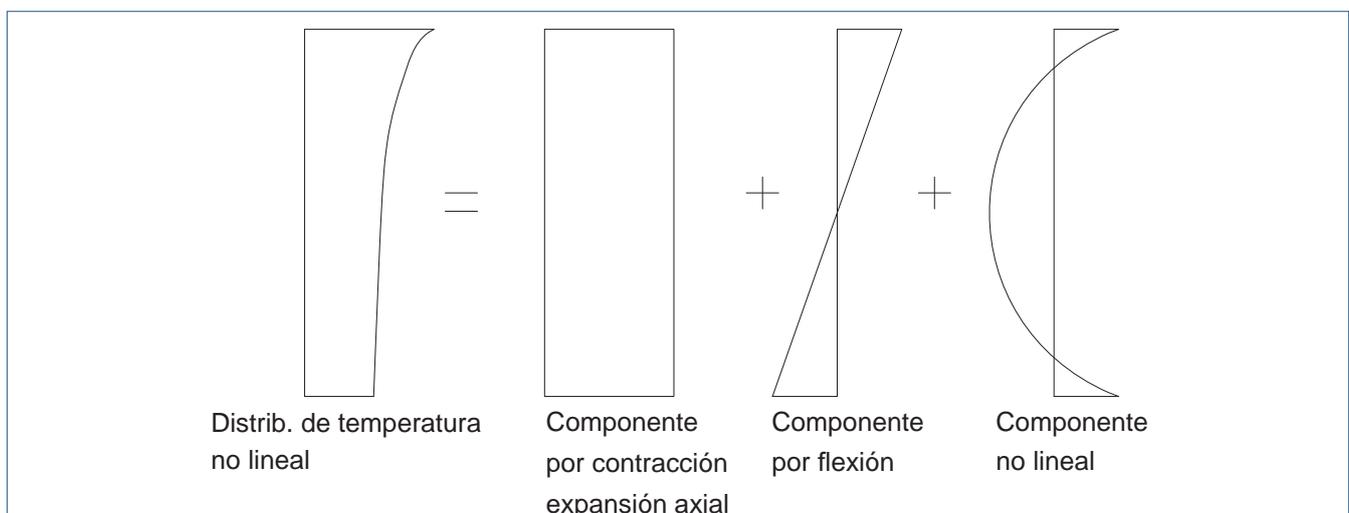


Figura 1. Distribución no lineal de la temperatura en el espesor de losa.

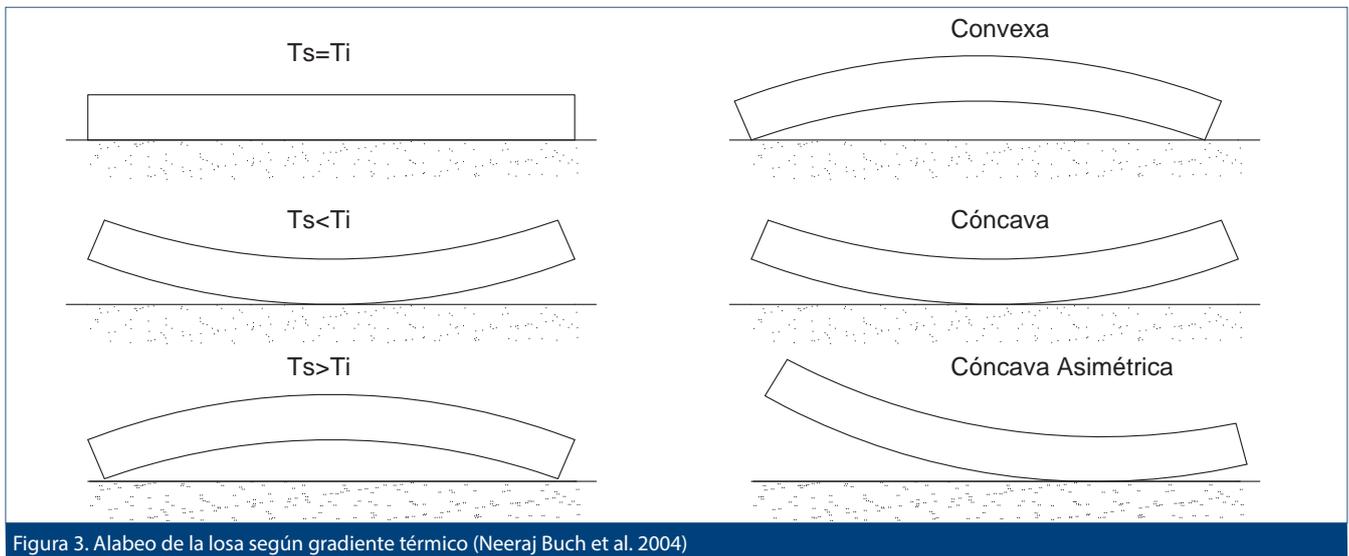


Figura 3. Alabeo de la losa según gradiente térmico (Neeraj Buch et al. 2004)

Estos efectos de alabeo cíclico con tensiones inferiores a la resistencia a flexotracción del pavimento conllevan a la fatiga del pavimento y a la aparición de microfisuras [6].

El control durante las primeras horas es importante con el fin de, no ya de paliar las deformaciones en la losa, sino de evitar fisuras por desecación, siendo importante atender adecuadamente a las condiciones climáticas durante los primeros días. El uso de herramientas informáticas como HIPERPAV facilita la predicción en el comportamiento de la losa diseñada frente a las condiciones climáticas en las primeras 72 horas, y así predecir las tensiones que puedan provocar fisuración, adelantando el aserrado de las juntas.

Cuando el alabeo es negativo las mayores tensiones se producen en la parte superior de la losa y cuando es positivo es la fibra inferior la que soporta mayores tensiones. Esta variación de tensiones provoca la fatiga en el pavimento.

La influencia climática, temperatura y humedad, conllevará a este alabeo que será más o menos acusado según otros factores como son: longitud y ancho de losa, espesor de la misma, módulo elástico de los materiales, coeficien-

te térmico de los mismos, módulo de reacción de la base, transferencia de carga entre los pasadores, densidad y coeficiente de Poisson.

La deformación por gradiente térmico viene indicada por la expresión siguiente.

$$\epsilon_t = \alpha \cdot \Delta T \tag{1}$$

$\epsilon_t$  = deformación por gradiente térmico.

$\alpha$  = coef. dilatación térmica del material (°C-1).

$\Delta T$  = gradiente térmico entre la parte inferior y superior de la losa (°C).

Las tensiones máximas producidas por efecto térmico fueron estudiadas por Wastergaard en 1927 y posteriormente por Bradbury en 1938. La expresión que determina la máxima tensión por una distribución lineal de temperaturas en el espesor del pavimento es la indicada en la expresión (2).

$$\sigma = \frac{E \cdot \alpha \cdot \Delta T}{2 \cdot (1 - \nu^2)} (C_x + \nu \cdot C_y) \ll \sigma = \frac{C \cdot E \cdot \alpha \cdot \Delta T}{2 \cdot (1 - \nu)} \tag{2}$$

$\sigma$  = tensión por efecto térmico (MPa).

$E$  = módulo elástico del material (MPa).

$\nu$  = coef. de Poisson

$\Delta T$  = gradiente térmico entre la parte inferior y superior de la losa (°C).

$C_x, C_y$  = factores de corrección de Bradbury relacionados con la L/l, siendo L la longitud de losa y l el radio de rigidez relativa; suele establecerse  $C_x = C_y = C$ .

$$C = 1 - \frac{2 \cdot \cos(\lambda) \cdot \cosh(\lambda) \cdot (\tan(\lambda) + \tanh(\lambda))}{\text{sen}(2\lambda) + \text{senh}(2\lambda)} \tag{3}$$

$$\lambda = \frac{L}{l\sqrt{8}} \tag{4}$$

$$l = \sqrt[4]{\frac{E \cdot h^3}{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot k}} \tag{5}$$

$h$  = espesor de losa (mm)

$k$  = módulo de reacción de la base (MPa)

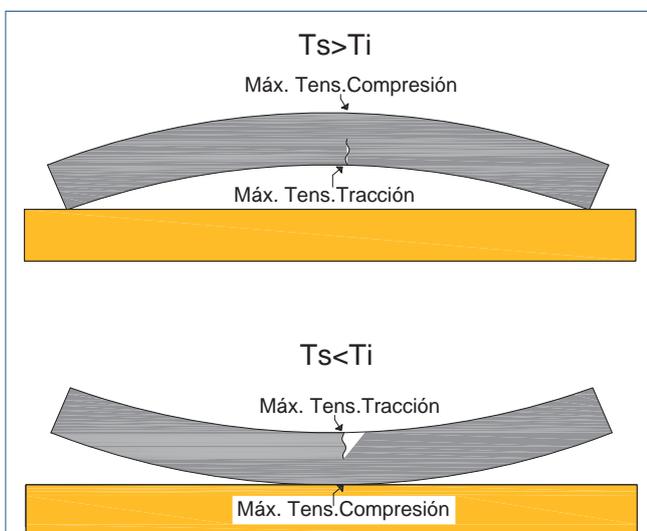


Figura 4. Tensiones máximas en losa por alabeo positivo y negativo (Robert Rodden 2006)

En las expresiones anteriores se puede ver la relación entre los parámetros antes mencionados, longitud de losa, coeficiente de Poisson, módulo de reacción de la base, y las tensiones que se generan. Sin embargo esto sería para una diferencia térmica lineal y en un instante de tiempo concreto; pues existe una variación de las propiedades de los materiales con el tiempo.

En los actuales métodos de cálculo de diversas administraciones americanas se tienen en cuenta en los "input" los parámetros térmicos a los que se someterá la losa.

Las deformaciones conllevan a unas deflexiones que afectan directamente a la medición del IRI. Por tanto la medida del IRI a diferentes horas del día dará lugar a resultados diferentes.

Byrum [9] empleó los datos del estudio LTPP (*Analysis: Factors Affecting Pavement Smoothness*) realizado por la FHWA, *Federal Highway Administration U.S. Department of Transportation*) donde se analizaba el alabeo de diferentes pavimentos para obtener un índice de curvatura en las losas. Este índice de curvatura BCI (*Byrum Curvature Index*) representa la curvatura que puede tener un pavimento de hormigón debido a la temperatura, humedad, tipo de material o tipo de junta empleada. También estableció una relación entre la longitud de losa y la curvatura de la misma y su

afección en al IRI. El IRI aumenta linealmente con respecto a la curvatura de la losa y exponencialmente con respecto a la longitud de losa. Esto lo estableció en la expresión siguiente:

$$IRI = 0,5945 \cdot (Curvature\ Magnitude) \cdot e^{0,1595 \cdot (Length\ arc)} \quad (6)$$

*Curvature Magnitude*  $\equiv$  curvatura de la losa en 1000/m  
*Length arc*  $\equiv$  longitud de losa entre juntas para losas entre 4 y 8 m.

Otros estudios recientes como el titulado "*Evaluating the effects of concrete pavement curling and warping on ride quality*" efectuado por *David K. Merritt et al. (2015)* [10] evalúan, además de los cambios térmicos en un día, la variación del IRI en estaciones climáticas diferentes, para las mismas horas del día. Existen otros aspectos que afectan a la regularidad, como son la disposición o no de pasadores transversales y el tipo, daño y escalonamiento de la junta entre losas.

En la figura 5 se muestra la afección que puede tener la curvatura de la losa en la regularidad, establecido en el diagrama RoCK. Los autores Chang et al. [11] establecieron hasta siete modificaciones de este diagrama según el grado de afección de la curvatura a la regularidad en pavimentos de hormigón no armado.

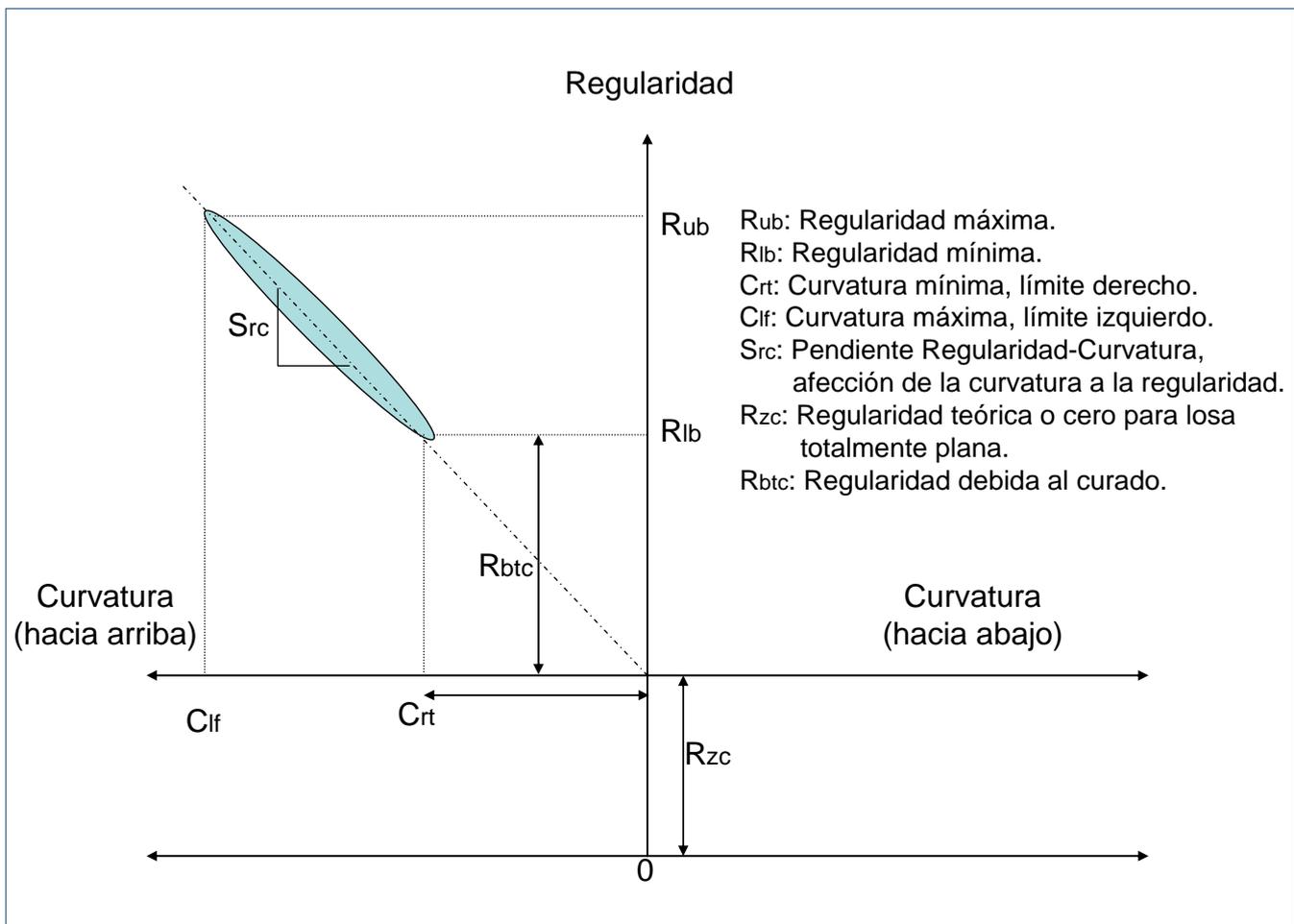


Figura 5. Diagrama "RoCK" que relaciona la curvatura y la rugosidad (Chang G.et al, 2008)

## 2. Análisis del pavimento

Para analizar la distribución de temperaturas en el espesor de la losa se emplea un software de transferencia de calor, HEAT2, efectuando una simulación por conducción. Estableciendo como condiciones de contorno la temperatura de la parte superior e inferior de la losa, es decir, un gradiente térmico positivo y otro negativo. Estas condiciones de contorno son constantes en el tiempo.

Una vez determinado el espectro de temperaturas que se alcanzan en todo el espesor, se puede confeccionar la curva de temperaturas. Esta curva se establecerá como entrada en un programa de elementos finitos, EverFE, donde se establecerá el análisis del pavimento, determinando las deflexiones y tensiones que se producen sólo por los gradientes térmicos en la losa, según la longitud de la misma, así como los esfuerzos cortantes que se producen en los pasadores. Este análisis determinará qué longitud de losa es más adecuada según en qué zona climática se coloque, así como qué afección tendrá en el valor de IRI.

### 2.1 Propiedades de los materiales y distribución térmica

Como se ha indicado el firme a analizar corresponde a la sección 214 de la Instrucción 6.1-IC de Secciones de Firme. El espesor de losa de hormigón de pavimento es de 23 cm con una resistencia a flexotracción a 28 días de 4,5 MPa, HP-4,5. Se apoya en una capa de 15 de hormigón magro de resistencia a compresión a 28 días de 15 MPa, HM-15. La subbase está compuesta por capa de zahorra artificial de 20 cm de espesor. El subyacente será una explanada tipo E1 con un valor de módulo de compresibilidad  $E_{v2} = 60$  MPa.

Los pasadores transversales estarán compuestos por barras lisas de acero, de 25 mm de diámetro y 50 cm de longitud, del tipo S-275-JR con una separación entre barras de 30 cm. Las barras longitudinales estarán compuestas de acero corrugado B 500 S de 12 mm de diámetro y 80 cm de longitud con una separación entre barras de 1 m.

No se contempla adherencia entre la capa de hormigón de pavimento y la base de hormigón magro. Se establece adherencia entre el resto de capas.

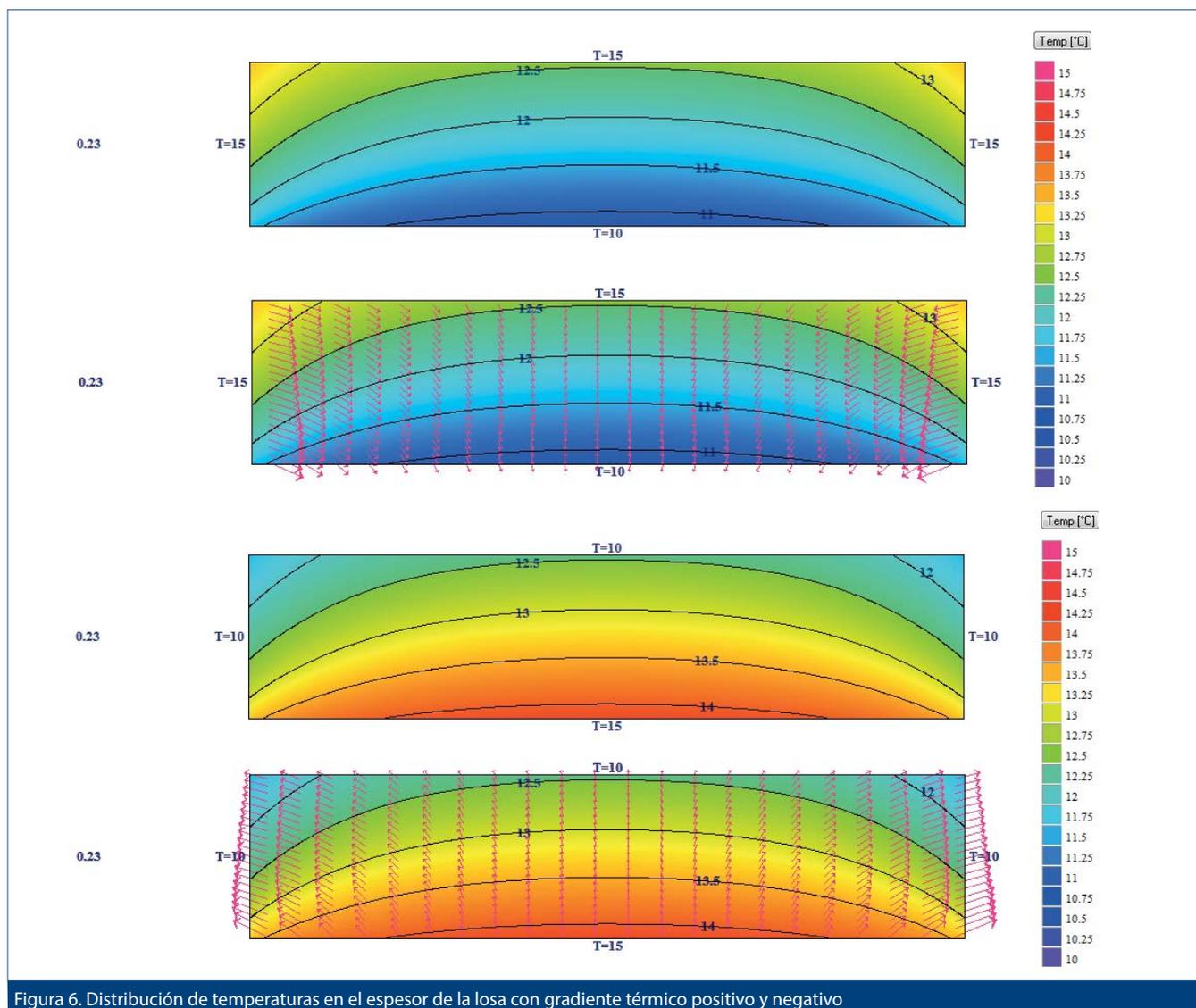


Figura 6. Distribución de temperaturas en el espesor de la losa con gradiente térmico positivo y negativo

En la tabla 1 se establecen las propiedades de los materiales del pavimento a analizar. La expresión (7) de la ACI relaciona la resistencia a flexotracción (MR) y la resistencia a compresión del hormigón ( $F_c/f_{ck}$ ). Con la expresión (8) de la ACI se obtiene el módulo elástico del hormigón. La expresión (9) relaciona el módulo de compresibilidad  $E_{v2}$  con el módulo elástico E.

$$MR = 2,3 \cdot F_c^{\frac{2}{3}} \left(\frac{lb}{in}\right) \quad (7)$$

$$E = 3,32 \cdot f_{ck}^{0,5} + 6,3 \text{ (GPa)} \quad (8)$$

$$E = \pi \cdot (1 - \nu^2) \cdot E_{v2} / 3 \text{ (MPa)} \quad (9)$$

En las figuras siguientes se establece la distribución de temperaturas en el espesor de la losa con un gradiente de temperatura de 5 y -5 °C. La figura 6 muestra la curva de temperaturas en todo el espesor, curva que se empleará en la modelización del firme. Se puede apreciar en el diagrama de flechas de la figura 6 cómo con en el gradiente térmico positivo la temperatura va desde los bordes hacia

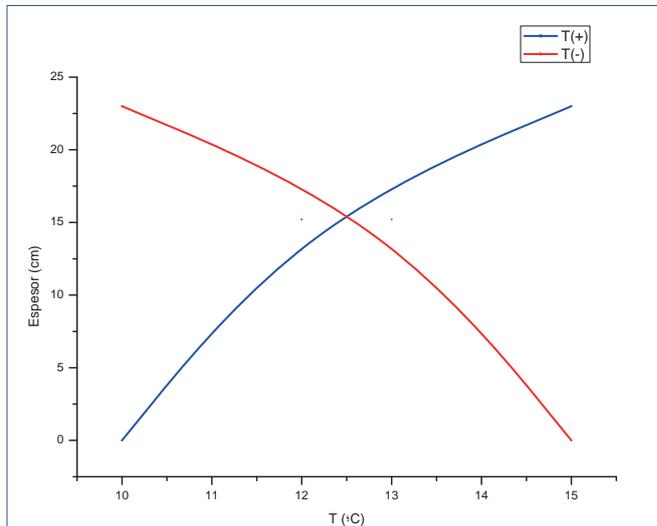


Figura 7. Curva de temperaturas en el espesor de la losa con gradiente térmico positivo y negativo

el interior produciendo el alabeo convexo. Por el contrario con gradiente térmico negativo el efecto es inverso, tal y como indicaba Neeraj Butch et al.

