

# IV Simposio de Túneles. ¿Por qué son seguros los túneles?



De izquierda a derecha, Sres. Pintat y Pons, Sra. Cruz y Sr. Criado, que formaron la mesa que presidió la inauguración del Simposio.

La Redacción

### Miércoles 26 de octubre

**E**l pasado 26 de octubre y con un acto presidido por el Ministro de Urbanismo y Ordenación Territorial del Gobierno de Andorra, **D. Manel Pons**, y la Secretaria General de Infraestructuras del Ministerio de Fomento, **Dña. Josefina Cruz Villalón**, a quien acompañaba, entre otros, el Director General de Carreteras del citado ministerio, **D. Francisco Criado**, dio comienzo este simposio, que congregó, como ya viene siendo costumbre, a un gran número de participantes, que, con su presencia y participación, así como la alta calidad de los ponentes y temas tratados, consiguieron que el evento alcanzase el éxito esperado.

### 1ª Sesión.- La seguridad como objetivo

**D. Rafael López Guarga**, del Ministerio de Fomento y Director Técnico del Simposio, presentó la **Introducción, con la Ponencia general: "¿Por qué son seguros los túneles"**, destacando la necesidad de alcanzar una conciencia sobre la importancia de la seguridad en proyectistas, constructores, explotadores y usuarios; y adoptar las medidas necesarias para que el túnel sea cómodo, teniendo un punto de partida esencial, como es que debe existir un buen proyecto en cuanto a la geometría, instalaciones y equipamientos. También, que nunca debe escatimarse en medidas de seguridad y evacuación, y que tiene que haber una buena concepción del GTC, además de una imprescindible buena preparación y conocimientos de los responsables de la

explotación. Igualmente, hay que efectuar planes de intervención, emergencia y realizar simulacros, así como tomar decisiones por parte de la Administración, teniendo en cuenta la calidad, la seguridad y el coste. Además, siempre hay que realizar un adecuado mantenimiento y una actualización constante.

La ponencia sobre **"La cuantificación de la seguridad en túneles"**, de **D. Enrique Alarcón**, Académico de la Real Academia de la Ingeniería y Catedrático de la UP de Madrid; y los **Sres. Del Rey, Vega y Fraile**, del CEMIM, Centro de Modelado en Ingeniería Mecánica, describió algunos procedimientos de cuantificación en lo relativo a la situación de servicio, en la que los llamados métodos de nivel II, habituales en los cálculos de resistencia de estructuras, pueden desempeñar un pa-



pel, y en los de accidentes, donde las técnicas de teoría de la decisión mediante árboles probabilistas de duración están siendo utilizadas ya en algunos países. La ponencia describió ambos procedimientos, así como ejemplos ilustrativos de ellos. Finalmente, se destacó la importancia de desarrollar instrumentos de cálculo que permitan al legislador y a la Administración ponderar adecuadamente los efectos y los fondos que se destinan a la prevención.

**M. Didier Lacroix**, *Directeur de la Recherche, CETU, Francia*, presentó la ponencia **"Hacia una verdadera gestión de la seguridad en los túneles carreteros: la experiencia francesa e internacional"**. En ella informó que, desde el año 2000, Francia ha puesto en práctica una política de seguridad para los túneles carreteros, y, por ello, todos los túneles de más de 300 m de la red nacional francesa han sido examinados por un comité de evaluación nacional. Entre otras conclusiones, M. Lacroix subrayó la necesaria implicación de todos los actores que intervienen en la seguridad de un túnel y una definición clara de sus responsabilidades. Además, la necesaria existencia de un dossier de seguridad, que contenga todos los elementos que afectan a la seguridad de un túnel que permita su coordinación.

Más adelante, defendió el establecimiento y observancia de los procedimientos para verificar la seguridad de un túnel desde el principio de las obras.

**D. Manuel Romana**, *Catedrático de la U.P. de Valencia*, en **"El comportamiento del hormigón de los túneles frente al fuego"**, expuso que, desde el punto de vista de su estabilidad general, los túneles son mucho más seguros que otras estructuras, en caso de incendio.

El hormigón prefabricado, encofrado o proyectado, para construir el sostenimiento y/o revestimiento de túneles excavados, ha sufrido daños durante los incendios graves; pero en ningún caso ha dejado de cumplir, con mayor o menor margen de seguridad, su función.

Sin embargo, y entre otras cosas, defendió que los dos riesgos que deben examinarse son la producción de fracturas por el proceso de lajeo o "spalling" y la rotura de forjados en los tú-

neles con ventilación transversal o semitransversal. También defendió que se debe prestar atención especial cuando en el paramento existan saledizos o zonas de apoyo a otros elementos.

### **2ª Sesión.- Actuaciones en seguridad. Explotación, instalaciones y equipamientos**

#### **Sala 1. Actuaciones de seguridad**

La intervención sobre el **"Manual sobre pavimentos en túneles"**, de Dña.

