

Efecto del firme y pavimento en los incendios en túneles de carretera

Willy DE LATHAWER (Bélgica). Traducción del artículo publicado en la revista ROUTES/ROADS, número 334 de 2007. Traducido por Manuel Romana García.

Presentación

El Comité de Túneles de la Asociación Técnica de Carreteras, que he tenido el honor de presidir durante los dos últimos ciclos (2000-2003 y 2004-2007), uno de cuyos principales objetivos es el estudio y el análisis de los problemas y avances que se plantean en la explotación de los túneles, siempre ha estado especialmente interesado por la seguridad de los usuarios, y en concreto por el efecto que sobre ésta tiene la presencia de fuego y humo consecuencia de un incendio.

Dentro de los cometidos del Comité, está el de colaborar con los Grupos de Trabajo que desarrollan su labor en el seno del Comité Técnico C3.3 (a partir de 2008, C4) "Explotación de Túneles" de la AIPCR, que fundamentalmente elaboran documentos de recomendaciones técnicas de ayuda a los distintos intervinientes en la seguridad.

El Grupo de Trabajo 6 "Control de fuegos y humos" ha abordado en el pasado ciclo asuntos tan diversos como las estrategias de ventilación, los sistemas fijos de extinción, impacto de la calidad del aire sobre el entorno y el efecto del pavimento en los incendios.

El Comité español, ya en el simposio celebrado en el Principado de Andorra del 26 al 28 de octubre de 2005, ya abordó la problemática de la relación fuego – pavimento en la ponencia presentada por María Dolores Can-

cela Rey, "Manual sobre pavimentos en túneles", en la que entre otras cosas se analizó el papel del firme en la seguridad en caso de incendio.

Dado que el Real Decreto 635/2006, de 26 de mayo, sobre requisitos mínimos de seguridad en los túneles de carreteras del Estado, establece en su Anexo que salvo razones debidamente justificadas, en túneles de más de 1000 m se empleará pavimento de hormigón, por parte del Comité se ha estimado de gran interés la divulgación a través de nuestra revista RUTAS del artículo redactado conjuntamente por el Comité C3.3 (WG-6) y la ITA, relativo al "Efecto del firme y pavimento en los incendios en túneles de carretera", firmado por Willy DE LATHAWER y publicado en el número 334 de la revista ROUTES/ROADS, al objeto de que su conocimiento llegue al mayor número de proyectistas y constructores de túneles, y pueda ser de utilidad en el momento de la toma de decisiones. La traducción del artículo ha sido brillantemente realizada por el miembro del Comité Manuel Romana García, a quien desde aquí le agradezco su desinteresada colaboración.

Rafael López Guarga.
Presidente del Comité español de Túneles de Carretera.

Resumen

Los importantes incendios ocurridos en los túneles de carretera alpinos de gran longitud entre 1999 y 2005 han provocado la seria preocupación del público, las Administraciones y la industria con respecto a la seguridad contra incendios de los túneles de carretera. Se han llevado a cabo numerosas investigaciones administrativas y judiciales, algunas de

las cuales aún no se han resuelto. Estas catástrofes también han llevado al desarrollo de una serie de artículos, estudios, informes e investigaciones referidas a la seguridad contra incendios en túneles de carretera.

Una de las incertidumbres que se ha suscitado tras estos accidentes es el impacto de los materiales del firme en un incendio. El contenido de este artículo (aprobado por el comité técnico C3.3 de la AIPCR en octubre de 2006) presenta los resultados de un estudio limitado a los firmes de hormigón y de mezclas asfálticas densas. No se consideran mezclas porosas, ya que la AIPCR continúa recomendando que no se utilicen estos materiales en túneles de carretera.

El estudio estuvo dirigido a la verificación de si siguen siendo válidas las recomendaciones hechas en 1999 en el informe técnico "Control del fuego y los humos en túneles de carretera" (referencia 1), de la AIPCR. Este informe fue preparado por el grupo de trabajo 6, denominado "Control de fuego y humos" del comité técnico C5 para el congreso mundial de carreteras celebrado en Kuala Lumpur. Fue publicado antes de la primera serie de incendios que comenzó en 1999.

Contexto

Los incendios ocurridos en túneles de carretera dieron pie a la generación de nuevos estudios, incluyendo los llevados a cabo por asociaciones profesionales tales como la AIPCR y la ITA (Asociación Internacional de Túneles, ITA en inglés). También provocaron el establecimiento de redes temáticas europeas y de proyectos de investigación tales



Foto 1. Pavimento bituminoso en el túnel carretero de Belliard en Bruselas, Bélgica.

como los denominados en inglés, FIT, Safe-T, UPTUN, DARTS, Safe Tunnel, Virtual Fires, Sirtaki (referencia 2), L-Surf y Eurotap.