Tabla. 1 Propiedades de los materiales

| Material | Densidad $\rho$ (t/m <sup>3</sup> ) | M. Elástico E (MPa) | C. Poisson $\nu$ | C. Específ. $C_p$ (J/Kg*K) | C. Térmica K (W/m*K) | Difusiv. Térmica D (m <sup>2</sup> /s) | CTE. $\alpha$ (°C <sup>-1</sup> ) |
|----------|-------------------------------------|---------------------|------------------|----------------------------|----------------------|--|-----------------------------------|
| HP-4.5   | 2400                                | 25 400              | 0,15             | 880                        | 1,4                  | 6,92*10 <sup>-7</sup>                  | 8,5*10 <sup>-6</sup>              |
| HM-15    | 2400                                | 19 200              | 0,15             | 880                        | 1,4                  | 6,92*10 <sup>-7</sup>                  | 8,5*10 <sup>-6</sup>              |
| ZA-25    | 2100                                | 500                 | 0,30             | -                          | -                    | -                                      | -                                 |
| E1       | 1800                                | 55                  | 0,35             | -                          | -                    | -                                      | -                                 |
| S-275-JR | 7850                                | 210 000             | 0,30             | -                          | -                    | -                                      | 1,2*10 <sup>-5</sup>              |
| B 500 S  | 7850                                | 210 000             | 0,30             | -                          | -                    | -                                      | 1,2*10 <sup>-5</sup>              |

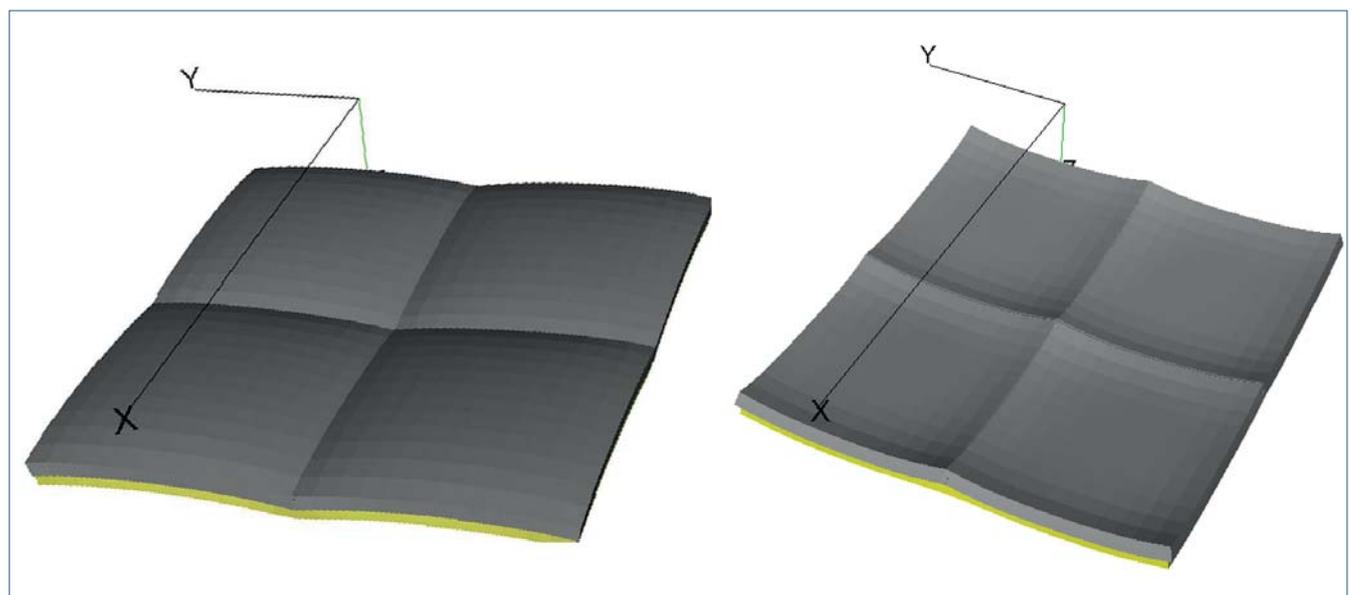


Figura 8. Alabeo en la sección 214 (losa L=4 m) con gradiente térmico positivo (izda.) y negativo (dcha.)

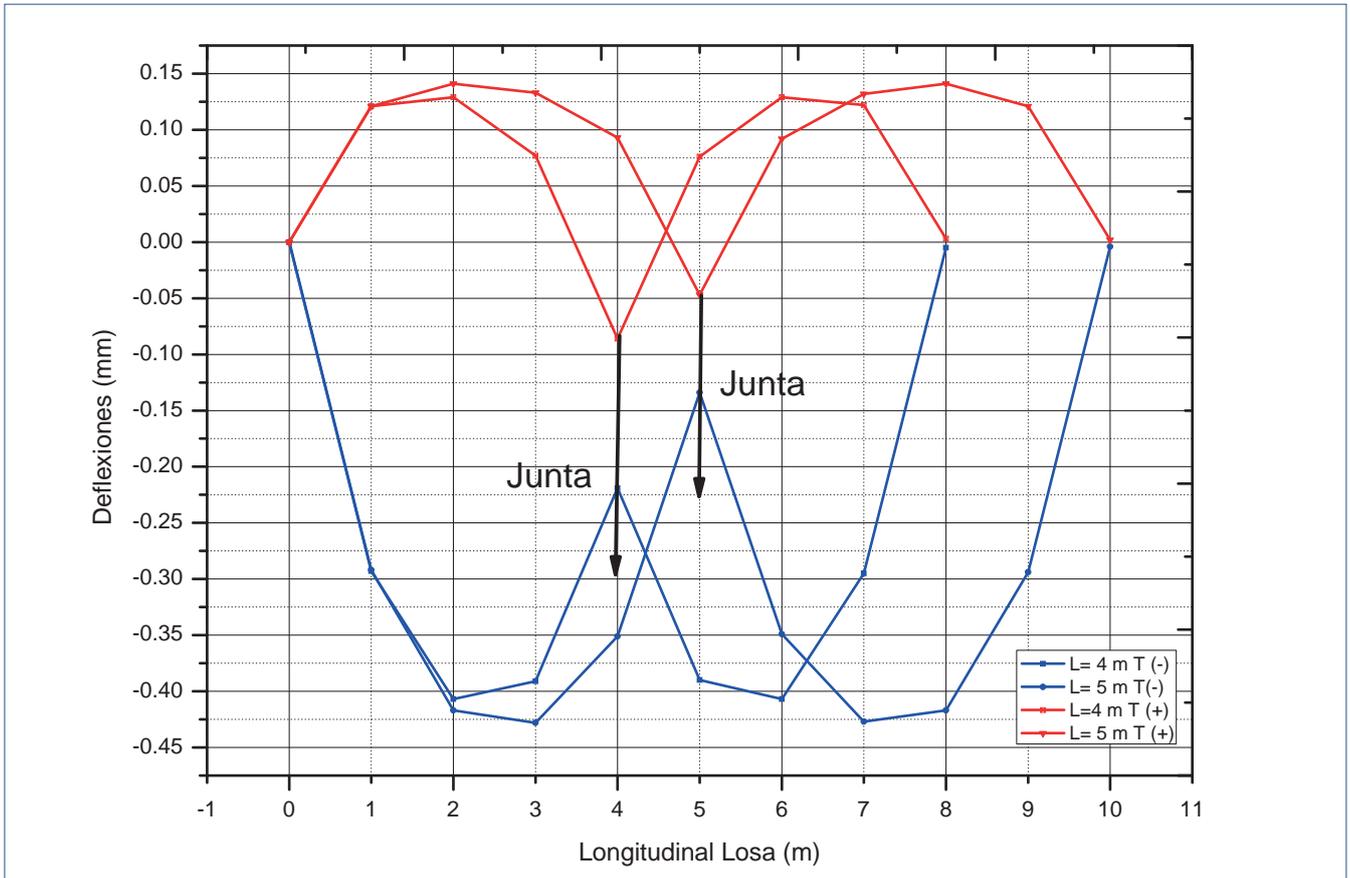


Figura 9. Alabeo en losa de 4 y 5 m con gradiente térmico positivo y negativo

En el análisis no se establece carga debido a ningún tipo de eje, sólo se establecen los gradientes térmicos indicados, analizando así las deflexiones que se producirán en cada losa. La figura siguiente muestra la deformada de las losas de 4 m de longitud ante los gradientes térmicos mencionados.

### 2.2 Deflexiones y tensiones en el pavimento

En la gráfica de la figura 9 se pueden ver las deflexiones que se producen a lo largo de losa según el gradiente térmico aplicado. En la losa de longitud  $L=4$  m la máxima deflexión, para gradiente térmico negativo, es de  $|d|= 40,7 (10^{-2} \text{ mm})$ , y para gradiente positivo es de  $|d|=12,9 (10^{-2} \text{ mm})$ . Para la losa de longitud  $L= 5$  m la deflexión máxima, para gradiente térmico negativo, es de  $|d|= 42,8 (10^{-2} \text{ mm})$ , y para gradiente térmico positivo es de  $|d|= 14,1 (10^{-2} \text{ mm})$ . También se puede apreciar la efectividad de los pasadores transversales y por tanto la transferencia de cargas entre losas. Existe una mayor deflexión en las losas de mayor longitud con el mismo espesor; sin embargo, el valor no es muy alto debido al tipo de base. Las mayores deflexiones se producen con el gradiente térmico negativo.

A mayor longitud de losa y espesor constante, el alabeo aumenta con un gradiente térmico negativo hasta una

longitud crítica, donde la deflexión no aumenta, tal y como estudió Eisenmann and Leykauf [7].

Como se ha indicado la importancia del tipo de base y por tanto de su módulo  $k$  de reacción también afectará al alabeo, reduciéndose en caso de bases más rígidas.

En este caso no se ha tenido en cuenta la adherencia entre la base y la losa, como ya se indicó. El efecto de adherencia afectará tanto en la cuantía del alabeo como en la simetría del mismo.

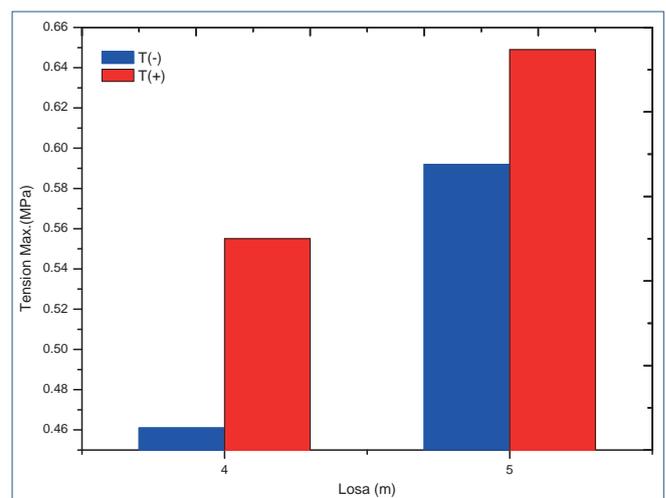


Figura 10. Tensiones máximas en losa de 4 y 5 m con gradiente térmico positivo y negativo

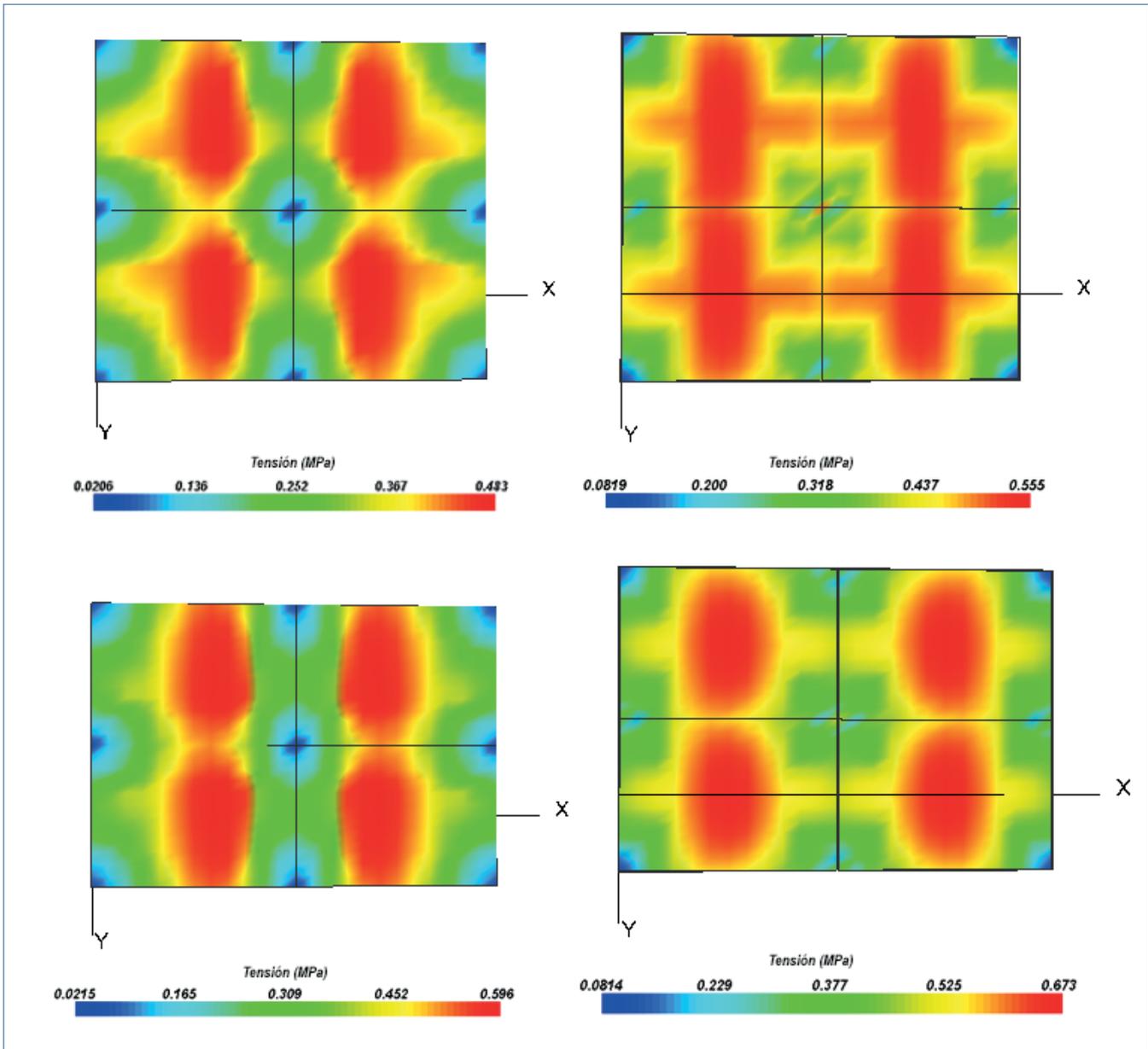


Figura 11. Mapa de tensiones máximas en losa de 4 y 5 m con gradiente térmico negativo (izda.) y positivo (decha.)

Las mayores tensiones que soporta la losa con gradiente negativo se producen en la fibra superior de la sección. Lo contrario ocurre con gradiente térmico positivo. En la figura siguiente se establecen los valores obtenidos para la losa de longitud de 4 y 5 m. En la losa de L=5 m se producen mayores tensiones, favoreciéndose, por tanto, la aparición de futuras fisuras. El aumento de tensiones es más acusado en las losas con diferente longitud y gradiente térmico negativo.

En la figura 11 se muestran los mapas de tensiones máximas sobre las losas, según el tipo de gradiente térmico. Puede apreciarse que las tensiones en centro y borde de losa son las más acusadas. También puede apreciarse que la distribución de tensiones en la zona de junta no es semejante, aunque el reparto de pasadores transversales (dowel) sí lo es: por lo que existirá una mayor fatiga en los pasadores donde se reciba una mayor carga.

En la figura 12 se establecen los valores de esfuerzo cortante que soportan los pasadores transversales en las losas con gradiente térmico negativo. Se puede apreciar que los pasadores de las esquinas soportan esfuerzos superiores a los pasadores centrales. El aumento de longitud de losa provoca un aumento en los esfuerzos a cortante.

### 2.3 Influencia en el IRI.

A continuación se efectúa el análisis de la curvatura de las losas de 4 y 5 m de longitud para los gradientes térmicos indicados. Se establece la medición de las deflexiones en los bordes y centro de losa a lo largo del eje longitudinal.

En la tabla siguiente se establecen los valores de curvatura; se puede apreciar que la curvatura para la losa de longitud 4 m es algo superior a la curvatura de la losa de

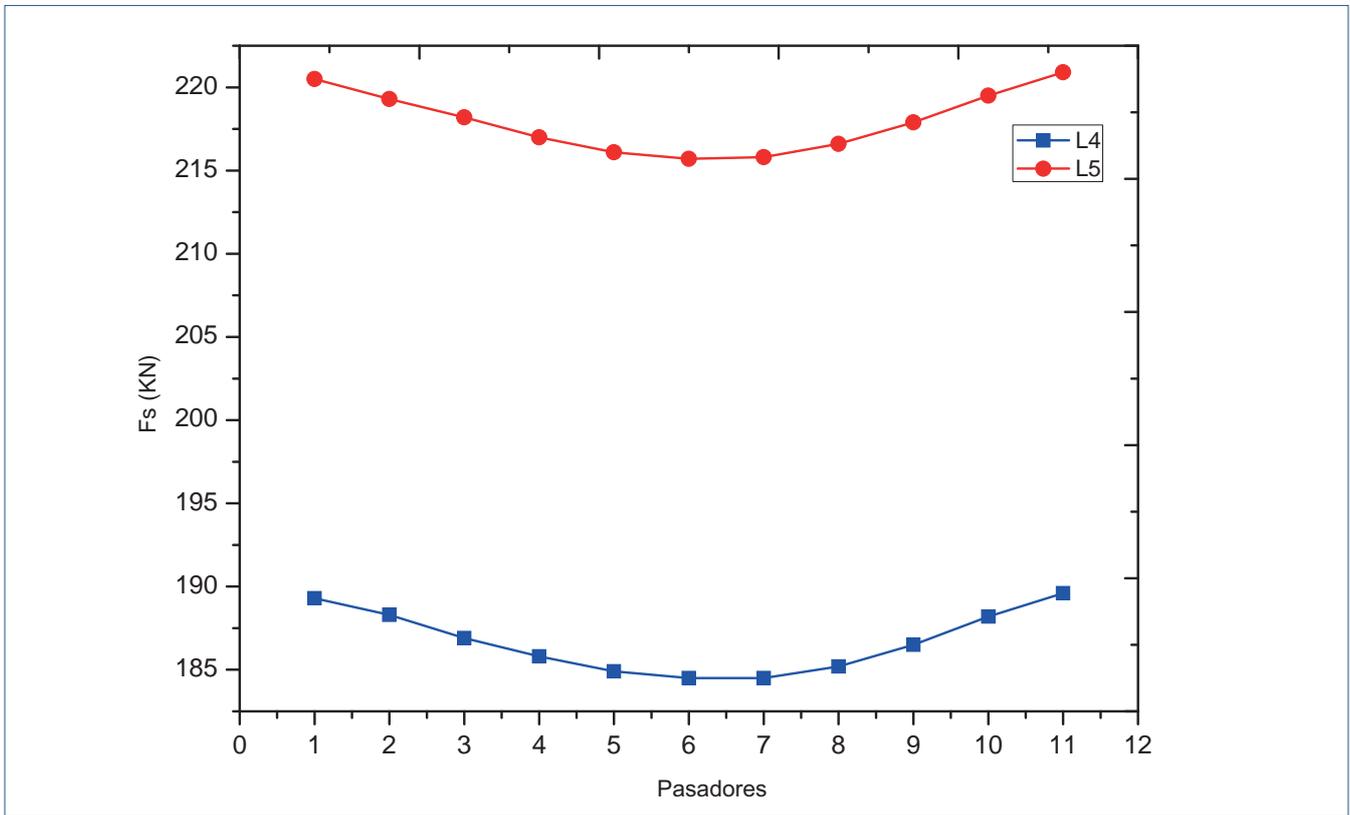


Figura 12. Esfuerzos a cortante en los pasadores de las losas de 4 y 5 m con gradiente negativo

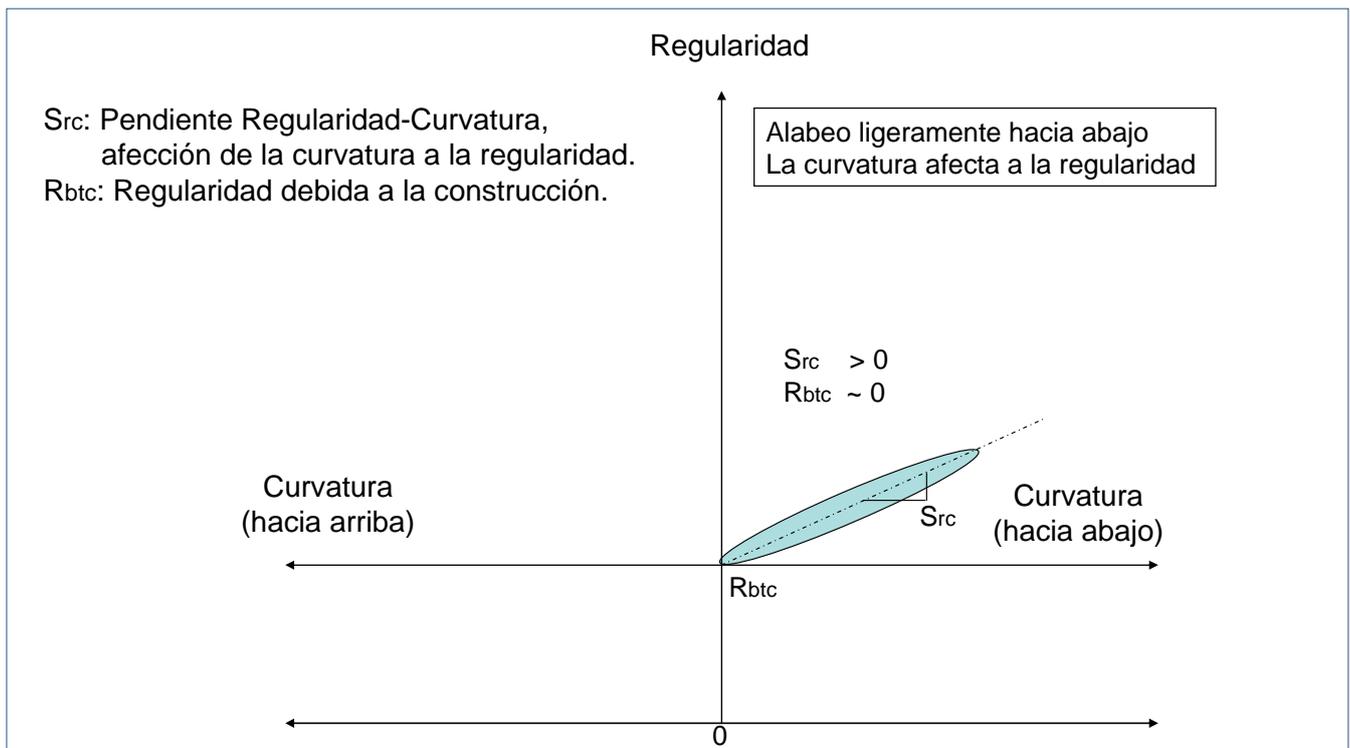


Figura 13. Diagrama "RoCK" que relaciona la curvatura y la rugosidad, caso de baja afección (Chang G.et al, 2008)

longitud de 5 m. En la expresión (6) de Byrum se establece que para un mismo valor de curvatura el valor del IRI aumenta al aumentar la longitud de losa. Aplicando dicha expresión podemos comprobar que los valores de IRI debido al alabeo sería de 0,17 m/km y de 0,16 m/km

para las losa de 4 y 5 m respectivamente. Aproximadamente el 8% del valor máximo permitido para el 100% de los hectómetros según indica el art. 550.7.3 del PG-3. En este caso estaríamos en el caso indicado por Chang et al. mostrado en la figura 5.

Tabla 2. Valores de afección al IRI por efecto térmico

| T (-) |                 |                               |            |
|-------|-----------------|-------------------------------|------------|
| L (m) | Deflex Máx (mm) | Curvatura $\Delta R$ (1000/m) | IRI (m/km) |
| 4     | 1520            | 0,15                          | 0,17       |
| 5     | 1525            | 0,12                          | 0,16       |
| T (+) |                 |                               |            |
| L (m) | Deflex Máx (mm) | Curvatura $\Delta R$ (1000/m) | IRI (m/km) |
| 4     | 1395            | 0,06                          | 0,06       |
| 5     | 1390            | 0,05                          | 0,07       |

Para el gradiente térmico positivo los valores son inferiores que para gradiente negativo, obteniéndose valores semejantes y sin afección particular al IRI. En este caso estaríamos en el caso mostrado en la figura 13.

En primer lugar se puede indicar que existe una afección al IRI en función del gradiente térmico. En segundo lugar se establece, que para cada gradiente térmico estudiado, y diferente longitud de losa los valores son muy semejantes, siendo superiores los obtenidos con gradiente térmico negativo sobre los obtenidos con gradiente térmico positivo. Es decir, la disminución de la curvatura de la losa de 5 m tiene un mayor peso en el valor del IRI que la longitud de la misma.

## 5. Conclusiones

A continuación se establecen las conclusiones más importantes del estudio realizado.

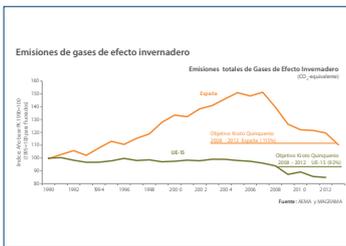
- 1) Se efectúa el análisis del efecto térmico en la sección 214, de pavimento de hormigón, de la Instrucción 6.1-IC; con dos longitudes de losa de 4 m y 5 m, aplicando un gradiente térmico positivo y otro negativo entre la parte inferior y superior de la losa.
- 2) En ambas losas se produce un alabeo positivo y negativo que será de carácter cíclico a lo largo del día, siendo más acusado en zonas con climas más continentales
- 3) El alabeo provoca cambios en las tensiones máximas entre la parte superior e inferior de la losa, siendo más acusadas en las losas de mayor longitud.
- 4) Las deflexiones obtenidas con gradiente térmico negativo son superiores a las obtenidas con gradiente térmico positivo, siendo el alabeo negativo el más perjudicial.
- 5) Los esfuerzos cortantes obtenidos en los pasadores transversales con gradiente térmico negativo son superiores a los obtenidos con gradiente térmico positivo. Los pasadores transversales no soportan los mismos esfuerzos cortantes, siendo los pasadores de las esquinas los que más esfuerzo reciben, pudiendo tener una fatiga mayor.