**timientos de túneles"**, de **D. Laureano Cornejo Álvarez**, de *Geoconsult*, hizo una puesta al día de estos materiales. Entre otros, destacó una amplia variedad de fibras como las sintéticas PVA; y las de poliolefina, que confieren a los hormigones proyectados o encofrados un comportamiento "strain-hardening", siendo capaces de absorber una importante energía de deformación. También subrayó las fibras de basalto por sus propiedades resistentes, estabilidad química en ambiente agresivo, elevada resistencia a las altas temperaturas y coste razonable. Lo mismo hizo



Ponentes de la primera sesión que fue presidida por D. José Luis Elvira, Director Técnico de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento.

**María Dolores Cancela Rey**, del *Ministerio de Fomento*, informó a los presentes que éste se está redactando, exponiendo sus ideas más relevantes, aunque advirtiendo que la intensa actividad normalizadora de la Unión Europea en estas materias puede modificar algunos aspectos. El ámbito de aplicación del manual afecta a toda carretera cubierta, ya sea excavada en el terreno, en falso túnel o con cubiertas no permeables al aire, o que presente una superficie abierta al exterior inferior a 1 m<sup>2</sup> por metro lineal y por carril. Los aspectos específicos de los firmes en túneles, los factores de dimensionamiento, la definición de los diferentes firmes, las limitaciones de la sección transversal y las características del drenaje completaron su exposición.

**"Nuevas tendencias en los reves-**

con las fibras metálicas Torex, por su excelente trabazón con el hormigón, que confieren a éste unas propiedades muy superiores, desarrollando una notable capacidad de absorción de energía, etc.

**"Túnel de la autopista Eje Aeropuerto. Sistema de Gestión Tráfico"**, de **D. Roberto Hombrados**, de *Autopistas Eje Aeropuerto C.E., S.A.*, concluyó que el sistema de gestión de tráfico del túnel de la autopista M-12 hace que esa infraestructura se constituya como una de las más modernas y seguras actualmente existentes en nuestras carreteras. Por ello, la inversión realizada para ello está plenamente justificada, al configurarse el túnel de la M-12, en unos pocos meses, como el principal acceso desde la capital a la terminal 4 del aeropuerto de Barajas.

Recordemos que el objetivo principal





D. Rafael López Guarga, Director Técnico del Simposio y Presidente del Comité de Túneles de la ATC.

de esta vía es la conexión de Madrid (M-40, km 8) con esa nueva terminal, así como con la A-1 (a la altura del km 17), descongestionando la entrada y salida de Madrid por la zona Norte.

La **"Modernización de los túneles de Monrepós. Nuevo sistema de control"**, de D. Javier Borja López, de Idom, S.A., informó dónde se ubica el túnel y sus características, pasando a exponer la arquitectura del sistema, su funcionamiento y su puesta en marcha. Las obras afectaron a la ventilación, reforzándose el sistema en el túnel 1, añadiéndose 12 nuevos ventiladores de 30 kW, instalándose nuevos sistemas de detección y adaptando los existentes; y programando el sistema de control con nuevos algoritmos de funcionamiento. Se mejoró el sistema de circuito cerrado de TV; el sistema de control de túnel experimentó una transformación profunda, modificándose su arquitectura, incorporando nuevos equipos y dotándolo de redundancia para asegurar su funcionamiento. Así mismo, se aumentó la potencia eléctrica; se añadieron dos nuevos paneles de mensaje variable, etc.

**"Sistemas de impermeabilización de túneles bajo presión de agua con membranas flexibles"**, fue presentada por D. Alberto Rey Sabín y D. José Luis Rivas, de Sika, S.A. Las últimas tecnologías apuestan por procedimientos mixtos de impermeabilización con

membranas flexibles, que permiten una inyección posterior en zonas previamente fijadas. Por ello, expusieron los diversos tipos de materiales, sus características, aplicación, normativa y control. Entre otras conclusiones, afirmaron que en zonas con alta presión de agua, un solo agujero en la membrana puede causar un daño casi imposible de reparar, si antes no se han previsto una serie de medidas preventivas, como la compartimentación o áreas con posibilidades de futuras inyecciones, etc. El sistema que consiste en emplear membranas plásticas de 3 mm de espesor para la presión del agua, es técnicamente de confianza, eficiente y bueno para el medio ambiente.

D. Sergio Pérez Causo y D. Ismael Corrales Toribio, de Tekia Consultores, S.A., presentaron **"La gestión de incidentes en una explotación multitúnel. Túneles de San Antoni y Graus de la Sabata"**. En ella recordaron los tres pilares sobre los que descansa la seguridad en un túnel: la obra civil, las instalaciones de seguridad y los procedimientos de explotación. La estrategia para un adecuado proyecto debe basarse en la participación e influencia activa de cada uno de estos componentes sobre el resto. Además, y centrándose en la explotación de los túneles citados, considerando su especial casuística de trazado urbano y multitúnel, el desarrollo de unos detallados y

estudiados protocolos de actuación ante incidentes, soportados a su vez sobre una plataforma informática de fácil e intuitivo manejo por parte de los operadores, permite afrontar con garantías su adecuada explotación.