La AIPCR y la ITA establecieron un grupo conjunto en el área de la resistencia estructural de los túneles al fuego. Este esfuerzo fue acometido conjuntamente por el comité técnico C3.3 de la AIPCR, denominado “Explotación de túneles de carretera, *Road Tunnel Operations* en inglés”, a través de su Grupo de trabajo 6, y el Grupo de trabajo 6 de la ITA, denominado “Conservación y reparación, (*Maintenance and Repair*, en inglés)”. El resultado se reflejó en varias publicaciones:

- El documento de la ITA “Recomendaciones para resistencia estructural frente al fuego de túneles de carretera” (referencias 3 y 4).

- Un número especial de la revista Routes-Roads, número 324 de octubre de 2004, enteramente dedicado a la seguridad frente los incendios en túneles (referencia 5).

- Y un informe técnico de la AIPCR titulado “Sistemas y equipamiento para el control de fuegos y humos en túneles de carretera”, aún no publicado.

Un aspecto de la seguridad en túneles, que no fue tratado con gran intensidad en estos documentos, es precisamente la contribución del material constituyente del firme a un incendio que tenga lugar en un túnel. En diciembre de 2004, el comité 3.3 formó un grupo de trabajo (*task-force*) dentro del Grupo de trabajo 6 para estudiar este tema. Esta fue una sugerencia de la ITA, apoyada por un cierto número de países que deseaban verificar o modificar las recomendaciones previamente formuladas. El grupo de trabajo fue encabezado por el autor de este artículo, Willy DE LATHAWER (Bélgica), y también formaron parte R. ARDITI (Italia), A. BENDELIUS (EE.UU.), P. CARLOTTI (Francia) y A. HAACK (Alemania). Se informó a otras personas relacionadas con las industrias del hormigón y de las mezclas bituminosas; pero estas no tomaron parte activa en el estudio ni en la preparación del informe de conclusión de los trabajos.

Se especificó por parte del Comité 3.3 que el trabajo estaría limitado a los efectos de los firmes y sus materiales constituyentes en los incendios en túneles, y no incluiría los daños causados por el incendio en el firme, que no

es una cuestión de seguridad, sino simplemente económica.

Antecedentes

Como recordatorio, el informe “Control del fuego y los humos en túneles de carretera” (referencia 1), en su capítulo 7.3.4, titulado “El fuego y sus efectos de y en la superficie de la carretera” afirma:

“El firme de un túnel puede estar constituido por tres materiales: hormigón, mezclas bituminosas convencionales, o mezclas bituminosas porosas; estas últimas se disponen para conducir por su interior el agua de lluvia para reducir las salpicaduras provocadas por la circulación de los vehículos, y para reducir el ruido. De todos ellos, el hormigón es el único que no es combustible y no provoca ninguna cuestión con respecto a su uso en túneles en caso de incendio.

Las mezclas bituminosas convencionales pueden arder por exposición a un fuego con elevadas temperatura. Se producirán algunos humos y gases calientes adicionales y peligrosos, mientras la mezcla bituminosa contribuya a la carga de fuego del incen-



Foto 2. Pavimento de hormigón en el túnel de carreteras de Cointe en Lieja, Bélgica.

dio. Sin embargo, en comparación con el incendio, las cargas o adicionales se ignoran en general, de manera que las mezclas convencionales pueden ser utilizadas en cualquier caso.

Las mezclas bituminosas porosas no son aconsejables en túneles, ya que en caso de que ocurra un vertido de hidrocarburos durante la circulación normal de vehículos, o bien en caso de accidente o de incendio, los hidrocarburos se almacenarán en el interior del firme. En caso de incendio, el área del fuego se incrementará a causa de este volumen contenido en el firme, cuya eliminación también requiere un tiempo mayor.”

Algunos países (Austria, Eslovaquia, Eslovenia y España) fueron más allá de estas recomendaciones y prohibieron las mezclas bituminosas en túneles nuevos de más de 1000 m de longitud. Sin embargo, en Austria, Eslovaquia y Eslovenia esta prohibición estaba basada en cuestiones de conservación más que en la preocupación ante posibles incendios y humos.

Resultados del estudio

Pese a las dificultades del tema, se han llevado a cabo un cierto número de estudios desde 1999 en algunos países; se encuentran en las referencias, numeradas entre 7 y 14, y constituyen la base de este artículo.

Es importante destacar que ni la Directiva de la Unión Europea 2004/54/EC acerca de requisitos mínimos para túneles en la red transeuropea (referencia 7), ni ninguna de las redes temáticas europeas y proyectos de investigación citados anteriormente que estudian la seguridad en túneles en sí se ocupan de este tema de los pavimentos, y ni tan siquiera lo citan. Sólo el proyecto europeo de investigación Samaris lo toma en consideración en su informe (referencia 8). Además, no hay aportaciones significativas acerca de la cuantificación de este fenómeno en las fases posteriores de un incendio.