- 6) Para el firme y gradiente térmico estudiado la curvatura obtenida en las losas de 5 m son algo inferiores a las obtenidas en las losas de 4 m.
- 7) Existe una afección directa entre el alabeo y el IRI, siendo más acusado con gradiente térmico negativo, con un valor de 0.17 m/km para la losa de 4 m. Por lo tanto la hora del día en que el que se efectúe la medición del IRI afectará al resultado del mismo.
- 8) De cara a la unidad terminada se debe tener en cuenta el efecto del alabeo en la medición del IRI.

## 6. Bibliografía

- 1) Choubale, Tia, "Nonlinear temperature gradient effect on maximum warping stresses in rigid pavements. Transportation Research Record 1370.
- 2) Norma 3.1-IC Trazado, Instrucción de Carreteras. Ministerio de Fomento
- 3) Norma 6.1-IC Secciones de Firme, Instrucción de Carreteras. Ministerio de Fomento.
- 4) Curso sobre los pavimentos de carreteras y sus materiales. Asociación Técnica de la Carretera. 2012
- 5) Rao S. & Roesler J. R. Characterizing effective Built-in Curling from Concrete Pavement Field Measurements. Journal of Transportation Engineering. 131, 4, 320-327. 2005.
- 6) Roesler, J. R. Fatigue of Concrete Beams and Slabs. Ph. D. Dissertation, University of Illinois, Urbana, IL. 1998.
- 7) Eisenmann, J. and Leykauf, G. Effect of Paving Temperatures on Pavement Performance. Proceedings, 2<sup>o</sup> International Workshop on Theoretical Design of Concrete Pavements. 1990.
- 8) Robert Rodden, thesis "Analytical modeling of environmental stresses in concrete slabs". University of Illinois at Urbana-Champaign, 2006.
- 9) Byrum, Christopher R. PhD, "The Effect of Slab Curvature on IRI Values for Jointed Concrete Pavements"
- 10) Merritt David K et al. "Evaluating the effects of concrete pavement curling and warping on ride quality". Report No. CDOT-2015-07. Colorado Department of Transportation. 2015.
- 11) Chang G.K et al. "Quantifying the impact of jointed concrete pavement curling and warping on pavement unevenness." 6<sup>o</sup> Symposium on Pavement Surface Characteristics: SURF 2008. 2008.
- 12) Andrew C. et al. "Shrinkage and thermal cracking of fast setting hydraulic cement concrete pavements in Palmdale, California". California Department of Transportation. 1999.
- 13) Rodden R. "Analytical modeling of environmental stresses in concrete slabs". University of Illinois at Urbana-Champaign. 2004.
- 14) Harr.M.E. "Warping stresses and deflections in concrete slabs". Purdue University Lafayette Indiana. 1958

# La Huella de Carbono y su aplicación a la vialidad invernal



## The Carbon Footprint and Its Application To Winter Maintenance

Redactado por:

**Luis Ayres Janeiro  
Marian Basurto Álvarez**

**Luis Fernández Gorostiza  
Pablo Saiz Villar**

**Grupo de Trabajo de Sostenibilidad,  
Comité de Vialidad Invernal  
Asociación Técnica de Carreteras**

### Resumen

Con la idea de dar un primer paso en el sector de la conservación de infraestructuras y más concretamente en la actividad de la vialidad invernal, desde el grupo de trabajo de sostenibilidad perteneciente a al comité de vialidad invernal de la ATC se ha realizado una prueba piloto para el cálculo de la huella de carbono.

El objetivos principales consisten en tener conciencia de que hay que tener una implicación con la sostenibilidad, el mejorar la imagen de la organización que la calcula y el estar preparados ante futuros requerimientos legales.

Al tratarse de una prueba piloto donde se han obtenido datos de un número pequeño de centros de conservación, esto ha servido para sentar las bases de qué y cómo se ha de registrar la información para el cálculo posterior de la Huella de carbono aplicada a la vialidad invernal en los contratos pertenecientes al Ministerio de Fomento.

### Abstract

In order to make an initial move into the infrastructure maintenance industry - or more specifically, into the field of winter highway administration - the Sustainability Working Group of ATC's winter highway committee has carried out a pilot project to calculate its carbon footprint. The main objectives of this project were to create awareness of the need to commit to sustainability, to improve the image of the organisation making the calculation and to do the groundwork for any future legal requirements that may arise. As data has been collected from a small number of maintenance centres in this pilot, the project has served to establish the ground rules of what information should be registered, and how it should be registered, so as to subsequently calculate the carbon footprint of winter highway maintenance in contracts signed with the Ministry of Public Works & Transport.

## 1. Introducción

La evolución en los últimos años de la opinión mundial sobre el cambio climático y sus consecuencias, ha llevado a la implementación de medidas desde la propia acción ciudadana, a nivel individual, hasta la de grandes organizaciones o empresas, a nivel colectivo, impulsada por las políticas definidas por los Gobiernos. Es por todos conocida la última Cumbre sobre el Clima celebrada en París del pasado año, donde se reunieron 195 países para tratar de alcanzar compromisos para frenar el denominado “cambio climático”. El objetivo primordial era que los países firmantes aplicasen políticas que reduzcan las emisiones.

Los gases de efecto invernadero emitidos a la atmósfera forman una capa que dificulta que las radiaciones solares que inciden en la tierra puedan ser reflejadas al exterior, generando un aumento de la temperatura. Este aumento de la temperatura da lugar a un proceso que tiene asociados una serie de impactos que afectan a todos los niveles, desde los propios seres vivos hasta la eventual modificación de las condiciones climáticas.

El problema está en que muchas de las actividades provocadas por el ser humano han contribuido a romper el equilibrio existente entre las emisiones recibidas y reflejadas. La industria, el transporte y el uso del suelo han hecho aumentar la concentración de dichos gases, provocando un aumento de la temperatura media global respecto del nivel preindustrial, según algunos científicos. Por otra parte, éstos también sostienen que otros fenómenos climáticos como inundaciones, sequías y ciclones, están relacionados con el cambio climático.

España es un país que, por su ubicación geográfica y sus condiciones climáticas, es vulnerable al cambio climático. Los principales problemas de dicho proceso serán la afeción a los recursos naturales (disminución de los recursos hídricos, pérdida de diversidad biológica, etc.). La afeción a los recursos naturales sería ya por sí sola un problema, que se vería agravado por los procesos externos formados como consecuencia de esos efectos: eventos extremos de temperatura y precipitación (con gran influencia sobre el medio y los sectores económicos), que pese a que se prevé que ocurran a nivel mundial, en Europa se acentuarían en la zona del Mediterráneo y en la zona del Este.

Pues bien: se han desarrollado varios indicadores ambientales con el propósito de dar información. Transformar esta información en cuantificable permitirá tomar una referencia de dónde estamos y qué medidas debemos tomar para mejorar dichos indicadores.

Uno de ellos es la denominada Huella de Carbono, que se puede definir como un indicador que sirve para medir la cantidad de gases efecto invernadero (GEI) que son emitidos a la atmósfera de forma directa o indirecta, derivados del desarrollo de una actividad o de la producción o consumo de cualquier producto.

La huella de carbono considera a 6 gases como máximos responsables del efecto invernadero:

- Dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ )
- Metano ( $\text{CH}_4$ )
- Óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ )
- Hidrofluorocarbonos (HFC)
- Perfluorocarbonos (PFC)
- Hexafluoruro de azufre ( $\text{SF}_6$ ).

La huella de carbono se mide en toneladas equivalentes de dióxido de carbono ( $\text{tCO}_2\text{e}$ ). Esta unidad es la elegida para expresar los diferentes gases de efecto invernadero. La medida se calcula multiplicando las emisiones de cada uno de los 6 GEI por su respectivo potencial de calentamiento global (PCG) al cabo de 100 años.

Con lo definido, cualquier empresa, actividad o producto, podría tener su propia Huella de Carbono, siendo el objetivo del presente artículo el análisis de la aplicación de este indicador al servicio de vialidad invernal en la Red de Carreteras del Estado.

Identificar las fuentes de emisiones de GEI de una organización permite definir objetivos de mejora, estrategias de reducción de emisiones, optimización de la gestión de los recursos y aumento de la eficiencia. Por otra parte se ponen de manifiesto los puntos críticos para la reducción de emisiones. Por ejemplo, una de las principales fuentes de emisión de gases en la operación de la vialidad invernal es el consumo de combustible de los camiones que realizan la actividad. El uso de combustibles alternativos (cuando sea posible), unido a un plan de conducción eficiente para optimizar el consumo, serían medidas a adoptar para reducir emisiones. Aunque todavía no es posible el plantearse la utilización de alternativas en el combustible, sí es verdad que los nuevos vehículos son mucho menos contaminantes, ya que incorporan medidas para controlar las emisiones.

### Evolución de la Huella de Carbono

El 1997 se aprobó el Protocolo de Kioto que entró en vigor en febrero de 2005. Algunos de los países que se adherieron al mismo fueron Japón, Canadá, Rusia... pero sin embargo, la ausencia de países como EE. UU. o China supusieron uno de los grandes puntos débiles de este acuerdo internacional.

El principal objetivo fue la reducción en las emisiones de gases de efecto invernadero, al menos en un 5 % durante el periodo 2008-2012 respecto de los niveles de 1990. Cada país o grupo de países puso sus propios objetivos: por ejemplo la Unión Europea se comprometió a reducir sus niveles un 8 %, y Japón un 6 %.

### Situación internacional de la Huella de Carbono

Calcular la huella de carbono es algo que ya se tiene en cuenta a nivel mundial, pues el cambio climático y el

problema de los gases de efecto invernadero es global, de forma que la puesta en marcha de medidas para minimizar el daño es internacional.

En cada país los esfuerzos y requerimientos en cuanto a la reducción de los gases de efecto invernadero y al cálculo de la huella de carbono son diferentes. La mayoría de los países se han involucrado y se han marcado objetivos concretos para reducir las emisiones de gases de efectos invernadero.

Sin embargo en la mayoría de los países siguen siendo de libre elección acciones como el cálculo de la Huella de Carbono o la definición de un plan de reducciones. También existen países que apuestan por ciertas obligaciones al respecto:

- El etiquetado de la Huella de Carbono de Bienes y Servicios se aprobó como Ley por el Parlamento de la Unión Europea junio de 2008.
- Inglaterra se ha convertido en líder, tanto a nivel europeo como a nivel mundial, en la elaboración de estrategias y herramientas de determinación y valorización de la huella de carbono. El Gobierno inglés creó *Carbon Trust*, una entidad dedicada a buscar soluciones para una economía baja en carbono. Uno de los productos más importantes desarrollados por esta entidad, en conjunto con el *British Standards Institute*, es el PAS (*Publicly Available Standard*) 2050, una herramienta que sirve para la verificación de la huella de carbono. Fue publicada en 2008; posteriormente en 2010 desarrollaron también el PAS 2060. Son estándares que buscan no solo la compensación de las emisiones sino también su reducción. Son utilizados en múltiples países, como por ejemplo en España.
- Francia, junto con Inglaterra, apuesta por el cálculo de la huella de carbono como herramienta de medida. La ley "Grenelle 2" señala que las empresas con más de 500

empleados y las colectividades territoriales de más de 50 000 habitantes tienen la obligación de calcular su huella de carbono a partir de 2010.

- Otro caso, es México, donde en 2004 se creó el Programa GEI México, programa nacional voluntario para el reporte de datos relativos a la generación de este tipo de gases. Tiene el objetivo de combatir el cambio climático desde acciones voluntarias, y según el grado de avance se concede un reconocimiento:
  - GEI 1: certificado por el reporte del inventario de emisiones de GEI.
  - GEI 2: certificado del inventario de emisiones y desarrollo de estrategias de mitigación.
  - GEI3: certificado por la reducción de emisiones.
- Nueva Zelanda desde 2007 tiene una Estrategia para la Huella de Carbono del Ministerio de Agricultura y Fomento, que busca la manera de mitigar la huella de carbono, con miras a aumentar la competitividad conservando la sostenibilidad.
- Brasil, tiene puesto en marcha un programa de inscripción de GEI, similar al comentado en México.

## Situación a Nivel Nacional

Según el Perfil Ambiental de España 2010, el desarrollo del índice de emisiones de los GEI mantiene una trayectoria mayoritariamente creciente durante el periodo 1990-2009; hasta el 2007 que supone un punto de inflexión, en el que comienza una relevante caída durante los años 2008 y 2009. Parece que este descenso es debido a un cambio en la actividad socioeconómica del país, junto con una forma de obtención de energía a favor de las renovables.

España se comprometió en el acuerdo del protocolo de Kioto a que en el periodo 2008-2012 no se superasen en más de un 15 % las emisiones del año 1990.

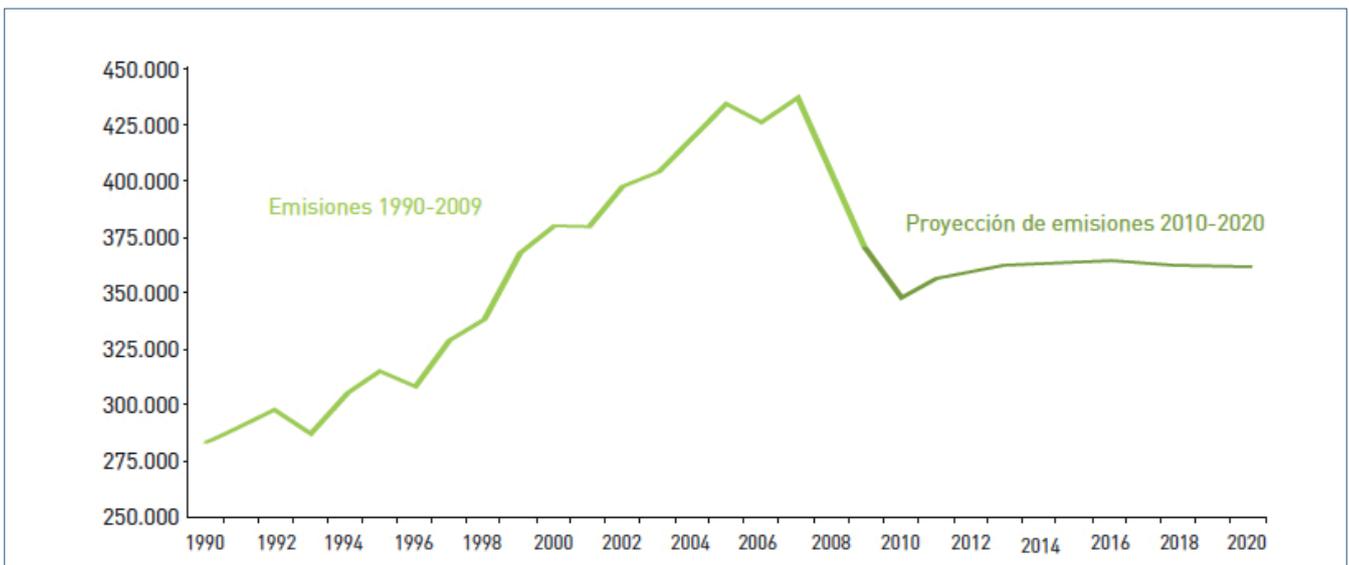


Figura 1. Inventario Nacional de Emisiones del MARM

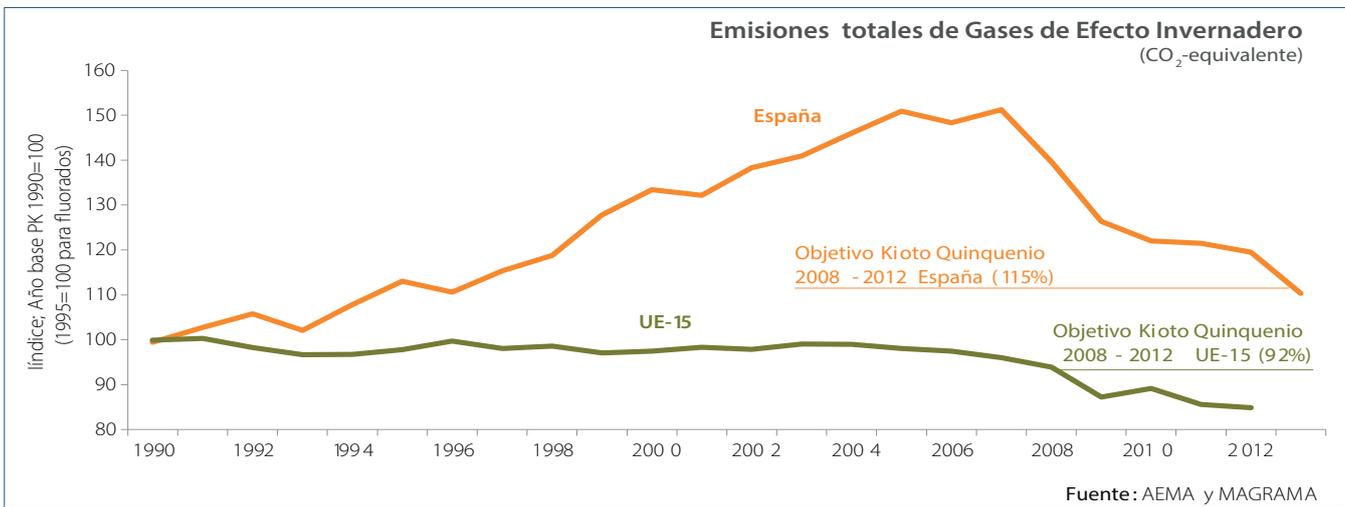


Figura 2. Emisiones de gases de efecto invernadero

Los valores de emisiones de GEI han ido aumentando progresivamente desde 1990. A continuación se muestra un gráfico donde se recoge la tendencia en dichas emisiones:

En España, con la declaración del Real Decreto 163/2014 de 14 de marzo de 2014, se da un paso en lo relativo al cálculo de las emisiones generadas, puesto que se crea el **Registro de Huella de Carbono, Compensación y Proyectos de Absorción de dióxido de carbono** (BOE nº 77, de 29/03/2014). Es un sello oficial del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente que reconocerá a las empresas que se acojan voluntariamente a esta iniciativa.

El objetivo del registro es promover que las empresas desarrollen políticas que tengan en cuenta al medio ambiente, puesto que la participación en el registro es de carácter totalmente gratuito y voluntario, estando dirigido a personas físicas o jurídicas, públicas o privadas, y trabajadores autónomos que deseen participar en el mismo.

## 2. Objetivos y cálculo

La Huella de Carbono no solo sirve para contribuir a la mitigación del cambio climático, sino que también permitirá la creación de estrategias más efectivas, que mejorarán la eficiencia de la empresa u organización, dando un mejor uso a los recursos y al desarrollo de procesos de producción, favoreciendo las relaciones con otros equipos en la cadena de trabajo (por lo que se conseguirá mayor implicación de estos) y la mejora de la rentabilidad.

**Con el cálculo de la huella de Carbono se consigue, por un lado, una mejor imagen de la organización que la calcula, aumentando su implicación por la sostenibilidad; y por otro lado la preparación ante futuros requerimientos legales.**

Es importante destacar que la Huella de Carbono puede obtenerse tanto de una organización, de una actividad o de un producto.

Lo primero que se debe hacer a la hora de calcular la huella de carbono es identificar las diferentes fuentes de emisión. De forma genérica se dividen estas entre directas e indirectas.

- Las emisiones directas de GEI serían las emisiones producidas por el consumo de combustible.
- Las emisiones indirectas de GEI serían las asociadas al consumo de energía eléctrica.

Se suele entender como “fijar límites o alcances” al ejercicio de determinar qué fuentes se tienen en cuenta a la hora del cálculo y cuáles se excluyen. Se suele dividir en tres límites o alcances para la medición de la huella. La definición de cada uno de ellos es la siguiente:

- **Alcance 1:** Incluye todas las emisiones directas, es decir, las que provienen de fuentes que son propiedad de la empresa o controladas por ella.
- **Alcance 2:** Incluye las emisiones indirectas asociadas a la energía que consume la empresa.
- **Alcance 3:** Otras emisiones indirectas. Algunos ejemplos de actividades de alcance 3 son la extracción y producción de materiales que adquiere la organización, los viajes de trabajo con medios externos, el transporte de materias primas, de combustibles y de productos (por ejemplo, actividades logísticas) realizados por terceros, o la utilización de ¿????

## Métodos para el cálculo de la Huella de Carbono

Existen varias formas de certificación de la huella de carbono.

1. Se puede certificar su cálculo.
2. Se puede acreditar su cálculo y su reducción.
3. Llegado el caso más ideal y avanzado, se puede calcular la Huella de carbono y realizar su compensación.

Si bien el enfoque para el estudio de la Huella de Carbono es determinar las emisiones generadas de GG.EE.II- y poder tomar medidas que contribuyan a alcanzar los diferentes objetivos, las metodologías de cálculo pueden ser muy diferentes según cada país.

Tabla 1. Ejemplos de metodologías y el rango principal de utilización

| INTERNACIONAL                                  | UK                           | FRANCIA        |
|--|------------------------------|----------------|
| ISO 14064: 2012                                | PAS 2050 (uso internacional) | BP X30-323     |
| ISO 14066: 2012                                | PAS 2060                     | Bilan Carbone® |
| GHG Protocol                                   |                              |                |
| ISO 14040 e ISO 14044 (para el cálculo de ACV) |                              |                |

A continuación se presentan algunos ejemplos de metodologías y el rango principal de utilización.

Todas las metodologías para el cálculo de la huella de carbono se basan en los siguientes principios:

- Relevancia
- Integridad
- Consistencia
- Exactitud
- Transparencia

Algunas de las normas o metodologías más reconocidas a nivel internacional y europeo son las siguientes:

- *Greenhouse Gas Protocol Corporate Standard (GHG Protocol)*

Ha sido desarrollado por *World Resources Institute* y *World Business Council for Sustainable Development*. Es uno de los más utilizados tanto para cuantificar como para gestionar los gases de efecto invernadero.

El resto de metodologías se han basado en este acuerdo del *GHG Protocol*.

• **UNE-ISO 14064-1**

En 2006 se desarrolla la norma ISO 14064, según el protocolo mencionado, que se puede dividir en tres grandes bloques. El primero de ellos se centra en el cálculo de la organización, especifica sus principios y requisitos para el cálculo de las emisiones de la misma. El segundo bloque se centra en cómo reducir los GEI; y por último, el tercero trata de la validación, verificación y comunicación de los gases de efecto invernadero.

• **UNE-ISO 14069**

Publicada en 2013, es un documento para cuantificar los GEI y para la realización de un informe para las organizaciones. Se entiende como la guía para la aplicación de la norma anterior.

• **IPCC 2006 GHG Workbook**

Esta guía sirve de apoyo para el cálculo de los GEI de las organizaciones mediante el GHG Protocol. Dispone de una lista de factores de emisión para el cálculo de los GEI, en el caso de que la organización que quiera realizar el cálculo no cuente con datos suficientes.

• **Bilan Carbone**

En 2004 la Agencia Francesa de Medio Ambiente y Gestión de la Energía elaboró y puso en funcionamiento esta herramienta metodológica para la medición de GEI.

• **Indicadores GRI (Global Reporting Initiative)**

Es una iniciativa internacional en la que participan diferentes entidades, tanto públicas como privadas. El

objetivo es conseguir un marco de trabajo común a nivel mundial, unificando parámetros de cálculo y un lenguaje común.

### 3. La huella de carbono en la vialidad invernal

Debido al reto que se tiene delante se ha querido dar un primer paso, en el sector de la conservación, y más concretamente en la actividad de vialidad invernal, en el camino de dar respuesta a la demanda que tienen los consumidores o los clientes.

Las empresas del sector de conservación de carreteras, son un caso más de actividades que pueden calcular y reducir su huella de carbono, mejorando la sostenibilidad del servicio.

Para el cálculo de la huella de carbono en la actividad de vialidad invernal dentro de la conservación de carreteras se establecen una serie de puntos:

- **DESARROLLO DEL MAPA DE PROCESOS:** Lo primero es identificar las fuentes de emisión de GEI. A continuación se desarrolla un mapa de procesos relacionados con la actividad.