D. José Carlos Riveira, de Telvent Tráfico y Transporte, S.A.-Abengoa, presentó **"Centro de gestión de túneles-OASy DNA en Tabasa"**, informando que, a mediados de 2003, se inició un proyecto de renovación de los sistemas de gestión técnica, encaminada a su actualización, así como de las labores de integración de los diferentes sistemas anexos. El desarrollo se realiza utilizando la herramienta Scada OASyDNA, sobre plataforma PC-Windows. La ponencia concluyó en que la renovación se encuentra en fase de puesta en marcha, y aún tanto la propia actualización tecnológica de equipamiento y software, como las ampliaciones funcionales, cuya necesidad ha venido detectándose, mejorando la explotación diaria e incrementando la seguridad de las operaciones mediante ajustes y ampliaciones de capacidades, ya disponibles de control automatizado, así como nuevas funcionalidades para el soporte al operador en casos de emergencias e incidencias.

D. Vicente Prado Peñalver, de Alliance Albors y Prado, expuso **"Revestimiento de túneles. Ahorro energético"**, en la que presentó sus paneles de acero vitrificado como solución para el deterioro de hastiales, multicolor y es de fácil limpieza sin pérdida de luminosidad, especialmente indicados para la señalización, y que mejoran y aumentan la luz de los sistemas de iluminación. El ponente defendió el aumento de la seguridad y del confort del usuario, del sistema de guía visual y de contrastes, la eliminación de efecto agujero negro, el excelente aspecto estético, la extrema resistencia al desgaste y envejecimiento, el mínimo mantenimiento, etc.

Dña. Encarnación Calatayud Vercher, de la Generalitat Valenciana, presentó **"Los túneles de L'Ollería en la CV-40: Explotación e instalaciones de seguridad"**, que lleva en servicio casi tres años, y cuyo régimen de explotación es el adecuado; no obstante, con el estudio de incidencias producidas y



de los partes de funcionamiento de las instalaciones, se han ido introduciendo mejoras. Sobre la gestión de la seguridad, se hizo un reajuste del equipo humano en las labores de mantenimiento y vigilancia para reforzar al personal en el centro del control durante el periodo de mayor probabilidad de incidencias. Así mismo, se amplió la capacidad de grabación de las cámaras de vídeo; se instaló un nuevo sistema de comunicación por línea punto-punto bajo IP en formato vídeo entre el Centro de Control y el Servicio de Seguridad Vial de la CIT en Valencia; se reforzó la señalización vertical y horizontal; etc.

**"Redundancia en Sistemas de Control en los Túneles de Monrepós"**, de **D. Dionisio Cediell Pulido**, de *Etralux (Grupo Etra)*, presentó, describió y sacó unas conclusiones sobre la utilización de la arquitectura redundante en esos túneles. El sistema presenta un alto grado de fiabilidad, al haber sido implementada la redundancia en todos aquellos elementos de la instalación que pueden ser considerados clave en el funcionamiento del sistema de control y gestión de los túneles (en sistemas de comunicaciones en elementos de campo, en equipamiento de control-ERU redundante, en la red LAN de comunicaciones ERU y del Centro de control).

La experiencia de la implementación de una arquitectura flexible y configurada para ofrecer redundancia en distintos niveles ha permitido que los túneles de Monrepós fueran evaluados como unos de los más seguros de Europa en 2004.

**D. Rafael Pérez Arenas**, de *Castellana de Autopistas, S.A.C.E.*, y **D. Álvaro de Zabala**, de *Typsa*, presentaron **"Los túneles de Guadarrama en la AP-6: Un ejemplo de evolución"**, exponiendo la evolución que, desde el punto de vista de la seguridad, han tenido los túneles de Guadarrama. Para ello, describieron el conjunto de actuaciones en curso, realizaron un breve recorrido histórico de la autopista, expusieron las características del nuevo túnel y de las instalaciones con las que contará durante la fase de explotación, así como las remodelaciones previstas en las instalaciones de los túneles existentes.

El elemento más característico del

proyecto es el nuevo túnel; pero no sólo esa infraestructura, sino también el sistema de galerías de emergencia diseñado para la evacuación de los tres túneles, así como el conjunto de renovaciones de las instalaciones. En el nuevo túnel, por ejemplo, se construyen un total de 14 galerías (7 peatonales -de 2,30 m de anchura y 2,75 de clave- y 7 para vehículos de emergencia, de 5 m de anchura y 4,30 m de altura en clave).

**"Sistemas de diluvio en túneles carreteros"**, de **D. Carlos Bravo**, de *Econor Hispania, S.L.*, defendió que éstos no son incompatibles ni sustitutivos de otros medios de prevención o extinción, sino complementarios; que tienen una experiencia contrastada en equipos de protección marinos, y alguna reciente en carreteros; y que son, en mayor o menor grado, necesarios en función de las características del túnel: en general, en túneles de más de 2 000 m deberían llevarlos y, a partir de 3 000 m, deberían ser obligatorios.

Además son baratos, ya han sido instalados en Japón y Australia, y se confía que se van a instalar pronto en el túnel de Viella, por lo que su implantación general será imparable en un futuro inmediato, especialmente en túneles de grandes dimensiones o peligrosos.