Todos los estudios conocidos lle-

garon a las conclusiones siguientes, u otras muy similares:

- las recomendaciones contenidas en el informe técnico “control del fuego y los humos en túneles de carretera” (referencia 1), de la AIPCR son aún válidas;

- los estudios referenciados concluyeron unánimemente, además, que no hay problemas asociados con el uso de firmes y pavimentos de hormigón; y la información recogida de los accidentes recientes muestran que no hay un riesgo significativo, si se usan mezclas asfálticas; una mezcla asfáltica no afectaría a las fases de evacuación y rescate de un incendio en túneles, por lo que su contribución al incendio y su propagación es marginal.

Cada estudio tiene puntos de vista diferentes en algunos aspectos detallados. Las conclusiones específicas correspondientes de estos estudios se reproducen a continuación:

- “Comportamiento de los firmes en pavimentos bituminosos y de hor-

hormigón en túneles, particularmente en caso de incendio”, Alemania (*referencia 9*).

No hay razón para que Alemania siga la decisión austriaca de no usar ningún pavimento bituminoso en túneles nuevos de más de 1000 m.

■ “Mejorar la seguridad de túneles frente incendios: la solución de firmes de hormigón”, Bélgica (*referencia 10*).

Esta nota técnica está basada en gran parte en los resultados obtenidos por la Universidad de Cergy-Pontoise (Francia), incluyendo un estudio comparativo de dos muestras idénticas (*sic*) de hormigón y mezcla bituminosa calentadas hasta altas temperaturas con una progresión idéntica. La ignición de la mezcla bituminosa ocurrió alrededor de los 480 °C. La nota está producida por la industria del hormigón, y aconseja fuertemente el uso de firmes de hormigón en túneles.

■ “Materiales avanzados y sostenibles para la infraestructura de las carreteras: revisión de la reacción frente al fuego de los materiales de firmes y pavimentos”, Samaris, proyecto investigación del quinto programa marco de la unión europea (*referencia 8*).

Una encuesta internacional (cuyo resultado fue de tres respuestas) y un examen de los incendios muestran que no existe un riesgo adicional dependiendo del tipo de firme del túnel, incluso en el caso de un fuego catastrófico, como se demostró en el incendio del Túnel de San Gotardo.

■ “Comportamiento de los pavimentos bituminosos en caso de un incendio en túnel”, Francia (*referencia 11*).

Durante el incendio en el túnel de Mont Blanc, y de acuerdo con las temperaturas estimadas en las investigaciones, las mezclas bituminosas del firme no parecen haber estado ni en el origen ni en la propagación de incendio.

Se apunta que en la investigación mencionada anteriormente de la Universidad de Cergy-Pontoise (Francia), documentada en la *referencia 10*, las condiciones del ensayo fueron poco

usuales (en cuanto a dimensiones de las muestras en el horno, curva de incremento de temperatura), de manera que no permiten una comparación externa.

■ Comportamiento de los túneles de carretera en incendios”, Francia (*referencia 12*).

La regla general (circular francesa 2000-63) recomienda el uso de materiales no combustibles para el techo del túnel, de materiales con baja combustibilidad para los revestimientos laterales, y no da ninguna prescripción para los componentes de la carretera; también recomienda que se estudie la posibilidad de la existencia de galerías (conductos de ventilación, galerías de servicios) bajo el firme.

■ “Comentarios a la tarea 5-efectos del firme en el incendio”, Países Bajos (*referencia 13*).

Este documento es un recordatorio de cierto número de nociones teóricas, especialmente acerca de la influencia del fuego en los pavimentos bituminosos; se confirma el bajo impacto de este firme en el desarrollo duración del incendio (los cálculos muestran que frente a un coche con 400 kg de material combustible, la combustión de una capa de 10 mm del firme en una superficie de 2 x 5 m corresponde a una masa total de betún potencialmente combustible de 10 kg, esto es, el 2,5% de la carga combustible del coche; para un camión estas cifras puede ser respectivamente de 40 000 kg, 25 mm, 10 por 50 m, 1875 kg y el 4,7% de la carga combustible del camión).

■ “Breve introducción a la tecnología de pavimentos en túneles”, China (*referencia 14*).

Esta es una presentación de la posibilidad de aplicar una capa de resina epoxi sobre un pavimento, ya sea bituminoso o de hormigón, presentando entre otras características su no combustibilidad.

■ “Respuesta al fuego de las mezclas asfálticas”, Francia (*referencia 15*).