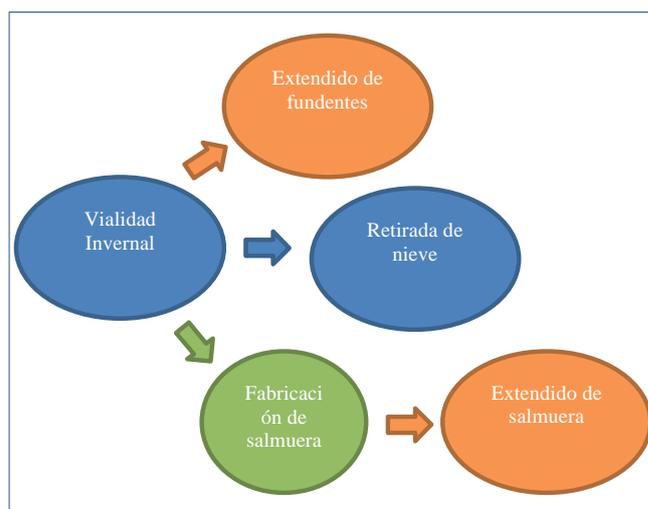


Figura 3. Desarrollo del mapa de procesos

- **DEFINICIÓN DEL ALCANCE:** como se comentaba anteriormente, todos los procesos y productos tienen su propia HdC; sin embargo, dependiendo de qué Huella de Carbono se quiera calcular, será necesario tener en cuenta una serie de procesos o no, en función del alcance y de su influencia en el balance final.

Hay que priorizar las fuentes de emisión más significativas; para ello se contemplan las siguientes:

- **Alcance 1:** Sería el consumo de combustible de los vehículos en las operaciones de tratamientos curativos y preventivos. Con este alcance queda cubierta la mayor parte del cálculo.
  - **Alcance 2:** incluye toda la electricidad que se consume en el proceso; en este caso, la energía consumida en la fabricación de salmuera.
  - **Alcance 3:** dentro de este alcance se encontraría el proceso de extracción de fundentes, el transporte hasta los centros de almacenaje; por otra parte, la fabricación de los vehículos que se utilizan y sus equipos de trabajo (p. ej. camiones, vehículos auxiliares, extendedoras de sal y salmuera,...). Al ser este alcance altamente complejo de calcular, no se va a tener en cuenta. Por otra parte este alcance es voluntario.
- RECOPIACIÓN Y TRATAMIENTO DE DATOS: ELABORACIÓN DEL INVENTARIO DE EMISIONES. PRUEBA PILOTO.

Durante la campaña de vialidad 2013-2014 se tomaron datos de una serie de centros de conservación y, con la intención de homogeneizar la información necesaria para el inventario de emisiones, se establecieron las siguientes consideraciones:

**DATOS PARA EL ALCANCE 1**

Se partió de la toma de datos por cada centro de conservación, contando con los medios adscritos al contrato en materia de vialidad invernal.

Los P.P.T.P. de los contratos de conservación integral, tienen establecidos, la duración de la campaña de vialidad invernal. Puede darse casos singulares donde el periodo sea superior a la media establecida, debido a que son sectores donde sus carreteras son de alta montaña o están en zonas con condiciones meteorológicas adversas. Por tanto, la toma de datos de cada centro se hizo cumpliendo con los meses que se establecen en su correspondiente pliego. El inventario de emisiones, con el fin de ser exclusivo de todo lo relacionado con la vialidad invernal, se hizo en los meses que duró dicho período, y con los vehículos que tenían una dedicación exclusiva a dicho servicio.

Por otra parte, era importante identificar el tipo de vehículo y tipo de combustible; y aunque la principal parte se lo llevan los camiones, se contemplaron los consumos

de la maquinaria auxiliar utilizada para otras operaciones logísticas, como carga y traslado de fundentes, consumo de turbofresas, y vehículos todo terreno que se suelen utilizar de apoyo.

**DATOS PARA EL ALCANCE 2**

Los consumos de energía para la fabricación de salmuera, en comparación con los consumos de combustible del alcance 1, eran muy inferiores a priori, pero se contemplaron. Y además, se contabilizaron los litros de salmuera fabricados.

**OTRAS VARIABLES QUE SE TUVIERON EN CUENTA**

La tecnología aplicada hoy en los vehículos de vialidad invernal permite saber los km recorridos durante los tratamientos preventivos y curativos. Esto son proporcionados por los sistemas de seguimiento de flotas que llevan incorporados los vehículos. Esta información es valiosa para relativizar los valores obtenidos.

Todo esto tiene que ver con obtener unos valores lógicos. Por ejemplo, un invierno extremadamente duro tendrá una huella mayor que un invierno suave.

Se crearon unas tablas tipo donde venían recogidos todos los datos. Se hicieron diferentes pruebas para la toma de datos para ver cuáles eran los problemas que se podían presentar en el día a día.

Por una parte se observó que los datos que se tomaban de forma mensual, se tenían que cotejar con la totalidad. Es decir, había que disponer de los km que tienen los vehículos al inicio de la campaña y al final del periodo. Y por otra parte, ocurría igual con los consumos de la maquinaria.

En referencia a la electricidad consumida por las centrales de fabricación de salmuera, daba un valor despreciable y hubo dificultad en la asignación concreta de consumo. Como mejora para siguientes campañas se planteó el establecer un contador horario que diera el número de horas reales de utilización y determinar el consumo en kWh. Se han utilizado las fichas técnicas de las diferentes centrales, donde aparecían recogidos el consumo en función de la potencia.

- RECOPIACIÓN Y TRATAMIENTO DE DATOS DE LA PRUEBA PILOTO: ELABORACIÓN DEL INVENTARIO DE EMISIONES.

Se diseñó una ficha de recopilación de datos, para que las empresas de conservación participantes en el proyecto enviaran la información necesaria para el inventario de emisiones.

| FICHA DE DATOS CALCULO DE HUELLA DE CARBONO |                            |
|---|----------------------------|
| 1   | CARACTERIZACIÓN DEL SECTOR |
| DATOS DEL SECTOR                            |                            |
| TITULO                                      |                            |
| TITULO ABBREVIADO                           |                            |
| CLIENTE                                     |                            |
| CLAVE DE EXPEDIENTE                         |                            |
| km TOTAL DEL SECTOR                         |                            |
| km AUTOVIA                                  |                            |
| km CARRETERA CONVENCIONAL                   |                            |

Figura 4A. Ficha modelo para el inventario de emisiones

| 2 CONSUMO DE COMBUSTIBLE   |                  |                        |           |          |       |         |       |       |
|--|------------------|------------------------|-----------|----------|-------|---------|-------|-------|
| TIPO DE VEHÍCULO   | TIPO COMBUSTIBLE | CONSUMO MENSUAL litros |           |          |       |         |       |       |
|  |                  | OCTUBRE                | NOVIEMBRE | DECEMBRE | ENERO | FEBRERO | MARZO | ABRIL |
| Camión 4x4 Nº1   |                  |                        |           |          |       |         |       |       |
| Camión 6x6 Nº1   |                  |                        |           |          |       |         |       |       |
| Camión 6x6 Nº2   |                  |                        |           |          |       |         |       |       |
| Turbofresa Nº1   |                  |                        |           |          |       |         |       |       |
| Mixta Nº1  |                  |                        |           |          |       |         |       |       |
| ...  |                  |                        |           |          |       |         |       |       |
| Únicamente los vehículos dedicados exclusivamente a la vialidad invernal |                  |                        |           |          |       |         |       |       |
|  |                  |                        |           |          |       |         |       |       |
|  |                  |                        |           |          |       |         |       |       |
|  |                  |                        |           |          |       |         |       |       |

| 3 CONSUMO DE ELECTRICIDAD                      |                     |           |          |       |         |       |       |  |
|--|---------------------|-----------|----------|-------|---------|-------|-------|--|
| ELEMENTO                                       | CONSUMO MENSUAL Kwh |           |          |       |         |       |       |  |
|  | OCTUBRE             | NOVIEMBRE | DECEMBRE | ENERO | FEBRERO | MARZO | ABRIL |  |
| Planta teórico para la fabricación de salmuera | *1                  |           |          |       |         |       |       |  |
|  |                     |           |          |       |         |       |       |  |
|  |                     |           |          |       |         |       |       |  |

\*1 CONSUMO TEÓRICO DE LA PLANTA CONSUMO MENSUAL DE ALMUJERA CONSUMO REAL DE LA PLANTA      kWh teóricos para cada litro fabricado Litros consumidos kWh/litro X litros /mes

| 4 CARACTERIZACIÓN DE LA CAMPANA |         |           |          |       |         |       |       |  |
|---------------------------------|---------|-----------|----------|-------|---------|-------|-------|--|
| Km tratados                     | OCTUBRE | NOVIEMBRE | DECEMBRE | ENERO | FEBRERO | MARZO | ABRIL |  |
|                                 |         |           |          |       |         |       |       |  |

| litros de Salmuera | OCTUBRE | NOVIEMBRE | DECEMBRE | ENERO | FEBRERO | MARZO | ABRIL |
|--------------------|---------|-----------|----------|-------|---------|-------|-------|
|                    |         |           |          |       |         |       |       |

Figura 4B. Ficha modelo para el inventario de emisiones

Para relativizar los datos del consumo era necesario conocer la cantidad de km tratada, y además era necesario conocer los litros de salmuera consumidos para estimar el consumo eléctrico que se debía incluir en el alcance 2.

• SEGUIMIENTO DE DATOS ENVIADOS EN LA PRUEBA PILOTO

Al finalizar la campaña se enviaron los datos relativos a 21 sectores pertenecientes al Ministerio de Fomento. El

total de sectores con vialidad invernal son 166 (incluyendo las empresas concesionarias de autopistas y los contratos de concesión de autovías de primera generación), por lo que la muestra representa un 18,1% del total.

• CÁLCULO DEL INDICADOR HUELLA DE CARBONO

Para determinar la Huella de Carbono se utilizó la Calculadora de la Huella de Carbono ofrecida por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente en

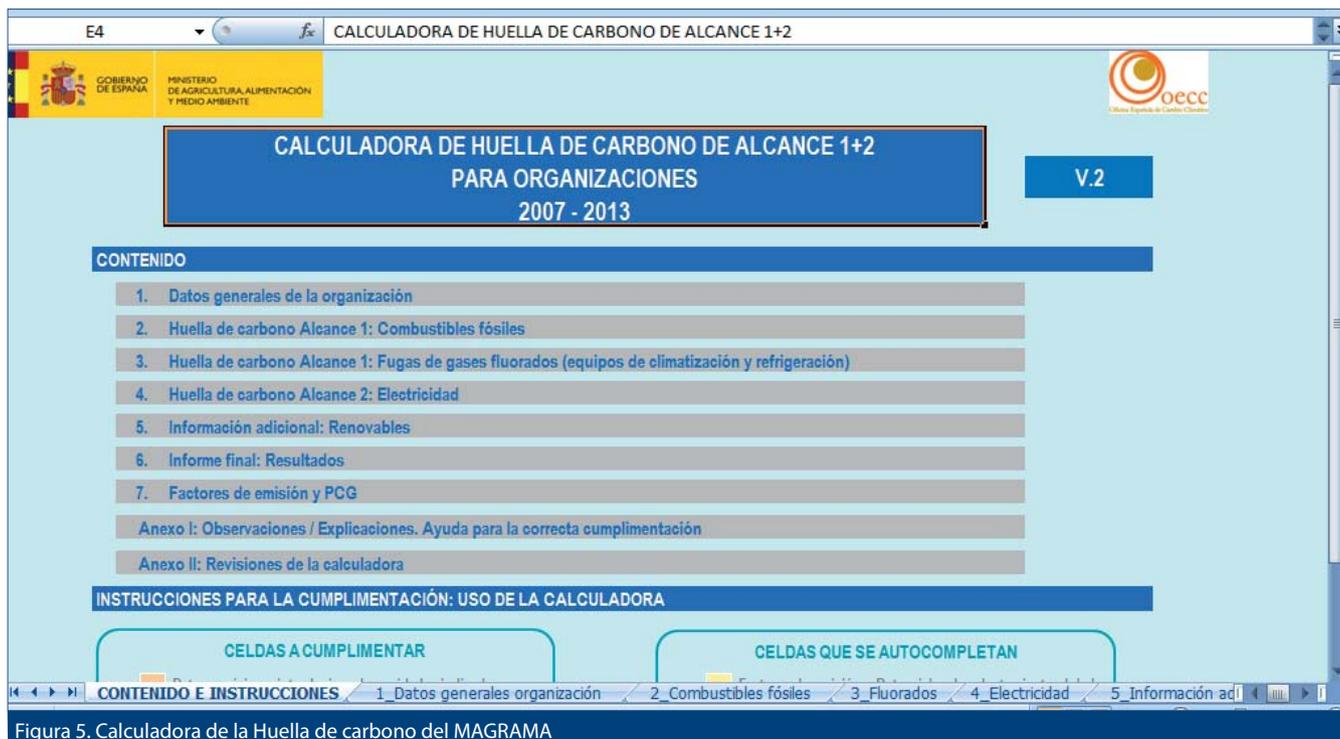


Figura 5. Calculadora de la Huella de carbono del MAGRAMA

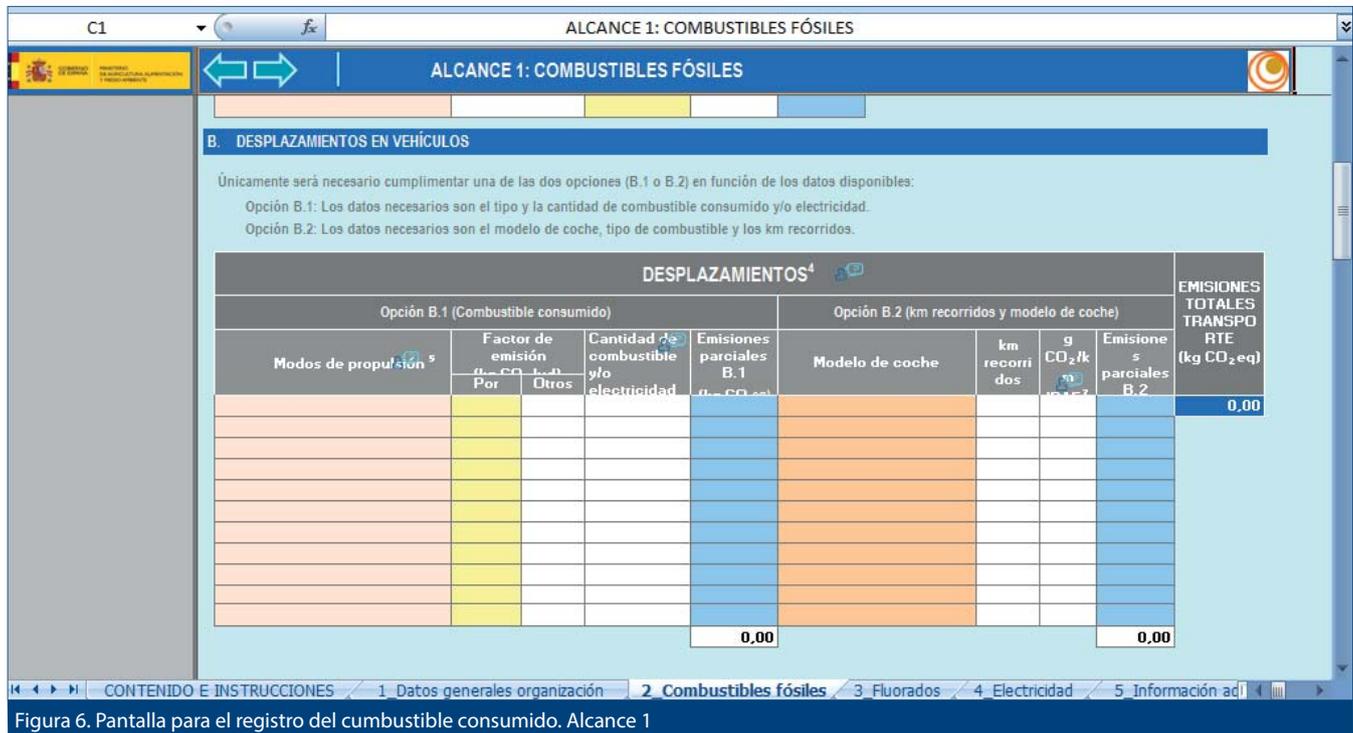


Figura 6. Pantalla para el registro del combustible consumido. Alcance 1

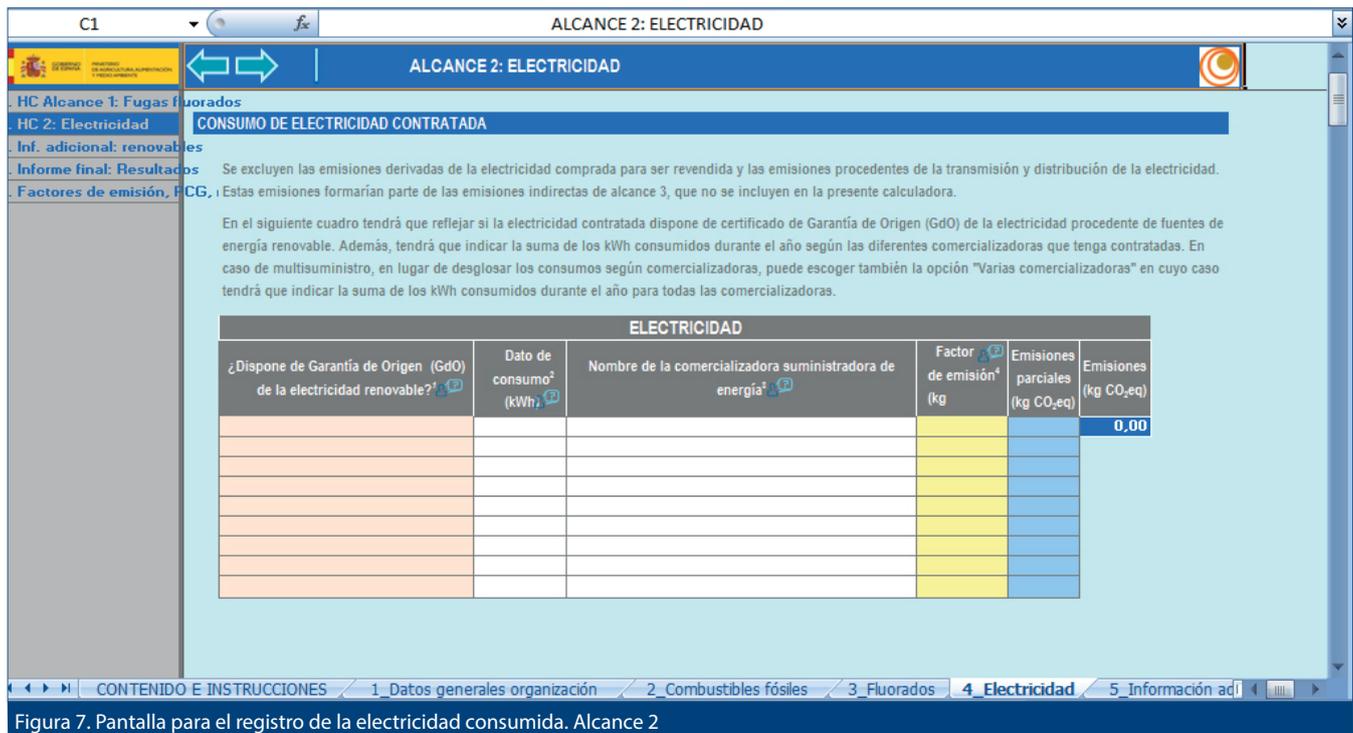


Figura 7. Pantalla para el registro de la electricidad consumida. Alcance 2

su página web (<http://www.magrama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/Registro-Huella-Carbono.aspx>), considerando este método es el más adecuado para acercarnos a las necesidades reales del proyecto.

El trabajo consistía en cumplimentar las distintas pestañas: 2. Combustibles fósiles; y 4. Electricidad. La primera de ellas, tiene dos apartados: A. Combustibles fósiles en instalaciones fijas; y B. Desplazamientos. En lo que a nosotros concierne, sólo calcularemos el punto B.

Esta cantidad de combustible quedó recogida en los informes de recopilación de datos distribuidos a las empresas de conservación, con lo que se obtuvo un cálculo independiente para cada sector. Lo mismo ocurrió con la cantidad de electricidad consumida. De hecho, el cálculo de ésta viene a ser semejante al del combustible; lo único que habría que marcar sería la pestaña "Nombre de la comercializadora suministradora de energía" y luego introducir la cantidad de electricidad consumida por cada sector.

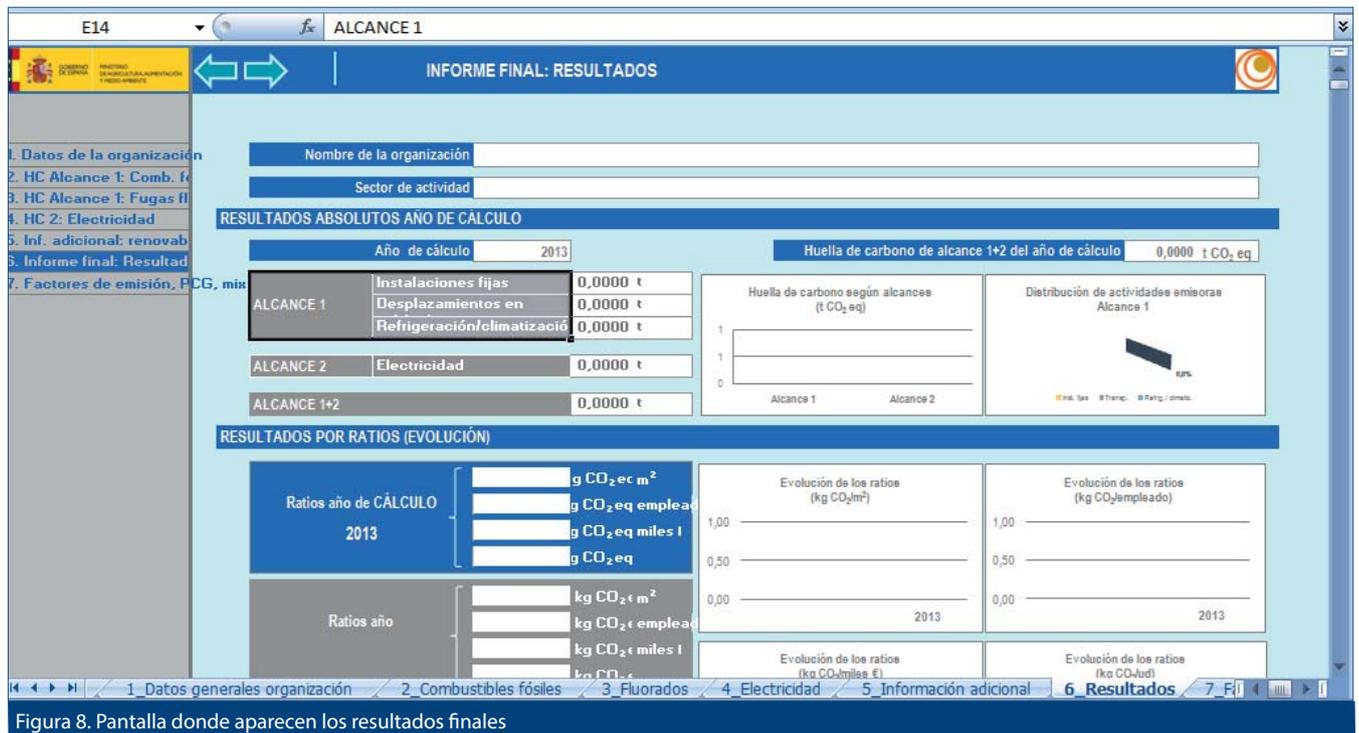


Figura 8. Pantalla donde aparecen los resultados finales

El consumo de electricidad de la fabricación de la salmuera se estimó por medio de los datos teóricos de las centrales más habituales.

De esta forma, y con los datos de Emisiones (kg CO<sub>2</sub> eq) de combustible y electricidad, la calculadora operaba los términos y nos ofrecía el total de CO<sub>2</sub> emitido a la atmósfera en forma de t CO<sub>2</sub> eq.

• DATOS DE HUELLA DE CARBONO OBTENIDOS EN LA CAMPAÑA 2013-2014. PRUEBA PILOTO.

Los valores absolutos de huella de carbono únicamente indicaron las emisiones generadas en la zona, pero no permitían la comparación entre sectores y la identificación de potenciales de mejora. Para ello se pensó en la utilización de indicadores relativos, que tuvieran en cuenta los tratamientos realizados en cada sector y los días con climatología adversa.

Se valoró la opción de relativizar la huella de carbono total de cada sector respecto a las t de sal o los litros de salmuera consumidos. Finalmente se ha descartó esta opción. Podía darse el caso de unos consumos bajos de estos fundentes y aún así que el movimiento de vehículos hubiera sido grande y por tanto las emisiones de CO<sub>2</sub> y otros GG.EE.II.

Finalmente el indicador que se propuso para el seguimiento de este cálculo fué :

• CONCLUSIONES DE LOS DATOS OBTENIDOS DE LA PRUEBA PILOTO

Respecto de los valores relativos, se pudo identificar un valor alto del indicador HdC/kmtr, que se podía asociar a lo siguiente:

- La orografía del terreno. Este factor es determinante porque hace que el consumo de combustible aumente para tratar un número de kilómetros determinado.