**"La integración y homogeneización de las instalaciones y equipamientos"**, de **D. Jorge Mijangos Linaza**, de *OHL*, defendió que hacer el proyecto de instalaciones por fases sucesivas e interactivas, haciendo participar a todos los implicados en él, es una fórmula muy eficaz y barata. Además, mantener la asistencia técnica de un consultor principal especialista en todas las fases del proyecto es decisiva, así como separar las responsabilidades de obra civil e instalaciones es eficaz. Igualmente, prever, desde el origen de actuaciones, un periodo de prueba de 3 meses después de terminar las instalaciones.

En cuanto a los concursos de túneles, entre otras cosas, afirmó que: estos debieran ser de proyecto, obra y explotación, e incluir la adaptación del proyecto a la realidad de medios y colaboradores del contratista principal; que la construcción de la obra civil esté de acuerdo con lo ofertado por el contra-

tista; que la construcción de las instalaciones lo esté con los especialistas; y que su explotación sea por un mínimo de 15 años.

### Sala 2. La seguridad en la explotación

**D. Francisco Palazón** y **D. Miguel López Rodríguez**, de *Tekia*, y **D. Ángel García Gris**, del *Cabildo Insular de Gran Canaria*, presentaron **"Las nuevas tecnologías ITS aplicadas a la explotación de túneles. El caso del Área Metropolitana de Las Palmas de Gran Canaria"**, concluyendo en que la integración de las medidas de seguridad en túneles de carretera, a través de plataformas avanzadas de ayuda a la explotación, es un elemento clave para la consecución de los objetivos de seguridad, conservación y mantenimiento y servicio a los usuarios, así como el uso eficiente de las infraestructuras viarias.

La importancia de las nuevas tecnologías en la explotación de las infraestructuras viarias se recogen en el Plan Estratégico de Infraestructuras y Transporte, dentro del apartado "propuestas en carreteras, seguridad, conservación y servicio". Finalmente, el respaldo de las Administraciones, con dotaciones presupuestarias crecientes para la implantación de nuevas tecnologías y sistemas de información y comunicación en la explotación de carreteras, debe ser aprovechado mediante esfuerzos en investigación y desarrollo, para seguir mejorando la competitividad de las empresas españolas en el sector.

**"Despliegue de infraestructuras de radiocomunicaciones en túneles carreteros y ferroviarios"**, de **Dña. Beatriz Chavarri** y **D. Agustín Molero**, de *IDOM, S.A.*, informó que, con la implantación de un sistema de radiocomunicaciones en los túneles, se consigue la consecución de tres objetivos fundamentales: aumentar la seguridad y la efectividad de los equipos de emergencia ante cualquier incidente que ocurra en el interior del túnel, ya que se consigue la coordinación de todos los servicios implicados en él; proporcionar tranquilidad al conductor al posibilitar el establecimiento de llamadas de teléfono móvil y la escucha de emisoras de



radiodifusión comerciales; y dar información a los usuarios del estado del tráfico y de la situación de cualquier incidencia. Por tanto, es una herramienta indispensable ante una situación de emergencia.

D. Javier Alaiz Arnau, de See Telecom, presentó **"Cobertura radioeléctrica en túneles de carretera"**, subrayando que el método más eficaz de coordinación son las comunicaciones vía radio, que les permite adentrarse en el túnel permaneciendo en contacto con el centro del control y el resto de los compañeros. Posteriormente, destacó los componentes del sistema de radio-comunicación: antenas de captación, equipamiento de captación y amplificación, cable radiante o antenas, amplificadores remotos o esclavos instalados, pasando a las grandes cuestiones de diseño y mostrando las ventajas más importantes de los distintos elementos de radiación (cable radiante o antenas), y de los equipos de amplificación (amplificadores de banda o selectivos de canal), señalando que sólo después de realizar un estudio preliminar se puede adoptar uno u otro sistema.

**"AVANZA-SSS, Sistema Radar Avanzado para Control de Exceso de Velocidad en Túneles"**, de D. Santiago Rodríguez San Juan y D. José Ismael Gómez Lucena, de Conservación y Sistemas (Grupo FCC), concluyeron en que este sistema, que su empresa tiene en proceso de homologación en España, incorpora las últimas tecnologías radar, posibilitando la supervisión de múltiples carriles y vehículos simultáneamente. Tiene aplicación en túneles, autopistas y en el ámbito urbano; y, además de tener las aplicaciones de detección de exceso de velocidad, puede aplicarse a violaciones de semáforo en rojo y a la mejora de seguridad en zonas de obras o paso de peatones. Su flexibilidad tecnológica (operación multicarril y en cualquier posición) lo dotan de un gran poder disuasorio.

En los túneles carreteros, es una de las pocas tecnologías aplicables, gracias a su inmunidad frente a reflexiones de la señal y a su capacidad para funcionar incluso en presencia de ventiladores axiales.



Dña. Encarnación Calatayud en un momento de su intervención.