Los ensayos llevados a cabo por el CSTB (Francia) permiten la formulación de las siguientes conclusiones:

1) un pavimento de mezcla bitu-

minosa no entra fácilmente en ignición, y es necesario un nivel significativo de exposición térmica para que se produzca una combustión autónoma. Es probable que ese nivel de exposición sólo pueda ocurrir en las cercanías inmediatas de vehículos que ya están ardiendo. Este nivel de exposición no es compatible con la presencia de usuarios del túnel o personal de rescate y auxilio en la zona de fuego.

2) Los resultados de los ensayos muestran que cuando se produce la ignición del firme bituminoso, sólo su fracción superficial contribuye al incendio, porque se crea una capa superficial inerte hecha del residuo del betún que ha ardido (“*inert cake*” en inglés).

3) Los flujos medios de pirólisis medidos son muy bajos comparados con los causados por la combustión de los vehículos que ya están ardiendo en el túnel. No parece que la cantidad de gas y el flujo de calor producidos por la pirólisis del pavimento puedan empeorar significativamente la situación de los usuarios durante la fase de evacuación.

4) Los diversos ensayos realizados no han mostrado propagación del fuego.

Conclusiones

Es claro, a partir de todos los estudios y esfuerzos de investigación citados, que las mezclas bituminosas, como material del firme, no constituyen una contribución significativa al tamaño del incendio (tanto en lo referente a la tasa de emisión de calor como a la carga total de fuego) en caso de un incendio en un túnel de carretera. Esto es especialmente cierto en la fase inicial del incendio, cuando la auto evacuación y la evacuación deben tener lugar.

La posición de la AIPCR en su informe de 1999 (*referencia 1*) resulta todavía plenamente válida: las mezclas bituminosas convencionales (no porosas) no tienen un impacto significativo adverso en la seguridad durante el incendio y pueden ser em-

pleadas en túneles de carretera.

Referencias

1. World Road Association (PIARC), "Fire and Smoke Control in Road Tunnels", 1999 (en inglés y francés).

2. World Road Association (PIARC), "Tunnel Fire Safety is Quickly Progressing thanks to Cooperate Efforts", A. Haack, D. Lacroix, Routes/Roads, N° 324, October 2004 (en inglés y francés).

3. International Tunnelling Association (ITA). "ITA Guidelines for Structural Fire Resistance for Road Tunnels", May 2004 (en inglés y *resumido* en francés en la referencia 4).

4. World Road Association (PIARC), "ITA Guidelines for Structural Fire Resistance for Road Tunnels", H.A. Russell, Routes/Roads, N° 324, October 2004 (en inglés y francés).

5. World Road Association (PIARC), "ITA Guidelines for Structural Fire Resistance for Road Tunnels", Routes/Roads, N° 324, October 2004 (en inglés y francés).

6. World Road Association (PIARC),

"Systems and Equipment for Fire and Smoke Control in Road Tunnels", 2006 (en inglés y francés).

7. European Union, "Directive 2004/54/EC of the European Parliament and of the Council on minimum safety requirements for tunnels in the trans-European Union, April 2004 (en inglés).

8. Research Samaris (Sustainable and Advanced Materials for Road Infrastructure: Review on Reaction to Fire of Pavement Materials)", 5th RDFF European Union, April 2004 (en inglés).

9. Brochure "Verhalten von Asphalt und Betonbelagen bei Tunnelbauwerken insbesondere in Brandfall" ("Performance of pavements in asphalt and in concrete in tunnels, particularly in case of fire"), BAST, Germany, October 2003 (en alemán).

10. Technical note "Improving Fire Safety in Tunnels: The concrete pavement solution" prepared by Cem-bureau in Brussels, Belgium, April 2004 (en inglés), based on a study report "Revêtements de chaussée en enrobé hydrocarboné ou en béton en

situation d'incendie", Université de Cergy Pontoise, France, 2003 (en francés).

11. Report of bibliographical study "Comportement au feu des chaussées bitumineuses en cas d'incendie en tunnel routier", for USIRF (Professional Union of the French Road Industry), carried out by CSTE (Centre scientifique et technique du Bâtiment), France, September 2004 (en francés).

12. Guide of CETU "Comportement au feu des tunnels routiers", France, March 2005 (en francés).

13. Technical note "Comments to Task 5 - Effects of pavement on fire", by J. W. Huijben, the Netherlands, not dated, received September 2005 (en inglés).

14. Technical note "Brief Introduction to Tunnel Pavements Technologies", from China, not dated, received October 2005 (en inglés).

15. Study report "Comportement au feu des enrobés bitumineux-volet experimental-partie 1" for USIRF, carried out by CSTB, France, June 2006 (en francés). ■