Tabla 2. Registro del cálculo de la Huella de Carbono en los diferentes sectores

| SECTORES | HC TOTAL |
|----------|----------|
| CO-03    | 0,21     |
| J-01     | 0,32     |
| TE-01    | 50,72    |
| Z-02     | 90,91    |
| Z-03     | 122,46   |
| O-03     | 1,80     |
| CR-01    | 54,31    |
| TO-02    | 20,99    |
| TO-05    | 33,06    |
| LE-01    | 47,08    |
| LE-03    | 123,42   |
| VA-03    | 36,97    |
| ZA-01    | 80,64    |
| ZA-04    | 246,72   |
| A1-T2    | 135,78   |
| B-04     | 26,01    |
| GI-03    | 59,22    |
| L-01     | 131,20   |
| A-05     | 16,19    |
| CS-02    | 16,57    |
| AUCALSA  | 191,49   |

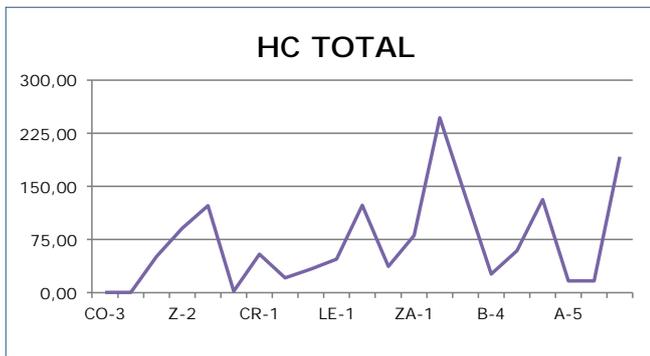


Figura 9. Gráfico de la HdC total en los diferentes sectores

Tabla 3. Registro de la HdC por km tratado en los diferentes sectores

| SECTORES | HdC TOTAL | HdC/kmtr |
|----------|-----------|----------|
| CO-3     | 0,21      | 0,34     |
| J-1      | 0,32      | 1,27     |
| TE-1     | 50,72     | 8,90     |
| Z-2      | 90,91     | 3,75     |
| Z-3      | 122,46    | 5,47     |
| O-3      | 1,80      | 0,85     |
| CR-1     | 54,31     | 2,56     |
| TO-2     | 20,99     | 1,73     |
| TO-5     | 33,06     | 2,18     |
| LE-1     | 47,08     | 3,62     |
| LE-3     | 123,42    | 3,16     |
| VA-3     | 36,97     | 5,64     |
| ZA-1     | 80,64     | 2,08     |
| ZA-4     | 246,72    | 8,93     |
| A1-T2    | 135,78    | 1,53     |
| B-4      | 26,01     | 3,29     |
| GI-3     | 59,22     | 1,46     |
| L-1      | 131,20    | 1,17     |
| A-5      | 16,19     | 1,36     |
| CS-2     | 16,57     | 10,92    |
| AUCALSA  | 191,49    | 2,08     |

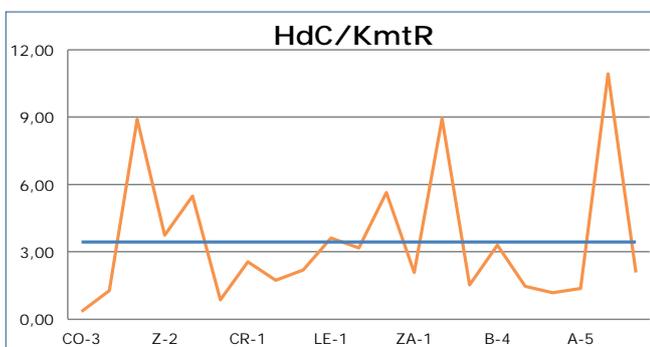


Figura 10. Gráfico de la HdC por km tratado en los diferentes sectores

- La organización de las rutas en función de donde esté el centro de conservación y donde estén los puntos de carga de fundentes. Esto en algunas ocasiones hace que existan recorridos en vacío inevitables pero significativos, aumentando dicho indicador.
- Tipología del sector. No se puede comparar un sector con autovías a sectores formados por varios tramos de carreteras convencionales. Esto afecta a la hora de organizar las rutas.

Se podría deducir que cuando el valor del indicador HdC/kmtr es relativamente bajo, podemos encontrarnos con un sector de orografía suave, bien gestionado respecto a la optimización de rutas y con un número bajo de recorridos en vacío.

• PROPUESTA DE ACTUACIONES PARA PRÓXIMAS CAMPAÑAS

Como alguno de los principios para el cálculo de la HdC son la integridad, exactitud y transparencia, esta prueba piloto nos ha servido para aprender cuáles son los datos que hay que requerir y de qué forma. Pero no se puede hacer una extrapolación.

Un estudio riguroso supondría disponer de los datos relativos a todos los contratos que tuviesen vialidad invernal. Esto nos daría un valor absoluto de lo que sería el indicador.

La web de vialidad invernal que dispone la Subdirección de Conservación del Ministerio de Fomento sería la plataforma donde se podrían recoger los datos requeridos para el cálculo.

Para ello habría que solicitar los litros de combustible que ha consumido cada equipo a lo largo de la campaña, y por otra parte los kWh consumidos en la fabricación de salmuera.

Para relativizar el valor habría que utilizar los km totales de tratamientos realizados.

Todo lo anterior serviría para tener el valor del indicador HdC/kmtr global.

¿Cuál sería el siguiente paso? REDUCIR DICHO VALOR. Para ello se tendrían que considerar varios factores a saber:

- Utilización de equipos EURO 6, es decir, vehículos que producen menos emisiones. Desde el pasado 1 de enero de 2015 todos los vehículos nuevos deberán cumplir con los límites establecidos en lo que respecta a emisiones.
- Realización de cursos de conducción eficiente que permitan reducir los consumos en la medida de lo posible.
- Optimización de rutas para evitar viajes en vacío. Ubicación de nuevos puntos de suministro de fundentes que optimicen dichas rutas.

# El futuro de la caminería

Cuarto centenario de la muerte del creador del Caballero Andante  
y primer aniversario de la muerte del creador de la Caminería

**Prof. Dr. ICCP Jesús Alonso Trigueros**

Vicepresidente de la Asociación Internacional de Caminería



## The Future of Wayfaring

El presente artículo constituye una visión personal del futuro de la Caminería; es el resultado de algunas reflexiones acerca del pasado y del presente. Nuestro querido y recordado D. Manuel Criado de Val, sin duda, hoy ayudaría mucho a clarificar mis ideas acerca de ese futuro.

Todos los que de una u otra forma estamos relacionados con la Caminería pensamos que ésta tiene un vínculo muy estrecho con el camino y la naturaleza, debido a que el camino y la naturaleza encarnan la energía y el reposo al mismo tiempo; y es la Caminería esa fuerza generosa que espolea nuestro ingenio y cultiva nuestra sensibilidad. En el camino nada es superfluo, todo es natural. El camino nos inspira. Es donde aspiramos y respiramos. Nos ofrece las maravillosas materias que nosotros procuramos ennoblecer y sublimar como seres humanos.

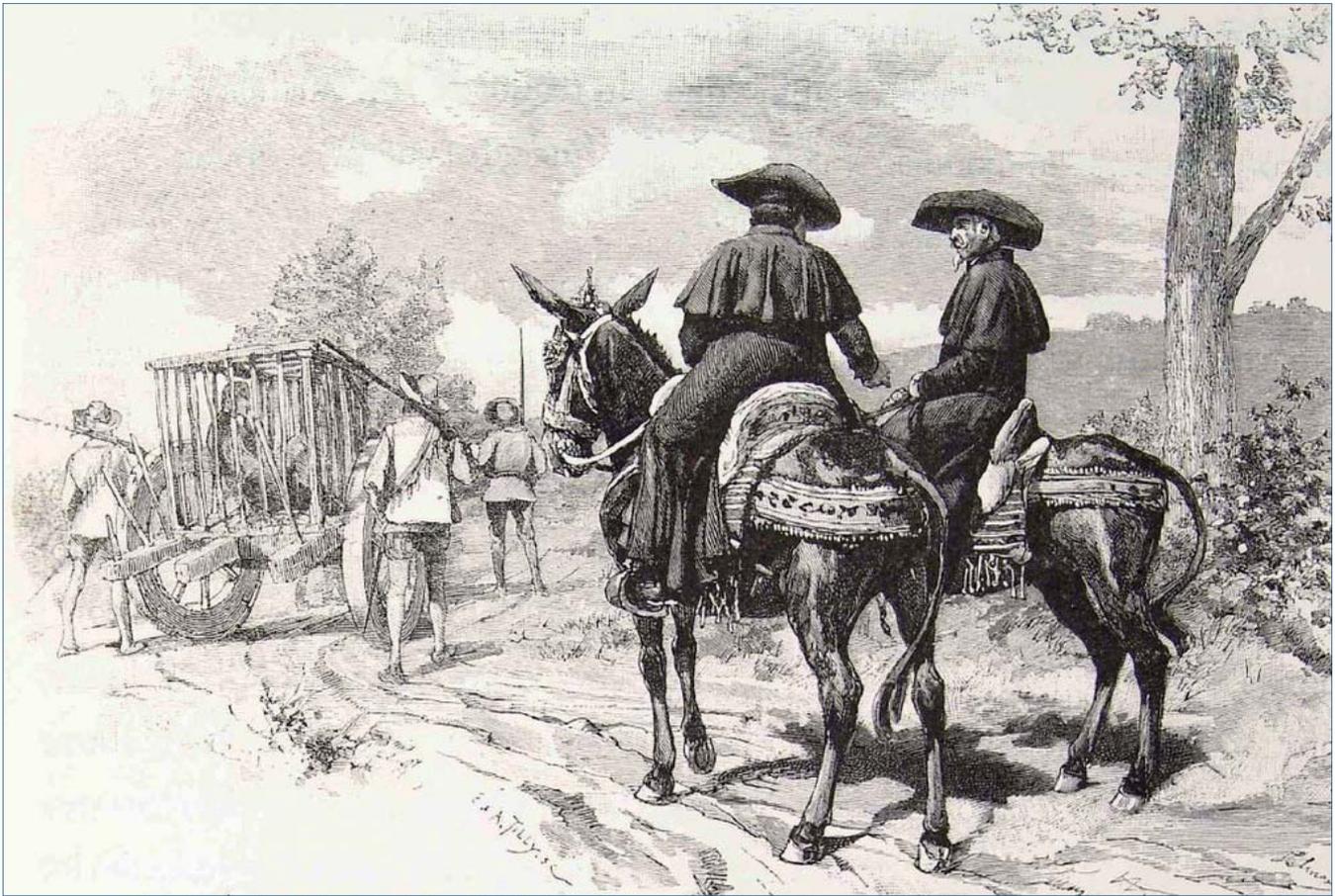
Pienso que la naturaleza y el camino son el antídoto perfecto contra la frialdad y la indiferencia. El camino es una búsqueda y un descubrimiento permanente. Despierta nuestros sentidos y nos encanta. Es un libro abierto que debemos consultar cuidadosamente y preservar del olvido. Pero este libro no es infinitamente extensible: nos enfrenta a nuestras responsabilidades, a nuestro sentido común terrícola y a nuestra necesidad de transmitir. Con su inmensa prodigalidad y fragilidad, el camino nos enseña la sabiduría. En el fondo lo que nos civiliza ¡es él!

He leído de nuevo algunos párrafos del libro de Don Manuel "La imagen del tiempo: verbo y relatividad"; dice textualmente: "la incertidumbre, instalada en el mismo corazón de la ciencia, está en la base original del futuro..." Dice más adelante: "Las teorías científicas sobre el futuro están sometidas a la férrea armadura de dos leyes que parecen haber superado la prueba experimental: la segunda ley de la termo-

dinámica, que señala la dirección del tiempo hacia un progresivo desorden, y el principio de incertidumbre, que permite soluciones imprevisibles de futuro".

D. Manuel nos habla de incertidumbre y progresivo desorden para el futuro de todas las cosas; la Caminería no va a ser menos. Cabe preguntarnos ¿tiene la Caminería mimbres que nos permitan relativizar esa incertidumbre y ese desorden? Yo creo que sí, porque la Caminería es un mosaico de estampas cargadas de sabor, un cúmulo inagotable de impresiones que nos transportan desde la Antigüedad hasta el siglo XXI, pasando por las peregrinaciones, los viajeros del Renacimiento, los científicos de la Ilustración, los románticos en busca del último reducto de lo exótico en Europa o los trabajos llevados a cabo por todos los que de una u otra forma hemos participado en los distintos congresos internacionales de Caminería. Hemos realizado un apasionante viaje a través de la Historia, de la mano de conquistadores y peregrinos, cronistas y militares, políticos y religiosos, aventureros y científicos que escribieron sus experiencias camineras en las distintas épocas históricas; hasta llegar a hoy, en que tenemos una insuperable nómina de autores que destacan por su afinado sentido de la observación, su capacidad para sintetizar la esencia del paisaje que visitan y la calidad científica de sus trabajos.

Hace algunos años le preguntamos a D. Manuel acerca de dónde surgía la Caminería; y él nos dijo: "leed el capítulo XVIII de la segunda parte del Quijote". Ese capítulo narra el encuentro del Caballero del Verde Gabán (Don Diego de Miranda) con Don Quijote; se hacen amigos y el Caballero del Verde Gabán entiende la sabiduría de Don Quijote y le invita a su casa. Allí le presenta a su hijo Don Lorenzo,



Capítulo XVIII de la segunda parte del Quijote



Manuel Criado de Val

que quiere ser poeta y le tiene preocupado. Invita a Don Quijote para que hable con su hijo y le explique cosas, y Don Quijote le explica, y vaya si le explica... En ese capítulo XVIII el protagonista dialoga y discute con el hijo del Caballero del Verde Gabán. Sorprendido éste, le pregunta si ha estudiado en las escuelas y qué ciencias ha oído. Le responde Don Quijote: *“la ciencia de la Caballería Andante, que a todas o casi todas las otras encierra”*.

La definición que sigue en boca de Don Quijote de la ciencia de la Caballería Andante es la descripción de una ciencia interdisciplinaria. Según Don Quijote *“incluye la Jurisprudencia, para saber las leyes de la Justicia distributiva y comunicativa, y para dar a cada uno lo que es suyo y conveniente. Ha de ser también experta en Teología, para dar razón de la cristiana ley que profesa el caballero, clara y distintamente. Ha de ser una ciencia*

*médica, para que el caballero pueda ayudar donde quiere que se encuentre”*. Y ha de entender en las leyes de la Naturaleza, especialmente en lo que él llama herbolario, que permite conocer, en mitad de los despoblados, las hierbas que tienen virtud curativa. Y también ha de ser Astrólogo para conocer las estrellas, cuántas horas son pasadas de la noche y en qué clima del mundo se encuentra. No se olvida Don Quijote de las Matemáticas, porque *“a cada paso se le ofrecerá tener necesidad de ellas”*. La ciencia de la Caballería Andante no olvida la experimentación práctica, ni la formación específica del estudiante, que ha de saber nadar, herrar un caballo, naturalmente montarlo, cuidar de la silla y otras menudencias. Le viene a decir que es la mejor escuela de la vida, que aprenderá leyes, medicina, literatura, astrología, teología, matemáticas, etc. Cervantes hace en este



Vista de Buenos Aires, con carretas rioplatenses (siglo XVIII), por Fernando Brambila.

capítulo un recorrido por todos los elementos que componen el camino, el caminante y su entorno. Nos muestra cómo en el camino se crean historias y leyendas, cómo el camino nos lleva al paisaje y a las tradiciones y se convierte en una fuente de información asombrosa.

La coincidencia entre la ciencia cervantina de la Caballería Andante con la Caminería tiene una segunda lectura en relación con el carácter itinerante, o andante, de ambas disciplinas. Esta relación no es actual, ya que en el III Congreso de Caminería que tuvo lugar en 1996 en la Universidad de San Nicolás de Hidalgo de Morelia en México fue acordado el nombramiento de Don Quijote como Caminero Mayor.

Podría establecerse una tercera coincidencia: tanto la antigua ciencia caballeresca como la nueva Caminería necesitan un complemento activo, un contacto directo con la naturaleza, un trabajo de campo o la práctica de actividades como el senderismo, el montañismo o la navegación. Es un concepto deportivo que va unido a la finalidad caminera.

Hoy todos reconocemos que el camino tiene un interés extraordinario como fuente auxiliar de la Historia; ha sido siempre un elemento de intercambio cultural de primera magnitud, un fenómeno capaz de producir un efecto de ósmosis social y cultural entre pueblos y civilizaciones diferentes, a través del cual se ha generado a lo largo de la historia una corriente favorable al acercamiento y conocimiento entre sociedades, que, por sí sola, valida la importancia social e histórica de la Caminería.

Las motivaciones que en todo momento han impulsado al ser humano a abandonar un lugar en busca de nuevas experiencias y al encuentro con otras sociedades

han sido una constante a lo largo de la historia, y han respondido a una amplia y variada gama de intereses: económicos, religiosos, políticos, científicos o culturales. Tal es el atractivo y tanto es su arraigo social que, en el siglo XXI, e inmersos en la sociedad de la comunicación audiovisual, el interés por la Caminería no sólo no ha decaído sino que se ha incrementado, merced al fenómeno que supone el turismo cultural en estos momentos y en el futuro cercano; así como fruto del interés por las investigaciones más recientes y el establecimiento en octubre de 2015 de la Red Internacional de Caminería Hispanoamericana (RICH), que pone las bases para crear proyectos internacionales conjuntos entre investigadores y estudiosos de la Caminería.

Parece probable que el siglo XXI acentuará algunas tendencias en la sociedad civil: intensificación de los cambios internacionales que se refieren a todas las formas de actividad humana; más movilidad social y profesional; consolidación de una cultura audiovisual unida al amplio horizonte de las comunicaciones, que acercarán al individuo a una información en crecimiento exponencial, debida fundamentalmente a la evolución de la Informática y las telecomunicaciones; la creciente cultura del ocio, con sus necesidades culturales, ocasionadas por la transformación de las actuales relaciones laborales, donde el hombre es progresivamente sustituido por la máquina en los trabajos de tipo manual y repetitivos; transformaciones aceleradas del entorno y de los modos de vida; etc.

En consecuencia, todos nosotros y la Asociación Internacional de Caminería tendremos una función social primordial que estará caracterizada por la prolongación

generalizada de estudios científicos y culturales; por la imposibilidad de adquirir un conocimiento definitivo de todas las áreas que afectan a la Caminería, y por tanto por la necesidad de ir ampliando y renovando estos conocimientos durante gran parte de nuestros estudios particulares y de nuestra vida; asimismo, por la articulación estrecha de nuestras investigaciones con las fuentes de información exteriores; los cambios debidos al puesto privilegiado que ocuparán los lenguajes y las técnicas de comunicación entre individuos y grupos, por el uso cada vez más masivo de la información.

En definitiva, los cambios de toda naturaleza irán en aumento, acrecentando siempre la incertidumbre del futuro. En la vida profesional, en la vida social y en la vida familiar, cada uno de nosotros tendrá que hacer frente, cada vez más, a situaciones imprevisibles, resolver problemas siempre nuevos, cambiar periódicamente sus métodos de trabajo e incluso su forma de vida. En la Caminería también. Es por eso que nuestras premisas básicas deberán

girar alrededor de tres conceptos: transmisión de cultura, enseñanza profesional y promoción de la investigación científica.

- En efecto, la transmisión de cultura parece fundamental. Lo que se pretende es formar humana y culturalmente a la sociedad. Todos nosotros debemos despertar el interés por el conocimiento de la Caminería. Hay que tener en cuenta que *“cultura no es el sistema de ideas desde el cual se vive, sino por el cual se vive. O mejor, se vive y se existe”*, en palabras del profesor López Ibor.
- Enseñanza profesional incorporando contenidos relacionados con la Caminería en las materias regladas de nuestros planes de estudios.
- Finalmente, debemos despertar y desarrollar nuestra labor investigadora buscando el apoyo conjunto entre todos y en ese sentido debemos sentirnos Asociación de verdad. Debemos seguir creando, en el sentido humano de la palabra; es decir, investigando, participando en foros de debate y en Congresos de Caminería; es



Mapa de caminos de postas. Robert de Vaugondy. 1757. Colección particular.



Grabado del Itinerario descriptivo de España, París, 1809. Alejandro Laborde

la única forma de que sintamos como efímero nuestro modo circunstancial de conocer la verdad y busquemos uno nuevo que aporte conocimientos relevantes a la sociedad.

Soy optimista y suscribo la tesis de Steve Pinker en su libro *"The Better Angels of Our Nature"* de que la humanidad avanza en un sentido positivo y que, pese a lo mucho que queda por hacer para lograr un mundo ideal, la historia de la Humanidad es un avance en la buena dirección, aunque a veces a todos nos gustaría una velocidad mayor. Los conocimientos acerca de la Caminería también han avanzado mucho desde el primer Congreso en 1992; pero le queda un recorrido muy largo para llegar a ser lo que la sociedad necesita y la Asociación Internacional de Caminería demanda.

Existen hoy grandes retos en la Caminería, y sería conveniente discutir las relaciones necesarias de la Asociación con la Universidad española en general y plasmar las grandes cuestiones culturales que nos han afectado en los últimos años: ¿Cómo define la Asociación su relación con la Universidad? ¿Cuál es la dimensión de la docencia que se imparte relacionada con la Caminería y cuál es el grado de comunión con estudiantes y profesores? ¿Cómo trata de producir utopía? ¿Cuál es su relación con lo irracional y el inconsciente? ¿Cómo se relaciona con los grandes temas heredados del Renacimiento, la noción del ingeniero moderno como un teatro de saberes y conocimiento? Y ¿qué cambios tiene que asumir la Asociación Internacional de Caminería en el siglo XXI? Hoy estas preguntas carecen de una respuesta taxativa y concluyente.

La gran virtud de la Caminería es su capacidad de comunicar entusiasmo, y eso explica su atractivo. El placer de investigar, leer y escuchar sobre Caminería es la raíz de toda apreciación crítica que nos permitirá mejorar en el futuro.

Pero dentro del concepto de Caminería no solo debe figurar la investigación, sino también lo que Don Manuel llamaba "Caminería Activa", es decir: la práctica de una actividad en el propio camino. Dentro de este apartado caben el montañismo, el senderismo, y en general, toda práctica deportiva que guarde relación con un recorrido, con o sin finalidad. Esta misma característica figura también en la definición que nos da Don Quijote acerca de la Caballería Andante: que no solo es conocer la Jurisprudencia, la Teología o la Medicina, sino también saber nadar, cuidar de un caballo o su montura. Actividades todas ellas que suponen el contacto directo con la Naturaleza.

Los congresos de Caminería Hispánica han sido sin duda el cauce natural en el desarrollo de lo que podría considerarse una especialidad universitaria. Estos congresos y sus actas constituyen una auténtica enciclopedia en la que, aparte de los temas fundamentalmente básicos, de caminería física, caminería histórica y caminería literaria, se han ido ampliando aspectos muy concretos de carácter arqueológico y turístico; y también un simbolismo del camino que permite aplicar la investigación a cuestiones ligadas no solamente a las vías naturales de paso, sino al pensamiento, a la palabra, al camino de las ideas, al arte e incluso a la música.

Sin duda, la principal iniciativa nacida por estos Congresos con el tema de Caminería ha estado dirigida a la

relación entre España y el descubrimiento y colonización americana. Esa relación, a través de vías que incluyen caminos interiores y rutas marítimas, con toda la enorme cantidad de relatos referentes a la Conquista y la Colonización es un fondo principal en el desarrollo del tema. La Caminería Hispánica ha ido evolucionando, se han añadido nuevos aspectos, nuevas actividades y su límite todavía no está ni mucho menos superado.

Hasta ahora, los congresos de Caminería han contado con el apoyo del Ministerio de Cultura, CEDEX y CEHO-PU (Ministerio de Fomento), el Colegio de Ingenieros de Caminos, la Asociación Española de la Carretera y la Asociación Internacional de Caminería. Tenemos que buscar más apoyos y fomentar el interés para la participación de un número cada vez mayor de congresistas, porque es la enorme participación particular la que nos permitirá llevar adelante esta empresa.

La creación de cátedras de Caminería se ha iniciado en México, en la Universidad de San Nicolás de Hidalgo en Morelia. Confiamos en que el número de cátedras irá llegando a otras universidades americanas y españolas, como era deseo de Don Manuel.

Personalmente creo que tenemos una amplia perspectiva, que permite augurar un gran desarrollo futuro: la caminería marítima, la caminería fluvial, la caminería de montaña, son temas abiertos al futuro que tienen todavía mucho terreno por explorar.