**"Metodología para el desarrollo de planes de gestión de tráfico con incidentes en túneles"** de Dña. Ana Luz Jiménez y D. Federico J. Fernández, de la DGT, y de Dña. María Herrero y D. Arturo Sáez, del Instituto de Robótica de la Universidad de Valencia, presentó una estructura en 3 capas que hace más sencillo el desarrollo de estrategias de tráfico y sirve para tomar decisiones para el desarrollo de planes de gestión de tráfico frente a incidencias en túneles. Además, sirve para la toma de decisiones contrastadas frente a incidentes o situaciones que requieran un cierre del túnel parcial o total. La ficha técnica contiene toda la información necesaria para desarrollar no sólo las medidas relacionadas con la gestión del tráfico, sino también las acciones que se deben tomar en caso de emergencia. La especificación de las medidas, acciones y escenarios hacen de estos tres elementos que sean claves para la correcta aplicación de la metodología.

**"Proyecto Sirtaki, gestión integral de incidentes"**, de D. Antonio Marqués y D. Manuel Serrano, del Grupo ETRA, presentó los beneficios, que persigue el desarrollo y evaluación de un avanzado sistema de ayuda a la toma de decisiones (DSS) —que específicamente aborda los diferentes aspectos de la seguridad en túneles, así como la gestión de emergencias— mejora la seguridad en los túneles, reduciendo el riesgo de accidentes y su gravedad, así como del

estrés al que se ven sometidos los operadores y conductores al enfrentarse a una emergencia. Así mismo, mejora la gestión del túnel y, por lo tanto, el rendimiento de las infraestructuras del transporte disponible, y supone una mejora por el uso de la gestión integral no sólo en emergencias, sino también en otras situaciones especiales como obras de mantenimiento, congestión, etc., reduciendo el tiempo total empleado en el análisis de la crisis en un 15%.

**"GIP: Sistema integrado de ayuda a la gestión de incidencias"**, de D. Joaquín Ponz Macho de Quevedo, de Indra, Sistemas, S.A., describió la herramienta integrada de gestión GIP, definiendo las inquietudes que han dado lugar al producto, subrayando lo indispensable del sistema para facilitar las labores de un operador, guiándole sobre las actuaciones que tiene que realizar y automatizándolas; pero asegurando que las pautas marcadas por los expertos respecto de la protocolización de actuaciones es cumplida, tal y como se refleja en el manual de explotación. Además, viene acompañada de una base gráfica que proporciona visualización de toda el área controlada con todo el estado de incidencias abiertas en el sistema, y una gestión documental que ofrece la posibilidad de consultar cualquier actuación y cubrir los requerimientos estatales en el ámbito de la documentación.

La **"Simulación de procesos para la**



**disminución del tiempo de puesta en marcha de los túneles",** de D. Manuel Martínez Ojeda y D. Fernando Mauduit García, de EYP SCAP, concluyó en que el hecho de realizar pruebas de funcionamiento en simulador previas a la puesta en marcha es muy beneficioso técnica y económicamente, ya que permite depurar tanto la aplicación como los propios criterios funcionales, reduciendo los incidentes de la puesta en marcha a situaciones previstas. Por otro lado, no conviene perder de vista la ventaja que supone disponer de un simulador de las características presentadas, tanto para la formación de nuevos operadores del centro de control del túnel, como para la evaluar la respuesta de los operadores en plantilla ante diferentes situaciones críticas.

**"Aplicaciones de los modelos de simulación a la gestión de los túneles urbanos",** de D. Antonio Novo Rebollo, de SICE, destacó que, si bien los modelos de simulación no pueden prevenir los accidentes, lo que sí pueden hacer es minimizar su impacto, y disminuir el tiempo de despeje del tráfico afectado por un incidente en un túnel. Tras analizar el tiempo de respuesta ante incidentes, explicar la utilización de modelos para la realización de planes de contingencia y las características de los modelos de simulación, así como la calibración del modelo y la modelización de incidentes producidos en la vía, concluyó que, cualquier tipo de incidente que tenga lugar en los túneles afecta de forma significativa a la red viaria general, debiendo existir planes de contingencia previamente estudiados y analizados, para que su puesta en marcha minimice el tiempo de respuesta y facilite a los usuarios las vías alternativas a las afectadas por el incidente.

### **Sala 3. Instalaciones y equipamientos para la seguridad**

D. Lorenzo Espinosa Román, de SICE, presentó **"Coordinación entre la obra civil y las instalaciones"**, en la que trató de sensibilizar a los presentes sobre la importancia de disponer de una coordinación en las fases previas entre la obra civil y las instalaciones, que per-



mita su ejecución sin problemas (nichos, tamaño de cuartos técnicos, habilitación de tubos, pasos de cable, cruces de calzada, etc.), así como la necesidad de la contratación de las instalaciones con un tiempo suficiente, sometiendo a debate la posibilidad de separar los contratos de instalación de la construcción para la mejora de la calidad final. Esta última posibilidad ha sido evaluada por el Gobierno de Andorra, que ha decidido, por ejemplo en la licitación del túnel de Pont Plá, separar dichos ámbitos de actuación. Para el ponente esta posibilidad de separación podría ser muy positiva.

**"The European Tunnel Assessment Programme (Eurotap)",** de D. Luis Puerto Jiménez, del RACC, informó que el RACC ha impulsado la inspección de más de 25 túneles de longitud mayor a 1,5 km; y, desde 2005, ha ampliado este requisito a los de más de 500 m, de acuerdo con la Directiva. Las inspecciones valoran el túnel basándose en dos criterios: el riesgo de que ocurra un accidente con base en el tratamiento que se hace de los transportes de mercancías peligrosas, el porcentaje de pesados, la IMD y el número de tubos; y, por otro lado, también se valora el equipamiento y la preparación del personal técnico y de emergencias para hacer frente a una situación de incendio en el interior de un túnel. En cuanto a los resultados de los túneles en España, la mayoría han logrado una calificación positiva. El único túnel que no ha superado los niveles de seguri-

dad exigidos es el túnel de Barrios (León), mientras que tanto el de Cerrado del Calderón como el de Miravete presentan oportunidades de mejora.

**"Estado del arte en sistemas de extinción de incendios en túneles",** de D. Pedro Soria García Ramos, de Itsemmap-Mapfre, S.A., expuso la convivencia de posturas encontradas en los sistemas fijos de extinción de incendios, refiriéndose, entre otros, al documento de la PIARC de 1999, del futuro documento revisado y de conclusiones de distintos congresos especializados. Tras ello, presentó la clasificación de los efectos de los sistemas de extinción de incendios, sus efectos sobre la ventilación del túnel, presentando posteriormente algunos ejemplos de túneles con sistemas fijos de protección contra incendios, sus tipos (rociadores de agua, agua nebulizada, con base de espuma), cómo se realiza la detección, etc.

Finalmente, y entre otras cosas, afirmó que, derivado de numerosos programas de investigación y desarrollo, tanto públicos como privados, son esperables importantes avances en la eficiencia de los sistemas, en su cuantificación (ensayos tipo) y en su fiabilidad, que son requisitos indispensables.

D. José Sánchez Sánchez, de Siemens, S.A., expuso la **"Detección precoz de incidentes e incendios en un túnel"**. En ella, tras comentar que la mayoría de los incendios en vehículos no son originados por accidentes, sino por



su autoignición, afirmó que la solución para túneles, basada en videosensores inteligentes SiADS, permite la detección precoz de humos e incidencias, así como capturar, analizar y almacenar digitalmente imágenes de tráfico en tiempo real. Su capacidad de integración con cualquier tipo de sistemas vía IP (Lan, Wan y Man) y/o puertos físicos, permite al operador obtener altas prestaciones mediante centralización en uno o más puntos.

En cuanto al FibroLaser II, afirmó que es capaz de detectar, tanto por radiación como por convección, los gases calientes de forma rápida, así como la localización precisa del incendio, su tamaño, su dirección de propagación, incluso con elevadas velocidades de viento.

**D. Jesús M<sup>o</sup> Díez Eguzkiza**, de la *Diputación Foral de Gipuzkoa*, y **D. Asier Anacabe Uriarte**, de *IDOM Ingeniería y Consultoría, S.A.*, presentaron **"Corrección de valores aportados por anemómetros para su empleo en las pautas de actuación en caso de incendio"**.

Entre otras cosas, y dentro del apartado de calibración de los anemómetros, afirmaron que, de cara a la puesta en marcha, conviene recordar la importancia de eliminar el error inicial de *off-set*. En los anemómetros de hélice, este error se elimina ajustando el valor inferior de medida (habitualmente 4 mA) cuando las aspas del equipo se hallan retenidas. Posteriormente, en el calibrado, hay que intentar obtener el coeficiente adecuado que corrija el error debido a la distribución no uniforme de velocidades dentro del túnel. Para facilitar la labor de lectura e interpretación de los datos obtenidos por los anemómetros, se aconseja implementar mediante *software* un algoritmo que corrija los saltos bruscos de los valores entre un intervalo de medida y el siguiente, consiguiéndose así una representación continua de la velocidad dentro del túnel.

**"Simulación de evacuación a través de galerías de emergencia"**, de **D. Juan Ramón López Laborda** y **D. Javier Borja López**, de *IDOM, S.A.*, defendió que la utilización de modelos para la simulación de la evacuación



Las instalaciones y el equipamiento para la seguridad fueron temas seguidos con gran interés por parte de los asistentes. En las fotos, de izquierda a derecha y de arriba a abajo: rociadores en túnel, anemómetro de hélice, ventiladores y alumbrado de guía.

puede ser una herramienta útil para el proyectista de un túnel; sin embargo, siguen existiendo muchas incertidumbres que deben ser resueltas, principalmente el tiempo de reacción del usuario ante una incidencia.