Los conceptos fundamentales que figuran en la primera definición de Caminería, su división en caminería física, caminería histórica y caminería literaria, son válidos a lo largo de todos los congresos ya celebrados. Esto no impide que varias modalidades, si no ausentes por lo menos no claramente definidas, se puedan ir incorporando hasta lo que podamos dar por definición definitiva del concepto de Caminería. Así habrá que seguir dejando hueco a la caminería simbólica -bajo esta denominación incluiríamos la extraordinaria diversidad de referencias a lo que podríamos llamar "camino de la mente" en la investigación-. Se incluyen en esta caminería simbólica la música, el arte, la filosofía, la evolución cultural y todo aquello que pueda interpretarse como resultados de un camino simbólico. Tendremos que seguir hablando de ecología, de toponimia, de caminos militares, de cartografía, de asentamientos urbanos, de arqueología, etc.

Esta primera definición, que incluye la distinción entre caminería física, caminería histórica y caminería literaria, y esta clasificación, no solamente han sido mantenidas a lo largo de los congresos, sino que siguen siendo su soporte esquemático fundamental. Naturalmente la ampliación hacia variantes es continua y todavía no podemos decir que esté cerrado el campo de estudio del término.

Hoy, muchas actuaciones transmiten la sensación de que se antepone el interés a la búsqueda de la justicia. En definitiva, sobran palabras y faltan buenos ejemplos. Con



Camino de acceso a la cueva de El Buxu. Asturias. Colección particular

la figura de Don Manuel, más que nunca, tenía sentido el aforismo latino "las palabras mueven, el ejemplo arrastra". El verso de La Fontaine "nuestros sucesores nos deberán este paisaje", no concuerda con nuestras tendencias a los resultados inmediatos. Existe más tendencia a destruir lo que nos han legado nuestros antecesores que a preocuparnos de los que nos sucederán. El profesor Criado de Val nos dejó un paisaje que debemos preservar y mejorar; se lo debemos a él y a nosotros mismos. Por eso debemos seguir organizando jornadas de reflexión acerca de la Caminería, así como empezar a trabajar en el próximo Congreso de Caminería, que tendrá lugar, Dios mediante, en mayo o junio de 2017 y para el que necesitaremos la colaboración de todos vosotros y de la incorporación de jóvenes investigadores entusiastas de la Caminería que aseguren el futuro de la Asociación.

Termino con una frase de Don Manuel: "la máxima pretensión científica es el futuro, la comprensión del tiempo y del espacio futuro; pero la previsión del futuro pasa por momentos de desconcierto que bien pueden llamarse angustiosos".

Creo que la forma de evitar ese desconcierto y esa angustia es no entender la Caminería como un montón de fórmulas complejas, sino encerrar su significado y sus implicaciones en una sencilla fórmula unitaria que entendamos todos nosotros y toda la sociedad. Una fórmula que continúe la senda que inició Don Manuel hace muchos años, y que debe enriquecerse ahora con la aportación de nuevas ideas y la participación de todos.

# XII Congreso de Ingeniería del Transporte (CIT 2016) en Valencia



El XII Congreso de Ingeniería del Transporte (CIT 2016) se celebró en Valencia (España) los días 7, 8 y 9 de junio de 2016. La sede del congreso fue la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Valencia. El Congreso es una actividad bianual promovido por el Foro de Ingeniería de los Transportes (FIT), una asociación académica de ámbito español e internacional sin ánimo de lucro, cuyo objetivo principal es la convocatoria y organización del congreso, además de velar por su calidad y orientación.

El tema del CIT 2016 fue el "Transporte Eficiente, Seguro e Inteligente". Como en ediciones anteriores, el CIT 2016 lo-

gró promover el intercambio nacional e internacional de trabajos científicos y profesionales en diferentes ámbitos del transporte. Los patrocinadores y colaboradores fueron un conjunto amplio de empresas y organizaciones centradas en el sector del transporte, entendido en su concepción más amplia. Fue un éxito, con una nutrida asistencia.

El congreso se organiza a partir de varias áreas temáticas, que están contenidas en la tabla 1. El programa se resume en la figura 1. Las ponencias presentadas están relacionadas con diversos aspectos que contribuyen a hacer del Transporte un sector que hace un uso eficiente de los recursos,

que respeta el medio ambiente, que aumenta su seguridad, que reduce su congestión, que aumenta su integración y, finalmente, que es cada vez más accesible.

El jueves 9 de junio tuvo lugar una actividad complementaria, un recorrido por el Centro Histórico de Valencia, que terminó en el Centro de El Carmen, donde tuvo lugar la Cena de Gala del Congreso. La sede de esta cena fue singular, el Real Monasterio de Nuestra Señora del Carmen de Valencia, en el Centro de El Carmen. El monasterio se estableció en el año 1281 en el barrio de Rotos, situado fuera de las murallas árabes de la ciudad. Dio nombre posteriormente a uno de los barrios

|               | MARTES 7 de JUNIO                                  | MIÉRCOLES 8 DE JUNIO | JUEVES 9 DE JUNIO   |
|---------------|--|----------------------|---|
| 9:00 - 10:30  | Entrega de documentación                           | SESIÓN 3             | SESIÓN 8  |
| 10:30 - 11:00 |  | Pausa - café         |   |
| 11:00 - 12:30 | 11:30 - 14:00<br>INAUGURACIÓN Y SESIÓN<br>PLENARIA | SESIÓN 4             | SESIÓN 9  |
| 12:30 - 14:00 |  | SESIÓN 5             | SESIÓN 10   |
| 14:00 - 16:00 | Pausa - almuerzo                                   |                      |   |
| 16:00 - 17:30 | SESIÓN 1   | SESIÓN 6             | SESIÓN ESPECIAL:<br>JÓVENES<br>INVESTIGADORES                             |
| 17:30 - 18:00 | Pausa - café                                       |                      |   |
| 18:00 - 19:30 | SESIÓN 2   | SESIÓN 7             |   |
|               |  | ASAMBLEA FIT         | 19:00 - 21:00<br>VISITA CENTRO HISTÓRICO<br>21:00 - 00:00<br>CENA DE GALA |

Figura 1. Programa del Congreso

Tabla 1. Áreas temáticas del CIT 2016

- Diseño de infraestructuras
- Vehículo, material móvil y equipos
- Planificación
- Operación y gestión
- Control y comunicación
- Seguridad
- Sostenibilidad
- Economía del Transporte
- Modelización y simulación
- Otros temas

Tabla 2. Temas básicos de las sesiones, ordenados alfabéticamente

- Aeropuertos
- Bicicleta
- Carreteras
- Economía del transporte
- Ferrocarriles
- Infraestructuras
- Logística y mercancías
- Microsimulación
- Modelización
- Movilidad
- Planificación del transporte
- Puertos
- Seguridad en el transporte
- Seguridad vial
- Simuladores
- Sostenibilidad
- Tráfico
- Transporte público
- Transporte urbano
- Vehículos y material móvil



Foto 1. Inauguración del Congreso

más castizos y populares de la ciudad: el barrio del Carmen.

El comité organizador del congreso contó como organizadores en Valencia a D. José Vicente Colomer Ferrándiz, D. Ricardo Insa Franco y D. Tomás Ruiz Sánchez, y como miembros honoríficos a D. José Luis Moura Berodía, D. Luigi dell'Olio y D. Juan de Oña López. A este comité hay que añadir la Junta Directiva del FIT, presidida por D. Andrés Monzón de Cáceres, y un Comité Científico con hasta sesenta y un miembros. La coordinación de todas las tareas ha sido impecable, al igual que las actividades del congreso.

Cada uno de los períodos de reuniones del congreso simultaneó entre

cinco y seis sesiones simultáneas, lo que da una idea del número de contribuciones presentadas. Dado que no es razonable pretender cubrir aquí ni siquiera una pequeña parte de los numerosos contenidos presentados, para quien estuviera interesado en alguna comunicación, el libro de actas está disponible en la dirección electrónica [http://www.cit2016.es/libro\\_de\\_actas\\_cit2016.pdf](http://www.cit2016.es/libro_de_actas_cit2016.pdf). En el libro de actas los temas están ordenados de la siguiente manera: Aeropuertos, Bicicleta y Peatones, Economía del Transporte, Ferrocarriles, Infraestructuras, Logística y Transporte de Mercancías, Microsimulación, Modelización, Movilidad, Operación y Gestión de la Carretera,

Planificación del Transporte, Puertos, Seguridad Vial, Seguridad en el Transporte, Concurso para Jóvenes Investigadores, Simuladores de Conducción, Sostenibilidad y Transporte, Tráfico, Transporte Público, Transporte Urbano, y, finalmente, Vehículos y Material Móvil.

Algunas sesiones tuvieron temas que eran la intersección de dos de éstos, tales como Bicicletas y Peatones, Infraestructuras y Planificación, Movilidad y Educación, o Tráfico y Movilidad, dada la temática común de las comunicaciones presentadas. De algunos temas hubo varias sesiones. Cabe destacar que se dio un lugar especial a las presentaciones de jóvenes investi-



Foto 2. Firma del acuerdo entre PTV y FIT



Foto 3. Visita a instalaciones históricas en Valencia

gadores, otorgando un premio en esta categoría. Las presentaciones tuvieron lugar en los idiomas español e inglés.

En lo que sigue se resumen algunas aportaciones que se consideran útiles como reflexión o como posible mejora de los sistemas existentes. Se menciona únicamente el apellido o apellidos del primer autor, para evitar una larga lista de nombres y apellidos. Con este autor y el tema es sencillo localizar la comunicación completa.

En el campo del tráfico, fueron interesantes las aportaciones en el campo de las mediciones de tráfico a partir de un proceso semiautomático de video, que permite obtener algunas características de la circulación que no pueden ser automatizadas, así como otras

que no compensa automatizar en determinados estudios (Sala Sanmartí). También destacó un buen estado del arte de las tecnologías de cobro electrónico de peajes (de las Heras Molina).

En lo tocante a bicicletas, la mayor parte de las comunicaciones se han centrado en el ámbito urbano, y en los temas de moda de sistemas de alquiler de bicicletas y el aumento de este modo en los viajes urbanos. Quizá la comunicación más interesante sea la titulada "Análisis de la siniestralidad en ciclistas 2008-2013", por Martí-Belda et al. Según los autores, "La investigación se ha realizado a partir de la base de datos de accidentes oficial de la Dirección General de Tráfico (base ARENA). En total se

han analizado 25 439 accidentes con ciclistas implicados y 24 520 víctimas ciclistas. Los principales resultados de este estudio muestran que el número de accidentes de tráfico con ciclistas implicados, así como el número de ciclistas víctimas de accidentes, ha sufrido un ascenso continuado. Es en zona urbana donde se registran la mayoría de estos accidentes y víctimas, aunque los fallecimientos se producen en su mayoría en vías interurbanas (78,3 %)."

En lo tocante a infraestructuras, de las ocho comunicaciones presentadas, cuatro son de firmas -una sobre modelos de evolución del IRI en Vizcaya- y una sobre balasto en ferrocarriles. Se podría mencionar como más novedosas en su campo una nueva barrera antirruido y una propuesta para objetivar la elección de soluciones para muros en obras de carreteras. La primera es la comunicación "Open Noise Barriers Based on Sonic Crystals. Advances in Noise Control in Transport Infrastructures", por Peiró-Torres et al. En ella se presenta una barrera antirruido que tiene la peculiaridad de no ser continua, con lo que su efecto barrera es mucho menor. En cualquier caso, esta solución, novedosa y prometedora, aún tiene que ser desarrollada de manera que se abaraten los costes para mejorar su competitividad. La barrera se basa en los llamados cristales sónicos, que reducen el ruido mediante un mecanismo llamado difusión múltiple. Además, al no ser continua, las cimentaciones están mucho menos solicitadas. La segunda, titulada "Análisis de Sensibilidad de una Metodología de Decisión Multicriterio desarrollada para la Selección de Tipologías de Estructuras de Contención en una Autovía Urbana", por Muñoz et al., presenta un esquema de decisión objetivado mediante el empleo secuencial de métodos ya conocidos. El objetivo es disponer de un sistema neutro de decisión, que sea sencillo de llevar a cabo y permita una transparencia de los factores empleados y su importancia relativa. El aspecto analizado, en particular, es un análisis de sensibilidad que determina cómo

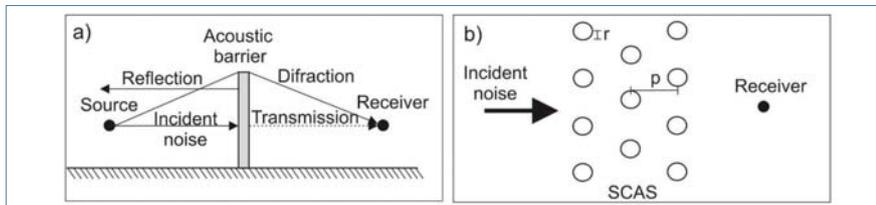


Figura 2. Esquema de una barrera discontinua de cristales sónicos

varía la selección de alternativas cuando varía la importancia relativa de los criterios o requerimientos de proyecto considerados como determinantes en el proceso de selección.

En lo tocante a Logística y Transporte de Mercancías, hay varias comunicaciones interesantes, entre las que cabe citar, por ejemplo, la titulada "Análisis de sensibilidad en el cálculo de emisiones contaminantes del tráfico de mercancías en ejes de transporte", por Porro et al., y un análisis de los beneficios potenciales de aumentar el peso total de los camiones de 40 a 44 toneladas, por Campos y Martínez, que incide en la tendencia de aumento de tamaño y capacidad de carga de los camiones. Cabe añadir a lo dicho en la comunicación que en Estados Unidos el aumento de cargas se combina con un cambio en los neumáticos, siendo cada vez más normal sustituir los ejes de rueda doble por una rueda con neumático más ancho. Los daños superficiales al pavimento aumentan así, especialmente si el neumático es de una anchura inferior al doble de los neumáticos del eje de rueda doble. Otra comunicación interesante es la de Muerza et al., "*Designing Sustainable Systems for Urban Freight Distribution Through Techniques of Multicriteria Decision Analysis*".

En lo tocante a microsimulación y modelización, puede mencionarse la comunicación de García Castro y Monzón, "Efectos de la conducción eficiente en el tráfico y las emisiones mediante micro simulación"; otra, "Estimación de una matriz origen-destino a partir

de la telefonía móvil y otros datos de fuentes heterogéneas", de Romero Pérez et al; y finalmente la titulada "Metodología para modelizar una red de tráfico en la que se van a obtener datos mediante la técnica del escaneo de matrículas", por Sánchez-Cambronero et al. Las tres son una buena muestra de la aplicación de técnicas nuevas para mejorar los datos de los que se puede disponer y el desempeño mejorado, prueba del todavía rápido desarrollo de la modelización y de la importancia del empleo de la microsimulación en la ingeniería de carreteras actual.

Merece la pena destacar el estudio de García Castro y Monzón, sobre conducción eficiente. En sus propias palabras, "la conducción eficiente comprende variadas recomendaciones para conseguir disminuir el consumo de combustible y las emisiones... Muchos estudios cifran los ahorros de combustible individuales entre el 5% y el 20%, pero apenas se encuentran investigaciones acerca de resultados globales según se incorporan más conductores eficientes al corredor o zona de estudio". En esta ponencia se describe una microsimulación para estudiar las reducciones de emisiones derivadas de que un número apreciable de conductores adopten las técnicas de conducción eficiente. "Los resultados muestran que los ahorros individuales son mayores en porcentaje que los ahorros globales".

La comunicación de Romero Pérez describe un método para obtener encuestas origen/destino basado en te-

lefonía móvil. Una matriz O-D derivada de la telefonía móvil es "relativamente rápida de obtener y económicamente muy competitiva frente a una nueva encuestación, está basada en observaciones de una muestra amplia de la población y no tiene riesgo de sesgo ni de una baja tasa de respuesta. Sin embargo, por su naturaleza, tiene dificultades para captar los viajes de corta duración". Se aplica la técnica al área metropolitana de Málaga, incluyendo los municipios integrados en el ámbito territorial del Consorcio de Transporte Metropolitano del Área de Málaga (CTMAM), junto a Torremolinos y Benalmádena.

En el campo de la Operación y Gestión de la Carretera se han dado aportaciones interesantes, tales como un modelo de unificación de bases de datos de inventarios, por Higuera y Castro, un "Estudio de la velocidad desarrollada por vehículos pesados en carreteras convencionales", por Pérez Zuriaga et al., un aspecto que no suele ser objeto de estudios, y un sistema de estimación de tiempos de viaje basado en aforos acumulativos y nuevas tecnologías, por Soriguera y Martínez-Díaz.

Destacaron por su número las comunicaciones sobre Seguridad vial y Seguridad en el transporte, mientras que, en comparación con otras ediciones, no vieron aumentado su número las comunicaciones dedicadas a la sostenibilidad y al tráfico.

Es imposible citar aquí o pretender resumir el resto de comunicaciones, por lo que se anima a los interesados, como se hizo al principio, a acudir al libro de actas completo. Estamos seguros de que contiene material útil para todos aquellos que tienen relación con las carreteras y su planificación, diseño y explotación, en forma de reflexiones, novedades o acotaciones. ❖

Para quien estuviera interesado en alguna comunicación, el libro de actas está disponible en la dirección electrónica

[www.cit2016.es/libro\\_de\\_actas\\_cit2016.pdfweb](http://www.cit2016.es/libro_de_actas_cit2016.pdfweb)

# Jornada sobre *Mobility as a Service*



El pasado 28 de septiembre de 2016 tuvo lugar en el Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid la Jornada sobre *Mobility as a Service*. La jornada fue organizada por ITS España, promovida por la Asociación Española de la Movilidad como Servicio, “*MaaS Spain*” y contó con la colaboración de las principales autoridades de tráfico y transporte, operadores de transporte y otros agentes de la movilidad.

El concepto de Movilidad como servicio (*Mobility as a Service - MaaS*) significa la integración de los procesos de información, reserva y pago de los diferentes servicios de movilidad desde la perspectiva del usuario.

De acuerdo con iniciativas similares en otros países, ITS España impulsó la constitución de la Asociación Española de la Movilidad como Servicio, “*MaaS Spain*”. Se plantea *MaaS Spain* como un punto de encuentro de los diferentes intereses, desde donde fomentar la implantación de la Movilidad como Servicio, explorar objetivos y actividades concretas y la dimensión de herramientas concretas que se consideren necesarias. El Acto Fundacional de esta Asociación se llevó a cabo en la Dirección General de Tráfico el 10 de junio de 2016 y contó con la presencia de los principales agentes de la movilidad de nuestro país.

## Desarrollo de la Jornada

La apertura institucional estuvo presidida por el Subdirector General Gestión de la Movilidad de la Dirección General de Tráfico, D. Jaime Moreno. Le acompañaron D. Dionisio González García, Director de Planificación Estratégica y Explotación del Consorcio Regional de Transportes de Madrid, D. Álvaro Fernández Heredia, Director Gerente de la EMT de Madrid, D. Jaime López de Aguilar, Presidente de ASES-GA y D. Jaime Huerta, Secretario General de ITS España.

Todos los integrantes de la mesa destacaron la importancia que está adquiriendo esta nueva concepción de la

movilidad, así como su compromiso en la implicación de las entidades que representan en el fomento y promoción de la Movilidad como Servicio.

A la Jornada asistió, invitado por ITS España, el Director General de MaaS Global, Sampo Hietanen, responsable de la primera experiencia MaaS, desarrollada en el área metropolitana de Helsinki, Finlandia.

La puesta en marcha de los servicios de transporte incluidos en MaaS incluye tanto transportes públicos como vehículos de alquiler o compartidos (*Carsharing*) y cualquier otro.

El servicio MaaS puesto en marcha ofrece diferentes “paquetes” adaptados a diferentes perfiles de usuarios, y a su vez, con diferentes costes según a los servicios demandados, que pueden incluir uno, varios, o todos los modos de transporte disponibles como transporte público, taxi, *carsharing* o coches de alquiler de alta gama.

En tal sentido destacó la combinación de diferentes modos de transporte como clave para facilitar un cambio de paradigma en el transporte, reduciendo el uso irracional del coche particular con el cambio del concepto de posesión por el de utilización.

La irrupción de una nueva generación de usuarios, más concienciados, junto con la crisis, está desplazando el interés hacia la movilidad en sí, sobre la anterior tendencia a la posesión de coche privado.

Por su parte, la cada día más amplia disponibilidad de teléfonos inteligentes facilita la integración de herramientas de planificación en estos dispositivos, a la que deben adherirse los operadores de movilidad que quieran ofrecer sus servicios a través de la iniciativa MaaS.

MaaS facilita mediante aplicaciones desarrolladas al efecto la facilidad de planificar el viaje desde origen a destino, contemplando todos los modos de transporte adheridos al sistema y facilitando igualmente la contratación de todos los modos y trayectos necesarios, en una única y sencilla compra.



Acto Fundacional de la Asociación Española de la Movilidad como Servicio. Dirección General de Tráfico, 10 de junio de 2016



Apertura de la Jornada sobre *Mobility as a Service*



Sampo Hietanen (MaaS Global) durante su presentación "*Mobility as a Service - digital disruption for the whole transport sector*"

## Actividades del Sector

Posteriormente se dio paso a los protagonistas de MaaS: Visión del proceso hacia MaaS desde los diferentes sectores. En esta mesa, presidida por D. Enrique Diego Bernardo, Subdirector de Tecnología y Sistemas de Información de la EMT de Madrid, se consiguió aproximar la visión de los diferentes actores que componen la movilidad en España. En ella participaron representantes del transporte urbano colectivo, de aparcamientos, del taxi, de la Asociación Española de *Carsharing* y de los automovilistas.

D. Jesús Herrero, Secretario General de ATUC, expresó que “el actual modelo de movilidad está agotado y la nueva movilidad debe ser un marco de colaboración en el que el transporte colectivo será un eje vertebrador para el resto de los modos con los que debe complementarse”. El Presidente de ASESGA, D. Jaime López de Aguilar, recordó a los asistentes que el vehículo privado sigue siendo el elemento principal de la movilidad y que su uso comienza y concluye en una plaza de aparcamiento. En representación del mundo del taxi, D. Emilio Domínguez quien es Secretario Técnico de Fedetaxi, manifestó la importancia del servicio que prestan dentro de todos los servicios de movilidad. Bluemove, en representación de la Asociación Española de *carsharing*, comparte la visión y el concepto de la movilidad como servicio de MaaS Spain, posicionando a los operadores de *carsharing* como nuevos operadores emergentes, tal y como expresó su Responsable de Marketing D. Sócrates Domínguez. Para concluir las intervenciones, el representante de los automovilistas, D. Lluís Puerto, Director Técnico de Fundación RACC, explicó cómo MaaS supone una oportunidad para mejorar los servicios de los automovilistas, así como la intermodalidad.

La segunda parte de la mañana versó sobre diferentes casos de éxito de integración de operadores de diferentes servicios.

En la primera mesa, bajo la presidencia del Jefe de la Unidad de Movi-



Sesión “Protagonistas MaaS”. De izquierda a derecha: Lluís Puerto (RACC), Emilio Domínguez (Fedetaxi), Jesús Herrero (ATUC), Enrique Diego (EMT de Madrid), Jaime López de Aguilar (ASESGA) y Sócrates Domínguez (Bluemove)



Primera mesa sobre Casos de éxito. De izquierda a derecha: José Manuel Mayo (Red de Consorcios de Transporte de Andalucía), Gregorio Haro (EIGE) y Carlos Alocén (Ayuntamiento de Zaragoza)



Segunda mesa sobre Casos de éxito. De izquierda a derecha: Ildefonso Pastor (UBER), Marina Bergamini (Octo Telematics), Rafael Fando (Ferroviál), Antonio García Pastor (Grupo Avanza), Jaime Huerta (ITS España), Fernando Díez (Renfe Viajeros) y Agustín de Saralegui (Respiro)



Sampo Hietanen profundizando en la herramienta desarrollada por MaaS Global



Asistentes al taller desarrollado por la tarde sobre planificadores de viaje

alidad de la Entidad de Infraestructuras de la Generalitat Valenciana, D. Gregorio Haro Javaloyes, se presentaron dos casos: la "Integración de múltiples servicios en la Tarjeta de Transporte del Consorcio Bahía de Cádiz" por D. José Manuel Mayo, Responsable de Explotación de la Red de Consorcios de Transporte de Andalucía. Se mostró como fruto del gran trabajo desarrollado en Andalucía, la tarjeta de transportes de cada uno de los 9 Consorcios de Andalucía, que se puede utilizar con todos los operadores de transporte público de cada entorno y algunos operadores y servicios de Movilidad relacionados como aparcamientos y bicicleta pública. También mostró la interoperabilidad de las tarjetas de los 9 Consorcios, que permite que con una tarjeta de Almería, se pueda pagar una bicicleta pública en Puerto Real, tomar el Vapor del Puerto a Cádiz o incluso comprar billetes de Renfe de media distancia; "Integración de múltiples servicios de movilidad en la Tarjeta Ciudadana de Zaragoza" por D. Carlos Alocén, Responsable Técnico de la Tarjeta Ciudadana del Ayuntamiento de Zaragoza, con la cual se puede acceder a distintos servicios de la ciudad.

D. Jaime Huerta presidió la segunda mesa de casos de éxito, en la que se trataron los siguientes ejemplos: "Servicio de bicicleta pública "Getafe Bici" en la Tarjeta de Transporte Público de Madrid" por D. Antonio García Pastor, Director de Operaciones de Grupo Avanza. La Tarjeta de Trans-

porte Público del Consorcio Regional de Transportes de Madrid es compatible en la actualidad con el servicio de bicicleta pública de la ciudad madrileña de Getafe; La presentación de "Combinado Cercanías-AVE" de D. Fernando Díez Rodríguez, Jefe de Integración de servicios en la Dirección Comercial de Renfe Viajeros, reflejó que aun pareciendo un mismo operador, Cercanías y AVE son dos mundos diferentes por lo que esta integración se considera un caso éxito; "Sistema de Telepeaje VIA-T en aparcamientos", por D. Rafael Fando Mestre, Director del Centro de Innovación de Infraestructuras Inteligentes de Ferrovial, trató sobre cómo los usuarios con el VIA-T utilizado en las autopistas, los clientes de los aparcamientos actualmente acceden y hacen también uso de los mismos con este dispositivo; D. Agustín de Saralegui, Director de Marketing y comunicación expuso "Car-Sharing en la Tarjeta de Transporte Público de Madrid", ya que se pueden abrir sus coches de Carsharing con la tarjeta de transporte público del Consorcio Regional de Transportes de Madrid; D. Ildefonso Pastor, Responsable de Asuntos Públicos y Tejido Asociativo para España de UBER, habló sobre la Integración de sus servicios con el transporte público; por último Dña. Marina Bergamini, Key Account Manager de Octo Telematics cerró la mesa con la "Integración de servicios en el vehículo conectado: seguro Pay As You Drive, gestión de flotas, eCall

y pago por uso de infraestructuras". Octo Telematics es la empresa líder en España y Europa en seguros tipo "Pay As You Drive". Trabajan la Telemática del vehículo integrando al mundo del seguro entre otros. Son sin duda la puerta de conexión del mundo de la movilidad con los servicios a bordo del vehículo, fundamentalmente representados por los seguros y el combustible. Mostró cómo en su servicio de motocicletas tienen integrado el seguro con el servicio eCall que será exigible a partir del año 2017.

Por la tarde continuó la Jornada en formato de taller en las oficinas de ITS España. Los planificadores de viaje son la primera herramienta para construir el sistema de *Mobility as a Service*. Teniendo como base las herramientas utilizadas en los planificadores de Guipúzcoa, País Vasco o Chile, se pretende adaptarla a otros modos de transporte para configurar la herramienta completa, como la que ya ha desarrollado MaaS Global.

El día de la Jornada brindó la oportunidad de realizar múltiples contactos entre los distintos agentes, principalmente entre Sampo Hietanen y los distintos interesados españoles. La Jornada concluyó en la Ribera del Manzanares tal y como se comentó en el transcurso de la misma, con "El Acuerdo del Calderón", mediante el cual MaaS Global cede a MaaS Spain su aplicación para acelerar la puesta en marcha del *Mobility as a Service* en España. ❖

# Consejo de la Asociación Mundial de la Carretera



Del 21 al 23 de septiembre tuvo lugar la reunión anual del Consejo de la Asociación Mundial de la Carretera. Se trataba de la reunión final del ciclo de la Presidencia del mexicano Óscar de Buen, y en ella se realizaron elecciones para designar los integrantes de los órganos de gobierno de dicha Asociación para el periodo 2017-2020. En esta ocasión solo había un candidato a la Presidencia, el belga Claude Van Rooten, quien salió elegido. Asimismo se celebraron las votaciones para elegir los integrantes del Comité Ejecutivo, y para este próximo ciclo habrá cinco representantes de países hispanohablantes: Óscar Callejo Silva (México); Mayobanex Escoto (República Dominicana), José Miguel Ortega (Chile), M<sup>a</sup> del Carmen Picón (España) y Miguel Ángel Salvia (Argentina). Este último fue elegido además Vicepresidente de la Asociación Mundial.

Claude Van Rooten es Ingeniero de Caminos y Director General del Centro

de Investigación de Carreteras en Bélgica desde el año 2000. Van Rooten ha colaborado activamente con la Asociación Mundial en el pasado, siendo miembro del Comité Ejecutivo y Presidente de la Comisión de Comunicación, y elegido Miembro de Honor en 2013. Sus objetivos como presidente se concentran en que la Asociación continúe con su misión de compartir y difundir el conocimiento en el ámbito de las carreteras y el transporte por carretera, pero esforzándose en ser más eficiente, es decir: que los productos de la Asociación sean cada vez de mayor calidad, aporten mayor valor y lleguen a más gente, poniendo especial atención en dar una respuesta adecuada a los temas emergentes.

Previamente a la reunión del Consejo, y como viene siendo habitual, durante dicha semana se celebraron las reuniones de la Comisión de Plan Estratégico, de los Comités Nacionales y del Comité Ejecutivo.

## Reunión de los Comités Nacionales

A ella acudieron representantes de 22 Comités Nacionales. Al igual que en el resto de órganos directivos de la Asociación, correspondía finalizar un ciclo de trabajo y comenzar un nuevo periodo, habiendo sido elegido el italiano Saverio Palchetti como nuevo representante de los Comités Nacionales en el Comité Ejecutivo.

Tras su aprobación, a lo largo del año se incorporaron cuatro nuevos Comités Nacionales: Bahrain, Malta, Myanmar y Emiratos Árabes Unidos, por lo que el número de Comités Nacionales asciende actualmente a 40.

Como resumen de las actuaciones llevadas a cabo en el periodo que concluye cabe destacar: la implementación del Memorando de Entendimiento entre Comités Nacionales, la colaboración en la redacción del nuevo Plan Estratégico y en la estrategia de Comunicación, y la actualización de la parte

correspondiente de la página web de la Asociación Mundial de la Carretera.

Y como propuestas para el próximo ciclo 2017-2020 se plantearon y aprobaron las siguientes:

- Redactar una guía para mejorar la eficiencia en el funcionamiento de los Comités Nacionales
- Revisar la redacción final de la Guía Azul
- Potenciar las actividades de los Comités Nacionales:
  - Realizar, al menos, una reunión anual de los Comités Nacionales
  - Establecer plataformas de colaboración con países vecinos
  - Emplear las *webinar* como herramienta de difusión del conocimiento
  - Estrechar relaciones con agencias gubernamentales relevantes de cada país.
  - Apoyar logísticamente a los Comités Técnicos
  - Promulgar las publicaciones de la Asociación Mundial de la Carretera a través de la página web

## Reunión de la Comisión de Plan Estratégico

A un año vista de la celebración del XXV Congreso Mundial de Carreteras, en Seúl, era la ocasión de hacer balance de los logros conseguidos en el ciclo anterior, así como de analizar las lecciones aprendidas.

La conclusión del ciclo 2012-2015 tuvo grandes luces y alguna sombra. Comencemos por los éxitos:

- En dicho periodo se elaboraron tres manuales electrónicos interactivos de gran utilidad y valor para el mundo de la carretera: el Manual de Seguridad Vial, el Manual de Explotación de Redes de carreteras e ITS y el Manual de Túneles de Carretera. Éstos fueron presentados en el Congreso de Seúl, y a lo largo de este año estarán disponibles en los tres idiomas de trabajo de la Asociación (inglés, francés y español). Su acceso es gratuito a través de la página web de la Asociación Mundial.

En concreto el Manual de Seguridad Vial ha sido reconocido por la Organización de las Naciones Unidas en su resolución A/70/L.44 como un importante esfuerzo internacional alineado con los pilares del Decenio de Acción que tiene como objetivo mejorar la seguridad vial.

- Por primera vez se puso en marcha una iniciativa destinada a dar respuesta de forma rápida e independiente del trabajo de los Comités Técnicos, a diversas preocupaciones o temas emergentes en el ámbito de la carretera. Es a lo que en la Asociación han denominado Proyectos especiales y que a lo largo de este periodo han sido elaborados dos de ellos: “La importancia de la Conservación de Carreteras” publicado en 2014 y “Marco internacional de adaptación al Cambio Climático para la infraestructura de carreteras” publicado en 2015.
- Se celebraron dos congresos, el Congreso Internacional de Vialidad Invernal que tuvo lugar en 2014 en Andorra, que supuso un éxito de participación, y en el que el premio a la mejor ponencia recayó en una presentación española (precisamente la elaborada por un miembro de la Junta Directiva de esta Asociación Técnica de Carreteras). Y el XXV Congreso Mundial de Carreteras, que aun teniendo una participación suficiente, estuvo lejos de igualar el éxito cosechado en la convocatoria anterior celebrada en México.

- El trabajo de los Comités Técnicos se recoge en 40 informes técnicos, que ya están, o lo estarán en breve, disponibles en la página web de la Asociación, en los tres idiomas anteriormente comentados.

Como sombra, indicar que en esta ocasión algunos informes que debieran haber sido realizados por los Comités Técnicos no han sido concluidos, por lo que a estas alturas es de temer que nunca vean la luz. Y, volver a poner de manifiesto un tema que aunque va mejorando respecto a ciclos anteriores lo hace de forma muy lenta, y es por tanto

todavía una asignatura pendiente para la Asociación, como es la publicación de los informes en un periodo de tiempo más corto respecto de su elaboración y traducidos a los tres idiomas. A fecha actual sólo están publicados poco más de la mitad de los informes redactados.

Y, transcurrido ya un año desde la Aprobación del Plan Estratégico 2016-2019, se realizó un análisis de su desarrollo, del que cabe destacar la buena marcha del trabajo de los distintos Comités Técnicos, con alguna excepción menor.

Dicho Plan Estratégico consta de un Tema Estratégico más que los anteriores, el correspondiente al “Cambio Climático, Medio Ambiente y Catástrofes”, en el que ya se trabajaba en distintos aspectos en los Planes precedentes, pero que en esta ocasión se ha independizado de los otros cuatro temas al objeto de prestarle una mayor atención.

Otra novedad del Plan 2016-2019 es la creación de cuatro Grupos de Trabajo, cuyo ámbito es más restringido a nivel temático y de plazo temporal que los Comités Técnicos tradicionales, al objeto de permitir resultados en un tiempo más corto.

En definitiva el Plan Estratégico 2016-2019 consta de 17 Comités Técnicos, 4 Grupos de Trabajo y el Comité de Terminología, y pretende continuar el trabajo en todas aquellas áreas tradicionales a la vez que aumenta su flexibilidad y su versatilidad. Su comienzo se ha realizado con el ritmo e intensidad adecuados (las reuniones de lanzamiento tuvieron lugar en París durante los meses de febrero y marzo para los Comités Técnicos y en el mes de junio para los Grupos de Trabajo) y ya se han previsto numerosos Seminarios en países de medios y bajos ingresos y Conferencias en el resto de países.

En concreto en España están previstas para las próximas fechas la reunión del Comité Técnico de “Explotación de Túneles de Carretera” y del Comité Técnico “Funcionamiento de las Administraciones de Carreteras”. En primavera de 2017 están previstas otras dos reuniones, correspondientes a los Comi-

tés Técnicos de “Puentes de Carretera” y de “Firmes de Carreteras”, que irán acompañados respectivamente de una Conferencia sobre temas de interés en la materia. Dichas conferencias, suponen una oportunidad de compartir el conocimiento en la materia a nivel nacional con expertos de distintas partes del mundo, lo que sin duda será muy interesante y enriquecedor. Este tipo de iniciativas son novedosas de este Plan Estratégico.

## Reunión del Comité Ejecutivo y el Consejo

Dos hechos relevantes y novedosos han sido presentados y aprobados por los órganos de gobierno de la Asociación Mundial de la Carretera.

El primero de ellos fue la presentación y aprobación de una completa y ambiciosa Estrategia de Comunicación. En ella se ha analizado el trabajo que se viene realizando, así como aquellos productos que representan de una mejor manera a la Asociación y que deben ser difundidos en la manera más adecuada posible, considerando todas las posibilidades actuales.

Esta Estrategia se ha aprobado en un momento crucial, por un lado por el paso dado con anterioridad en la Asociación de abrir sus actividades al idioma español, además de los tradicionales inglés y francés, y por otro, porque no es posible esperar más tiempo si no se quiere perder el tren de las redes sociales. Para su puesta en práctica se ha previsto la incorporación a la Secretaría General de un Consejero de Comunicación.

Y el segundo, la incorporación a la Secretaría General de un Director Técnico que asuma la difícil tarea de coordinar a un alto nivel la producción técnica de la Asociación, asegurando una adecuada calidad de los informes y otros productos a desarrollar, así como su difusión en un plazo de tiempo adecuado, mucho más próximo a la realización de los Congresos Mundiales que en la actualidad. Asimismo coordinará la realización de Seminarios, Conferencias y los propios Congresos Mundiales y de Vialidad Invernal, en colaboración con la Comisión de Plan Estratégico, los Coordinadores de Temas Estratégicos y los Presidentes de los Comités Técnicos y Grupos de Trabajo.

Con posterioridad a las reuniones de Ciudad del Cabo, dicho puesto ha sido asumido por Miguel Caso-Florez, quien como Consejero Técnico Español lleva trabajando en la Secretaría General de la Asociación Mundial de la Carretera durante más de 8 años.

Además de estos acuerdos, se firmaron dos Memorandos de Entendimiento, uno de ellos con el *Transportation Research Board* (TRB), lo que sin duda permitirá nuevas sinergias en la Asociación Mundial.

Ante el éxito cosechado en el ciclo anterior, se acordó continuar con la realización de proyectos especiales y en concreto se aprobó el lanzamiento de dos nuevos relativos a la utilización en el ámbito de las carreteras de los vehículos aéreos no tripulados (drones) y la recopilación de mejores prácticas en el tratamiento de fallos imprevistos en grandes estructuras.

Además de estas novedades, las reuniones acogieron la información correspondiente a la finalización del ciclo anterior, con la realización del Congreso Mundial de Seúl y el comienzo de un nuevo Plan Estratégico (el ciclo técnico comienza con un año de anterioridad al ciclo directivo, al objeto de dar una mayor estabilidad al cambio). Los próximos Congresos previstos son el Congreso Internacional de Vialidad Invernal en 2018 en Danzig (Polonia) y el Congreso Mundial de Carreteras en 2019 en Abu Dabi (Emiratos Árabes Unidos).

Y se trataron los habituales temas financieros, comprobándose que las cuentas se encuentran en un estado óptimo y aprobándose un aumento de cuotas del 5 % para poder acometer de una forma mejor los retos que la Asociación ha enfrentado y que se han comentado anteriormente (las cuotas llevaban estabilizadas desde hace cuatro años, donde se produjo un aumento del 3% sobre unas cuotas que habían permanecido fijas durante los anteriores cinco años).

Y, por último, como ya se ha comentado al comienzo de este artículo, se procedió a renovar mediante votación la presidencia, Vicepresidencias y Comité Ejecutivo de la Asociación.

Como viene siendo habitual, la presencia española en los órganos de gobierno de la Asociación, así como en los instrumentos técnicos de la misma, continúa siendo muy importante, aportando con sus contribuciones valor añadido, tanto a la Asociación Mundial como al sector de la carretera en España. ❖



Ciudad del Cabo, sede de la reunión del Consejo de PIARC 2016

# Curso de formación de Operadores de Centro de Control de Túnel de Carretera 2016



En las aulas de la ATC se impartió, del 27 al 29 de septiembre de 2016, una nueva edición del Curso de Operadores de Centro de Control de Túneles. El curso está dirigido a personal en activo de salas de control de túneles de carretera, principalmente Operadores y Jefes de Sala, cuya finalidad es transmitir los conocimientos técnicos y jurídicos, así como la inestimable experiencia práctica de los profesionales escogidos para impartir el curso, proporcionando de esta manera una formación adecuada e imprescindible para la gestión y atención de incidentes y emergencias en túneles de carretera.

El Comité de Túneles de la Asociación Técnica de Carreteras viene organizando este curso de formación desde junio de 2013, con una excelente acogida por parte del personal interesado en el mismo.

Los temas tratados incluyeron un repaso al marco legislativo y a los distintos equipamientos técnicos que disponen los túneles, una exposición del contenido que debe formar parte de los manuales de explotación, y el análisis de la gestión eficaz de incidentes

de tráfico y averías. Este último aspecto se abordó no únicamente mediante el relato de la experiencia práctica del profesorado, sino además de una manera activa, a través de ejercicios prácticos de simulación de incidentes reales planteados a los alumnos.

El curso contó además con una interesante visita técnica al Centro de Explotación y Control de la AP-6, gracias a la colaboración de Abertis, desde donde se controlan los túneles de Guadarrama. ❖



El director técnico del curso, Rafael Lopez Guarga, inaugurando la nueva edición



Visita técnica al Centro de Explotación y Control de la AP-6 gestionado por Abertis



**MADRÍD**  
**28 de septiembre de 2016**

El 28 de septiembre se celebró la jornada titulada: "Comités Técnicos ATC-PIARC: De Seúl a Abu Dabi". Se trataba de presentar los trabajos realizados por los distintos comités de la ATC y sus grupos de trabajo. Como parte de ella se expuso la participación en los comités internacionales de PIARC, a los que por una parte dan soporte los comités nacionales, apoyando a los representantes españoles, y por otra son los que reciben casi de primera mano las novedades sobre los trabajos que se desarrollan.

El CEDEX acogió a los participantes, y su director Mariano Navas pronunció unas palabras de bienvenida en las que recalcó el compromiso que mantiene desde antiguo tanto con los comités nacionales de ATC como con los de la Asociación Mundial de la Carretera (PIARC).

Carlos Bartolomé, ejerciendo como Vicepresidente de la ATC, reconoció y agradeció el inestimable trabajo que de forma voluntaria realizan los miembros de los comités. También mencionó la ardua y exitosa labor de María del Carmen Picón en los órganos decisores de PIARC defendiendo el uso del español como lengua oficial; y la presencia activa de España en todas las actividades de la Asociación. Por último Jesús Santamaría, Director Técnico de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento, resaltó la enorme utilidad de los comités para la mejora continua en todo el quehacer relacionado con las carreteras. Seguidamente inauguró la Jornada.

El esquema básico que se siguió fue el de una presentación de las líneas generales de los trabajos de cada uno de los comités. Por cada comité intervi-

nieron su presidente y algunos de sus miembros. Se trataba de trazar unas líneas generales relacionadas con los métodos de trabajo utilizados y con los contenidos de cada comité. Dado que son muchos los comités vigentes, 11, hubo que buscar un compromiso entre una explicación exhaustiva y una referencia muy superficial. Fue necesario un verdadero ejercicio de autodisciplina y de esfuerzo de síntesis por parte de los ponentes. Como el objetivo era difundir una información concentrada que, si bien no agotaba, ni mucho menos, los temas, podría servir para que se difundieran unas ideas que, en caso de que despertaran el interés de alguno de los asistentes, fueran el punto de arranque para acercarse a los trabajos que se realizan en los comités. En algunos casos se invitó a la audiencia a la participación activa dentro de los comités, y



Comité de Carreteras y Medio Ambiente



Comité de Túneles

en todos al acercamiento mediante los medios de difusión de la ATC.

Aunque se ha mencionado que el fin principal era el dar a conocer lo que se ha venido haciendo y se prevé que se hará en el seno de cada comité, también fueron surgiendo otros beneficios que pudieran considerarse como colaterales. Entre ellos está las reflexiones que se suscitaron sobre la forma de organizar los trabajos de los comités, y las dificultades que hay que afrontar. El contraste de pareceres y experiencias entre distintos comités podría considerarse como muy enriquecedor. Al tratar temas tan diversos también se pudieron descubrir implicaciones o relaciones de puntos de interés común entre distintos comités, que habría que reforzar.

Aunque hubo una cierta participación de estudiantes de universidad y de personas que hasta ese momento habían sido ajenas a los comités, podría considerarse escasa. Fue sin embargo un inicio de algo que es necesario fomentar en el seno de la ATC. Es imprescindible reforzar la capacidad para atraer a los nuevos profesionales, y también a los más veteranos, hacia este foro de intercambio de conocimiento que es la ATC y su núcleo, que son los comités.

Se inició el día con la presentación del comité de Carreteras y Medio Ambiente por parte de su presidente Antonio Sánchez Trujillano. Expuso las líneas generales sobre las que se debe apoyar el trabajo del comité, que son la evaluación ambiental, la sostenibilidad y el cambio climático, considerando el entorno económico, social y ambiental.

Laura Parra abordó asuntos como la compra y contratación "verde" para las Administraciones, y el análisis holístico que supone el ciclo de vida. De forma más concreta, Laura Crespo, expuso las amenazas que suponen las emisiones para la salud y para el cambio climático por los gases de efecto invernadero durante todas las fases de la obra pública, desde su nacimiento o construcción hasta su muerte o desmantelamiento. Como colofón se expuso la necesidad de que se preste mayor atención a estos asuntos por parte, no solo de las autoridades ambientales, sino por los agentes promotores y explotadores de las infraestructuras. Se abogó por dar un carácter transversal a esta materia, de forma que cada comité asuma su correspondiente implicación.

Rafael López Guarga, en su doble función como presidente del comité nacional de Túneles y como secretario del internacional, relató la actividad verdaderamente frenética que desarrolla en todos los ámbitos. Señaló que los miembros del comité pertenecen al sector público (Administraciones y Universidades), constructoras y consultoras, dividiéndose casi de forma igual en tres tercios (33, 30 y 37% respectivamente). El comité se reúne de forma itinerante en distintas localizaciones, con el fin de compaginar las reuniones con visitas a puntos de interés que sirvan de reflexión y análisis para los miembros. Las actividades principales son las propias reuniones, traducciones de documentos, artículos, y la organización de simposios, jornadas, y cursos, sin olvidar el apoyo al comité internacional, asistiendo tanto a las re-

uniones generales como a los grupos de trabajo. Durante el período 2012-2015 los grupos de trabajo han sido: Seguridad, Eficiencia Energética, Comportamiento al Fuego y Ventilación. Se participó en la friolera de 6 grupos de trabajo internacionales, con al menos un representante español. En tres de las reuniones España fue el país anfitrión. Se tradujeron 4 documentos. Se publicaron 12 artículos. Se dieron cinco versiones del Curso de Operadores de Centro de Control de Túneles. Se volcó gran cantidad de información en la página de Internet. Y por último se organizó un simposio (VI Simposio de Túneles de Carreteras) con la asistencia de 550 personas. Para el próximo período se cuenta con los siguientes grupos de trabajo: Alumbrado y eficiencia energética de los túneles; Responsables de seguridad; Ventilación; Resistencia al fuego de los materiales; Normalización de instalaciones y sistemas de seguridad en túneles. Además se propone un calendario y una serie de producciones de gran alcance.

Alvaro Navareño, como Presidente del comité nacional y como miembro del internacional de Puentes, hizo una introducción a los grupos de trabajo. Hizo hincapié en que el objetivo por excelencia del comité es abordar más los trabajos de gestión y explotación que la propia construcción. Es una constante que se da en muchos comités, y se debe a que en unas redes de carreteras de un cierto grado de madurez como las españolas, la conservación y rehabilitación están tomando un lugar preponderante frente a la construcción. Hizo también referencia a la amplia diversidad de ti-

pologías que aborda el comité: desde los de hormigón o metálicos a los de fábrica o de madera. A continuación intervino Emilio Criado, que se refirió a los trabajos de su grupo sobre los Planes de mantenimiento de puentes y la importancia de ese patrimonio, haciendo especial referencia a la guía para la Redacción del Plan de Mantenimiento en Puentes. Miguel Arranz se refirió a la labor del grupo de trabajo "Rehabilitación de puentes existentes con materiales compuestos", que despierta una demanda de conocimiento por lo eficaz que resulta la técnica para recuperar puentes con ciertos deterioros. Miguel Ángel Delgado, como coordinador del grupo de trabajo denominado Análisis de daños en estribos de puentes de suelo reforzado, hizo una exposición sobre el tratamiento de patologías en ese tipo de estribos tan abundantes y sus posibles soluciones. Gonzalo Arias Hoffman, como coordinador de dos grupos de trabajo, uno sobre Adecuación de sistemas de contención a puentes existentes y otro sobre Impermeabilización de puentes de carretera, habló de los ensayos necesarios, de la adecuación a las necesidades en los referente a sistemas de contención. Señaló la importancia de la impermeabilización para evitar daños como los causados por los fundentes. Por último Javier de León, como coordinador del grupo de trabajo Obras de fábrica, hizo patente la necesidad de formación para la gestión ese tipo de estructuras que siguen siendo muy frecuentes en nuestras carreteras.

Los firmes están encuadrados en el comité que preside Julio Vaquero, que a su vez es miembro del correspondiente comité internacional. Destacó que un 40 % de los miembros del Comité de Firmes pertenece a la Administración, otro 40 % a la empresa privada y solo un 3 % a la Universidad. Señaló que los objetivos principales son:

- Contribuir a las labores de difusión del conocimiento de la Asociación Mundial de la Carretera.
- Impulsar las buenas prácticas en la ejecución de las distintas unidades de obra de los firmes.