Entre otras cosas, en el estudio se verificó que la sensibilidad del modelo es mayor respecto a la velocidad que al grado de ocupación. El tiempo de evacuación para las galerías con una interdistancia de 500 m y velocidad variable supera los 15 minutos, y con velocidad constante se acerca a los 10 minutos, por lo que se debería rechazar esta solución proyectando galerías a una menor distancia. En el caso de las galerías ubicadas cada 150 m, el tiempo es siempre inferior a 6 minutos; y, en el caso de 300 m, es inferior a 10 minutos.

**D. José M. Erauso Eizaguirre**, de la *Diputación Foral de Guipúzcoa*, y **D. Jesús de Quintana Pérez**, de *Labein, Centro Tecnológico*, presentaron **"Verificación basada en prestaciones de la seguridad ante incendio en los túneles carreteros. El ciclo diseño-verificación"**. La seguridad ante un incendio en los túneles carreteros está condicionada por la dos partes complementarias del ciclo diseño-verificación de los sistemas que pretenden garantizar dicha seguridad, y, sobre todo, incorporar la validación experimental a la verificación de un ciclo de diseño caracterizado por su complejidad, por la asunción de hipótesis simplificadoras, y

por las carencias en la validación de los modelos de cálculo avanzado. Para ello, es preciso avanzar en el desarrollo de ensayos experimentales representativos de los casos de incendios real que se pretenden validar, y soportar dichos esfuerzos con la evolución de una reglamentación que exija la validación experimental como comprobación de la seguridad real de las infraestructuras.

**"Gestión de mantenimiento asistido por ordenador"**, de **D. Carlos de León Cristóbal**, del *Túnel de Envalira*, informó que en este túnel se encuentra en proceso de implantación un sistema de gestión de mantenimiento por ordenador (GMAO), que permite organizar, planificar y racionalizar esta actividad, en especial las revisiones periódicas de instalaciones y equipos, y que, con las intervenciones realizadas, ya sean programadas o debidas a averías, se va generando una base de datos de gran utilidad, sobre todo operativa, al tiempo que se facilita una investigación de fallos hasta encontrar su origen, mejorando las intervenciones posteriores: se actúa sobre la causa y no sobre el efecto. Además, se mejora la gestión económica.

**Dña. Blanca González**, de *Autopista Eje Aeropuerto C.E., S.A.-OHL*, expuso el **"Túnel de la Autopista Eje Aeropuerto. Sistema de ventilación y detección de incendios"**, informando sobre los objetivos cumplidos por este sistema: en condiciones normales, man-



tiene las condiciones de seguridad ambiental en un nivel óptimo, independientemente de la densidad de tráfico existente; en caso de incendio, ofrece una adecuada evacuación de humos para la consiguiente evacuación rápida de los usuarios; optimiza el consumo de energía; disminuye el número de horas de funcionamiento de los equipos, haciendo una distribución homogénea y preservando la vida de los ventiladores. En conclusión, el sistema de ventilación descrito, junto con el resto de sistemas instalados en el túnel y en el centro de control de la autopista M-12, hacen que sus niveles de seguridad sean muy elevados.

**"Aquarios: una metodología simplificada de análisis de riesgos en túneles"**, de D. Miguel López Rodríguez y D. Juan I. González Pérez, de Tekia Consultores, S.A., abre una línea de investigación para el análisis de riesgos en túneles de carretera, en respuesta a los requerimientos de la nueva Directiva de la Comisión Europea 2004/54/EC, cuya primera fase se ha llevado a cabo en el marco del Programa de la Investigación Técnica PROFIT 2004, incluido en el Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación 2004-2007. Entre otras conclusiones, defendieron que cada estudio de riesgos es único y específico para cada túnel y para cada propósito que lo motiva, por lo que debe ser planificado y gestionado como un proyecto. También, que del análisis práctico de los métodos de análisis cuantitativo existentes, se concluye que la obtención de los datos y las relaciones para llegar a establecer un modelo riguroso requiere un proceso largo de almacenamiento sistemático de datos en un número amplio y heterogéneo de túneles.

**"Especificación general del sistema de cables de alta resistencia al fuego para el alumbrado de emergencia de túneles"**, de D. José C. Riveira, de Telvent Tráfico y Transporte, S.A., expuso todos los elementos necesarios para llevar a cabo la instalación de alumbrado de emergencia: cables de distribución; terminaciones y empalmes; elementos de fijación; cajas de derivación con bornas de conexión, y fusible de protección; cables de de-



De izquierda a derecha, Sra. Vara y Sres. Gómez-Cano y Blasco (3ª sesión).

rivación a luminarias; herramientas de instalación; y soporte técnico personal y documental para la formación, instalación y puesta en servicio. El principal material del suministro del sistema de emergencia está constituido por cables Tyco Thermal Controls Pyro E, cables de aislamiento mineral con una cubierta de libre de halógenos. Tras ello, expuso los criterios de verificación de todos los elementos enunciados, así como su descripción, características, normas de fabricación, exigencias normativas, etc. Finalizó exponiendo la certificación de calidad y la marca CE.