- Abrir un camino en la valoración de los firmes distinta de la económica.

Hizo referencia a los grupos de trabajo del comité de firmes internacional, que son tres: el primero dedicado a los firmes ecológicos; el segundo a los de bajo coste; y el último a las técnicas no destructivas para el ensayo de firmes.

Intervino después Marcos Perelli, que coordina el grupo dedicado al análisis del ciclo de vida de los firmes. Se marca como objetivos ser un foro de referencia neutral para intercambiar y coordinar experiencias y conocimientos. Como consecuencia se informaría y se trataría de fomentar la aplicación de los criterios del ciclo de vida a los firmes, concienciando a los responsables. Mediante una identificación de materiales y métodos se elaborarían unas bases de datos que sirvieran de base para una metodología que después se divulgaría mediante jornadas u otros medios. Patricia Amo presentó al grupo que tiene como objetivo el uso de geo-sintéticos en firmes de carreteras. Alertó sobre los riesgos que se corre por desconocimiento y por falta de normativa que guíe sobre la utilización de esos productos. Propugna la elaboración de documentos y guías que eviten problemas, tanto en la elección de materiales como en su colocación; de esa forma se puedan obtener grandes beneficios de su utilización. Francisco Lucas, que coordina el grupo de trabajo Riegos de adherencia con emulsión bituminosa, destacó el papel tan relevante que juega esa aparentemente modesta unidad de obra, que puede ser menospreciada por su escaso coste pero que, por una inadecuada elección del material o una ejecución deficiente, puede suponer un deterioro muy temprano de un firme. Se optó por elaborar un manual de buenas prácticas para evitar esa ruina prematura de los firmes.

Álvaro Parrilla, que preside el comité de Geotecnia Vial y que también pertenece al correspondiente comité internacional, hizo una presentación del comité señalando que sus miembros provienen de diversos sectores, y que sus objetivos son dar apoyo al comité

internacional y desarrollar trabajos de interés nacional y su correspondiente difusión mediante jornadas y publicaciones. Aurea Perucho, que es la secretaria del comité internacional, expuso cómo el actual comité dedicado a Carreteras Rurales y Obras de Tierra proviene de la fusión de otros anteriores dedicados a carreteras locales y de otro dedicado a las carreteras sin pavimentar y obras de tierra. Los asuntos que tratará el comité internacional son los de las repercusiones del cambio climático en las carreteras, el uso de materiales locales y marginales y la gestión de las obras de tierra como un importantísimo activo del patrimonio vial.

Seguidamente intervino Álvaro Parrilla para explicar el método organizativo que han seguido. Consiste que en primer lugar se identifica un tema que pueda ser interesante según el criterio del comité. Después se crea un grupo de trabajo que funciona con cierta autonomía, hasta que alcanza unos resultados, momento en el que se somete al pleno del comité para que lo analice y exponga sus reparos si los hubiera. Una vez que se consiga un acuerdo el trabajo se publica, bien en la revista Rutas o en un documento específico. Los grupos de trabajo han sido:

- Diseño de terraplenes frente a la acción del agua.
- Geosintéticos como refuerzo del terreno.
- Seguimiento del Grupo Europeo de Obras de Tierra (CEN).
- Cuñas de transición, que ha tenido la peculiaridad de que ha trabajado en conjunto con el Comité de Puentes.

Fruto de todo ese trabajo se celebró un Simposio y jornadas sobre materiales marginales (2 ediciones), muros de escollera, drenaje superficial y subterráneo y sobre cimentaciones de puentes en colaboración con el Comité de Puentes. Planteó, por último una serie de dificultades como son la coyuntura económica en la que estamos inmersos, la carga de trabajo extra y «altruista» para los miembros, y la dificultad para poder asistir a reuniones internacionales por las restricciones.



Comité de Puentes



Comité de Firmes



Comité de Geotecnia Vial



Comité de Gestión y Conservación

Vicente Vilanova preside el Comité de Gestión y Conservación. Destacó que los fines eran servir de foro para el estudio de las actividades de conservación, elaborar documentos en forma de artículos o manuales, y promover la actividad por medio de las Jornadas de Conservación. Mencionó que el comité está integrado por 39 miembros, y que hay cuatro grupos de trabajo: uno dedicado a la Vialidad y Conservación; otro a la redacción de un catálogo de operaciones; el tercero a los costes y a la gestión del patrimonio (ISO-UNE 55000); y el último a la conservación extraordinaria. Propugna crear un grupo dedicado a la seguridad y salud, y abrir una reflexión sobre la conveniencia de entrar en el campo de la formación. El grupo de trabajo dedicado a la vialidad y conservación está liderado por Carlos Casas, que no pudo asistir pero encargó a Vicente Vilanova la presentación del trabajo realizado. En vialidad se abordaron temas como las nuevas tecnologías, la definición de equipos mínimos, la localización de los centros operativos, las medidas de segu-

ridad de trabajadores y usuarios y los plazos para las actuaciones dentro de un margen de incertidumbre que vendría calificado de forma contractual. En cuanto a la conservación, se fijó la atención en los inventarios, los indicadores de estado y las actuaciones necesarias, el desarrollo tecnológico y la valoración patrimonial. Se pretende unificar los sistemas existentes. Señaló Vicente Vilanova que inevitablemente la conservación deberá estar sometida a la evaluación por indicadores. En lo referente al catálogo de operaciones, su coordinador Angel García Garay expuso las fichas sobre nueve operaciones del grupo I, es decir las necesarias para que la vía se mantenga en unas adecuadas condiciones de seguridad como son la atención a accidentes, retirada de vertidos u otras circunstancias que puedan suponer un peligro y también las labores de vigilancia y comunicación. Del grupo II, que son actuaciones de conservación rutinaria, se plantean ocho fichas. En cada una de ellas se trata de forma pormenorizada y sistemática cómo se debe desarrollar cada una de las acti-

vidades. Con ello se consigue una mayor eficacia, un mayor control y una delimitación de responsabilidades, pues libera a la empresa de responsabilidades que debe asumir el trabajador al que se ha formado e informado adecuadamente. En el grupo dedicado los costes se hizo una breve descripción de los sistemas de gestión del patrimonio y la novedad que supone una cierta sistematización por medio de las UNE-ISO 55000. También se hizo referencia a los trabajos del comité internacional. En el período pasado se iniciaron los trabajos para un Manual de gestión del patrimonio, que se siguen en el actual período. También se trató de la forma de unificar las gestiones de activos diversos, como firmes, puentes, obras de tierra y otros. El último se dedicó a la repercusión ambiental de los trabajos de conservación y rehabilitación con afecciones al cambio climático eficacia energética, emisiones, ruidos, etc.

La seguridad vial es el objeto del comité presidido por Roberto Llamas, que lo presentó como un punto de encuentro de especialistas con inquietudes en

los temas que afectan a la mejora de la seguridad vial. Lo hacen por medio de una puesta en común de conocimientos, experiencias; un análisis y debate temas de actualidad; la interrelación y colaboración con otros organismos y comités internacionales. El comité está integrado por miembros procedentes del sector privado y de las Administraciones que son una tercera parte. Se trabaja en sesiones plenarias y en específicas para cada tema. Se planifica con un horizonte de 4 años, y se divide el trabajo en grupos. Los resultados han sido informes técnicos, artículos, organización de jornadas, participación en los comités y congresos mundiales de PIARC y la colaboración con otras entidades. Se pueden destacar, entre otros, seis artículos en Rutas, un curso sobre elaboración de informes de accidentalidad de carreteras en servicio, la participación en el Congreso de Transporte CIT 2014, en el Congreso Internacional de Seguridad Vial (Torremolinos, Noviembre 2014), el Congreso Traffic 2015, la presentación en el Congreso Mundial de Carreteras en Corea (Noviembre 2015) y el Informe Nacional sobre las mejoras de Seguridad Vial en España en ese mismo congreso.

Por último agradeció a instituciones y personas su colaboración, y animó a que nuevos miembros se incorporen al comité. José María Pardillo, que coordina el grupo de trabajo Márgenes, advirtió sobre la notable incidencia que tienen las salidas de la calzada en el número de heridos y muertos, de tal forma que suponen más del 40 % de

los accidentes: notablemente superior a otras circunstancias individuales. Propugna actuaciones sobre el conductor, vehículo y la infraestructura que eviten las salidas, y en el caso de que no se pudieran evitar, que la carretera perdone el error sin condenar al usuario. Las «zonas de seguridad» constituidas por márgenes que permitan que se vuelva a recuperar el control y que reduzcan los posibles daños podrían alcanzar ese fin. Propone una serie de medidas que de forma sistemática contribuyan a aumentar esa seguridad.

Pablo Sáez es el coordinador del grupo de trabajo que se encarga de la accidentalidad en obras en las carreteras españolas, y de la problemática y medidas de señalización para mejorar la seguridad de los trabajadores en la vía. Anteriormente ya se habían analizado los accidentes en zona de obras: por lo que se pudo comprobar cómo el índice dado por el número de muertos por cada 100 accidentes en las zonas de obra superó al índice en la totalidad de la red a partir del año 2005. Esa diferencia se sigue manteniendo, aunque el número de accidentes se ha reducido. También se observó que la proporción de accidentes nocturnos fue superior en la zona de obras. Hay que destacar que en zonas de obras el 10 % de los muertos son peatones. Se recomienda una serie de medidas que adviertan a los usuarios de forma creíble y eficaz, así como una labor pedagógica general.

Ana Arranz, coordinadora del grupo de trabajo Intersecciones, describió el método y los resultados obtenidos.

Se hizo una recopilación de normativa y una búsqueda de datos sobre accidentes en distintas redes de carreteras. Se tropezó con una escasez de datos que obligaron a modificar el rumbo y a recurrir solo a las experiencias de otros países. Como resultado se establecieron una serie de recomendaciones para actuaciones en función del tipo de intersección, de los elementos de diseño y de la gestión del tráfico.

Alonso Domínguez presentó los sistemas ITS relacionados con la infraestructura de ayuda a la seguridad vial, que es el objeto del grupo de trabajo que coordina. De forma muy condensada expuso el modo en que esos sistemas colaboran a reducir los accidentes, su eficacia desde el punto de vista económico y los nuevos avances. Entre ellos destacó lo que se denomina dispositivos embarcados, que permiten que los vehículos se puedan comunicar, enviando y recibiendo información como pueden ser las llamadas de emergencia automáticas o *eCall*.

El comité dedicado a Carreteras Interurbanas y Transporte Integrado Interurbano está presidido en la actualidad por Fernando Pedraza y anteriormente lo fue por Sandro Rocci. Ambos hicieron la presentación. Es un comité numéricamente escaso, que no tiene una correspondencia clara con ningún comité internacional. Los asuntos a los que han dedicado más atención han sido la planificación y el diseño de las carreteras, con una estrecha relación con la seguridad vial. El método de trabajo no es muy formal ni tampoco sistemático, pero los resultados son



Comité de Seguridad Vial



Comité de Carreteras Interurbanas y Transporte Integrado



Comité de Vialidad Invernal



Comité de Financiación

de una elevada calidad. Se reúnen 5 o 6 veces al año. Un ponente redacta el texto, que posteriormente se debate por el pleno del comité. Los resultados son una o dos producciones al año, que pueden ser artículos, monografías o jornadas. Para el próximo período se han identificado a tres comités internacionales relacionados con la seguridad y el diseño, el modo de transporte y la evaluación socioeconómica de los proyectos. En cuanto a los asuntos concretos se mencionaron la coordinación de normas de trazado y señalización; las carreteras "2+1" (carriles adicionales); el diseño indulgente, carriles reservados; nudos y bicicletas; métodos multicriterio de planificación; mega-camiones; señalización en glorietas y límites de velocidad. Fernando Pedraza concluyó pidiendo colaboración para poder abordar tan ambiciosos objetivos.

El coordinador del Comité de Vialidad Invernal, Luis Azcue, narró la agitada historia del comité, pues aunque estaba constituido desde antiguo como comité independiente, en 2001 se incorporó al de Conservación. Esa unión no duró mucho y en 2013 de nuevo se separó. Además el comité internacional correspondiente desde hacía años se había separado del de conservación y sigue así. En los últimos tiempos se organizaron las Jornadas de Pamplona 2004 y de Viella en 2009. También se participó en los congresos internacionales en Sapporo 2002, Turín 2006 y Québec en 2010. Hay que hacer una mención especial al congreso internacional número catorce de Andorra<sup>1</sup>. Los objetivos del comité son los de estudiar aspectos relacionados

con la propia vialidad y la seguridad, y difundir el conocimiento mediante jornadas, congresos y publicaciones. El comité tiene 18 miembros, de los que 5 son de las Administraciones. Tres miembros del comité lo son a su vez del correspondiente internacional. Durante el período anterior se constituyeron 4 grupos de trabajo dedicados a la sostenibilidad, la gestión en situaciones comprometidas y a las técnicas invernales; otro se dedicó a la preparación del Congreso Internacional. Prácticamente coincidían con los grupos del comité internacional. Para el próximo período se formarán 4 grupos dedicados a los niveles de servicio, las mezclas bituminosas en invierno, *Databook* y otro dedicado a la organización de las jornadas. El *Databook* es una publicación donde se recogen la forma en que 21 países organizan los trabajos de conservación invernal. El comité internacional se diferencia en un tema dedicado a la gestión de eventos en condiciones invernales.

Por su parte Pablo Sáez presentó las actuaciones del grupo de trabajo denominado Sostenibilidad. Comprende dos facetas: una dedicada a la seguridad y otra al medio ambiente. En la seguridad se trata de dar unas recomendaciones, en forma de decálogo esquemático, para garantizar la seguridad de los trabajadores dedicados a las tareas de vialidad invernal. De forma muy concreta y pedagógica se condensa mucha información esencial. El otro cometido ha sido el de calcular la huella de carbono ciñéndose a la contribución añadida generada directamente por los trabajos de vialidad. Se

utilizó el modelo del MAGRAMA, y se aplicó a 21 sectores de conservación. Se observó cierta homogeneidad entre las distintas zonas, y se propuso extender el estudio a toda la red e incidir en la mejora de los indicadores.

José del Pino, como coordinador del grupo de trabajo Gestión de crisis por vialidad invernal, dividió su presentación en dos partes: una dedicada a un caso en concreto en la A-67 en 2015, y otra al estudio de la vialidad en países europeos. Se basaron en el *Databook*, y se analizaron diversos aspectos, desde la gestión a la utilización de fundentes o abrasivos. Aunque existen diferencias, se prestó cierta atención a las restricciones al tráfico en algunos países y al desarrollo de herramientas para la mejora de la gestión. En cuanto al caso concreto de la A-67, que hubo que cortar durante 48 horas debido a un temporal extraordinario (92 cm de nieve y vientos de 70 km/h), se hizo un análisis y se llegó a la conclusión de que los medios empleados y las decisiones tomadas fueron las adecuadas para resolver una situación tan excepcional.

Por el grupo de trabajo Técnicas y Tecnologías actuó su coordinadora Lola García Arévalo. Presentó los sistemas de ayuda a la toma de decisiones para las actuaciones invernales, para lo que hizo una somera descripción y luego pasó a analizar una experiencia piloto en un tramo de la A-1. Se constató lo certero de las predicciones del

<sup>1</sup> NOTA DE LA REDACCIÓN: En el que el comité español y sus representantes internacionales tuvieron un papel verdaderamente protagonista.



Comité de Carreteras de Baja Intensidad de Tráfico



Alberto Bardesi y Oscar Gutierrez-Bolivar en la clausura de la Jornada

sistema y la pertinencia de las actuaciones recomendadas. Además abordó los sistemas de comunicación con los usuarios, entre ellos el Metrorruta de la AEMET, el proyecto *eCall* para emergencias, o las carreteras inteligentes y los vehículos autónomos, como un futuro no lejano.

El presidente del Comité de Financiación, y a su vez del correspondiente comité internacional, Gerardo Gaviñanes inició su presentación con una referencia a los trabajos del comité internacional. Los objetivos marcados fueron los de prestar asesoramiento a las administraciones en materia de utilización de recursos, la revisión del papel del sector privado y los nuevos métodos de contratación y de gestión financiera. Ese trabajo se plasmó en un informe de 83 páginas en el que se abordan las estrategias y otras cuestiones referentes a los pagos y la financiación en entornos variables; todo ello ilustrado con 8 casos prácticos. Como principales hallazgos se pueden mencionar:

- La diferenciación entre pago final y financiación.
- La dificultad de muchas administraciones para nuevas inversiones.
- Las ventajas e inconvenientes de los impuestos cuyo fin específico es la carretera.
- Las dificultades que conlleva la incertidumbre del pronóstico del tráfico y la necesidad de avales por parte de las administraciones.
- La necesidad de peajes más o menos blandos para la conservación.
- El principio de cobro al que usa la carretera.

En cuanto al comité nacional, dijo que comprendió 6 grupos de trabajo dedicados a:

- El apoyo del internacional.
- La viabilidad de concesiones en dificultades.
- La directiva europea de concesiones.
- El pago por uso.
- El PITVI.
- El peaje en sombra.

Dado que el comité internacional desaparece como tal, pasando a ser un grupo de trabajo de un comité, propugna replantear el comité nacional.

Andrés Costa, como presidente del comité Carreteras de Baja Intensidad de Tráfico, hizo la presentación de su actividad. Destacó que no tuvo un correspondiente exacto en los comités internacionales en el pasado período, aunque en este podrían serlo el de Firmes que dedica una parte a firmes de bajo coste, y el Comité de carreteras rurales y obras de tierras. Señaló que 110 000 km de las redes españolas (166 000 km) corresponden a lo que se considera de baja intensidad de tráfico (IMD < 2000 veh.). Corresponden a diputaciones y redes autonómicas. Se formaron cinco grupos de trabajo dedicados a la financiación, planificación, seguridad, conservación y normativa. El número de asistentes a las reuniones es de unas 25 personas, de las que el 60 % pertenecen a administraciones y el 30 % a empresas. Muestra su preocupación por la conservación de estas carreteras: para lo que propone definir los criterios de gestión y establecer una propuesta de actuaciones de conservación específicas de estas carreteras, y una serie de recomendaciones. De cara

al futuro, plantea hacer un análisis en el Comité de su problemática y de cómo se puede resolver. A partir de esto hacer una planificación de las actuaciones. Por último, definir Grupos de Trabajo.

Así terminaron las presentaciones de los comités y se pasó a la presentación de una iniciativa encaminada a establecer un período de reflexión en el seno de todos los comités para poder abordar el futuro de una forma mejor, si es posible. Cada miembro podrá aportar su visión del funcionamiento de los comités y podrá proponer cambios o innovaciones que puedan ser útiles para cada comité y para el conjunto de ellos. Evidentemente hay un marco, que son los fines y modos de la ATC, dentro de los que se podrán proponer iniciativas. Se pretende establecer las bases para un plan de un cierto carácter estratégico que pueda servir de guía para el funcionamiento de los comités. Se establecen unos plazos para realizar las consultas y para la elaboración de un documento que deberá ser aprobado. En cierto modo se pretende emular al Plan Estratégico de PIARC, pero adaptado a las circunstancias españolas, a la tradición del funcionamiento de los comités y sobre todo para que se cumplan los fines de la Asociación, contando con la nunca suficientemente ponderada participación voluntaria de todos y cada uno de los miembros de los comités.

Como colofón, el nuevo Director General de la Asociación Técnica de Carreteras, Alberto Bardesi, dio las gracias a todos los participantes por sus magníficas aportaciones, y a los asistentes y clausuró la Jornada. ❖

## Composición de la Junta Directiva de la ATC

|                                 |   |
|---------------------------------|---|
| <b>PRESIDENTE:</b>              | - D. Luis Alberto Solís Villa                           |
| <b>CO-PRESIDENTES DE HONOR:</b> | - D. Jorge Urrecho Corrales<br>- D.ª María Seguí Gómez  |
| <b>VICEPRESIDENTES:</b>         | - D. Carlos Bartolomé Marín<br>- D. Jesús Díaz Minguela |
| <b>TESORERO:</b>                | - D. Pedro Gómez González                               |
| <b>DIRECTOR:</b>                | - D. Alberto Bardsi Orúe-Echevarría                     |
| <b>SECRETARIO:</b>              | - D. Pablo Sáez Villar                                  |



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



### VOCALES:

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

## Comités Técnicos de la ATC

### COMITÉ DE VIALIDAD INVERNAL

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

### COMITÉ DE FINANCIACIÓN

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

### CARRETERAS INTERURBANAS Y TRANSPORTE INTEGRADO INTERURBANO

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

### TÚNELES DE CARRETERAS

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

### CONSERVACIÓN Y GESTIÓN

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

### FIRMES DE CARRETERAS

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

### PUENTES DE CARRETERAS

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

### GEOTECNIA VIAL

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

### SEGURIDAD VIAL

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

### CARRETERAS Y MEDIO AMBIENTE

|              |                               |
|--------------|-------------------------------|
| - Presidente | D. Antonio Sánchez Trujillano |
|--------------|-------------------------------|

### CARRETERAS DE BAJA INTENSIDAD DE TRÁFICO

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

## Socios de la ATC

Los Socios de la Asociación Técnica de Carreteras son:

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

### Socios de Honor

D. ENRIQUE BALAGUER CAMPHUIS  
D. JOSÉ LUIS ELVIRA MUÑOZ  
D. FRANCISCO CRIADO BALLESTEROS  
D. SANDRO ROCCI BOCCALERI  
D. JOSÉ MARÍA MORERA BOSCH  
D. LUIS ALBERTO SOLÍS VILLA  
D. JORDI FOLLIA I ALSINA  
D. PEDRO D. GÓMEZ GONZÁLEZ  
D. ROBERTO ALBEROLA GARCÍA

### Socios de Mérito

D. FRANCISCO ACHUTEGUI VIADA  
D. CARLOS OTEO MAZO  
D. ADOLFO GÜELL CANCELA  
D. ANTONIO MEDINA GIL  
D. CARLOS DELGADO ALONSO-MARTIRENA  
D. ALBERTO BARDESI ORUE-ECHEVARRIA  
D. RAFAEL LÓPEZ GUARGA  
D. ÁLVARO NAVAREÑO ROJO  
D.ª MERCEDES AVIÑÓ BOLINCHES  
D. FEDERICO FERNANDEZ ALONSO  
D. JUSTO BORRAJO SEBASTIÁN  
D. JESÚS RUBIO ALFÉREZ  
D. JESÚS SANTAMARÍA ARIAS  
D. ENRIQUE DAPENA GARCÍA  
D. ROBERTO LLAMAS RUBIO  
D. FÉLIX EDMUNDO PÉREZ JIMÉNEZ

### Socios Protectores y Socios Colectivos

#### Administración General del Estado

- DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS. MINISTERIO DE FOMENTO
- DIRECCIÓN GENERAL DE TRÁFICO. MINISTERIO DEL INTERIOR
- DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIA. MINISTERIO DEL INTERIOR
- SECRETARÍA GENERAL TÉCNICA. MINISTERIO DE FOMENTO

#### Comunidades Autónomas

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

#### Ayuntamientos

- AYUNTAMIENTO DE BARCELONA
- MADRID CALLE 30

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

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

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

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

## Asociaciones

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

## Sociedades Concesionarias

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

## Empresas

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

## Socios Individuales

Personas físicas (56) técnicos especialistas de las administraciones públicas; del ámbito universitario; de empresas de ingeniería, construcción, conservación, de suministros y de servicios; de centros de investigación; usuarios de la carretera y de otros campos relacionados con la carretera. Todos ellos actuando en su propio nombre y derecho.

# RUTAS

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN TÉCNICA DE CARRETERAS



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



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

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

[http://www.atc-piarc.com/rutas\\_digital.php](http://www.atc-piarc.com/rutas_digital.php)



Para más información:  
puede dirigirse a:

**Asociación Técnica de Carreteras**  
Tel.: 913082318 Fax: 913082319  
**info@atc-piarc.com**  
**www.atc-piarc.com**

Desde este link [http://www.atc-piarc.com/rutas\\_digital.php](http://www.atc-piarc.com/rutas_digital.php), podrá consultar los artículos de la Revista *Rutas*, así como los de otras publicaciones, Congresos y Jornadas que organiza la ATC

Forma de pago:

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

Nombre   
Empresa  NIF   
Dirección  Teléfono   
Ciudad  C.P.  e-mail   
Provincia  País   
Fecha  Firma

# REVISTA RUTAS DIGITAL



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

La revista Rutas también se distribuye a través de la página web del Comité Nacional Español.

Navega por nuestros números y artículos:

- Descarga los tres últimos números de la revista si eres suscriptor en Rutas Online.
  - Accede a los artículos de la revista, desde su primera edición en 1986, de manera sencilla y gratuita (los dos últimos años solo para suscriptores).
- Gracias a nuestro buscador avanzado en Rutas Digital



**Asociación Técnica  
de Carreteras**

Comité nacional español de la  
Asociación Mundial de la Carretera





# Innovar está en nuestros genes

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



**REPSOL**

*Inventemos el futuro*

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