### Jueves 27 de octubre

#### 3ª Sesión.- "El factor humano y la seguridad"

**"Resultados psicológicos experimentales en la conducción por túneles. Aportaciones a la seguridad vial"**, de D. José M. Cornejo Álvarez y D. Ricardo Blasco Ruiz, de la Universidad de Barcelona, presentó el resultado de una investigación con una amplia gama de conclusiones, destacando una serie de propuestas, entre las cuales citamos que se deberían diseñar túneles en los que no se pueda dar la situación de cruce frontal de vehículos, por lo que convendría separar físicamente ambos sentidos, destacando la doble galería como estructura más adecuada. Además, diseñar los hastiales de forma que pro-

porcionen más y mejor información de visión periférica, disponer de un carril de emergencia continuo, mejorar las condiciones lumínicas de las entradas y salidas, restringir o evitar las maniobras de adelantamiento, ayudar a mantener la distancia de seguridad entre vehículos, estudiar nuevas formas de señalización de los elementos de socorro, etc.

Dña. María Vara Moral, de Protección Civil-Ministerio del Interior, presentó **"De la gestión del incidente a la gestión de la crisis. Nuevas exigencias al sistema de explotación de túneles"**, afirmando que, para mejorar en la gestión de incidentes y accidentes en túneles, es necesario integrar a los diferentes subsistemas, la obra de ingeniería, el servicio de explotación y los usuarios, en un sistema de respuesta cohesionado, denominado "Sistema Túnel". Por ello, es necesario avanzar en la información a la población sobre el riesgo asociado a los túneles. Por otro lado, la gestión de accidentes, que desborda la capacidad de respuesta del "Sistema Túnel", hace necesaria la intervención de un sistema de mayor escala: "Sistema Público de Respuesta a Emergencias Complejas", que ha de concretarse en el Plan de Emergencia Exterior del Túnel.

También concluyó que es necesario el desarrollo de un proceso de implantación del plan para que este sistema se materialice en un equipo de trabajo que sea



capaz de alcanzar una adecuada coordinación y eficacia en las intervenciones.

**"Avanzando en la gestión del riesgo"**, de D. Pedro Soria García-Ramos, de Itsemmap-Mapfre, describió el proceso de gestión de riesgo y su aplicación al enfoque previsto en la Directiva de Seguridad en Túneles. Concluyó que la gestión del riesgo se configura como una herramienta estratégica en los más diversos ámbitos de actividades y organizaciones. En el caso de túneles, la singularidad de los eventos y la potencial gravedad de sus consecuencias en muy diferentes ámbitos, hace especialmente necesario disponer de medios para una gestión eficaz y eficiente del riesgo.

La implementación de la Directiva europea supondrá un cambio cualitativo en la gestión del riesgo en todas las fases de proyecto, autorización y explotación de túneles. Sin embargo, para el autor, presenta una serie de lagunas respecto de los objetivos pretendidos, que pueden ser atajadas en su transposición a la reglamentación española y en la aplicación a cada túnel.

## 4ª Sesión.-Diferentes perspectivas de cómo abordar la seguridad

D. Esteve Comes Simona, del Govern d'Andorra, presentó la **"Política de Andorra sobre la seguridad en túneles de carretera"**, en la que subrayó que en Andorra los túneles son seguros, porque existe una preocupación constante del Gobierno, que se refleja a través de la actuación del Comité de túneles y de los diferentes ministerios implicados en garantizar un nivel de seguridad adecuado y homogéneo para los usuarios, mediante la prevención en el diseño de las infraestructuras y las instalaciones, y mediante la protección en caso de accidente.

La existencia del Comité ha supuesto que la aplicación de las distintas normativas internacionales no se dejen al buen criterio del responsable de cada túnel y de cada fase de su vida, ya que el Comité es el encargado de supervisar los procedimientos, la organización y los resultados obtenidos, y garantizar que el nivel de seguridad sea homogéneo.

D. Carlos Estefanía Angulo, de la



De izquierda a derecha, Sres. Morera, Comes, Estany, Estefanía y López Carreras (4ª sesión).

Diputación Foral de Bizkaia, presentó **"Aspectos de seguridad en la variante Sur metropolitana de Bilbao"**, informando que se estaba redactando el proyecto en detalle, exponiendo los referidos al tránsito de mercancías peligrosas y de diseño de los sistemas de protección, y subrayando la importancia en la seguridad de las instalaciones eléctricas y de control. En la variante, se construirán un total de 14 túneles, siendo los de mayor longitud los de Gallarta (4 350 m), San Antón (2 700 m) y Arraiz (2 270 m). Más tarde, expuso la norma técnica de seguridad de los túneles de Vizcaya y, entre otras medidas, informó que se contemplan detectores continuos termovelocimétricos (Fibrolaser II), detectores por local técnico (ópticos e iónicos) y señales fotoluminiscentes cada 25 m; paneles de mensaje variable cada 300 m en el interior; 2 barreras de cierre por tubo; detectores de tráfico dobles a la entrada y salida de los túneles; cámaras móviles en el acceso a los túneles y fijas en el interior cada 100 m, cámaras con DAI y en galerías de evacuación; etc.

**"Instrucción para la homogeneización de los equipamientos de seguridad y control de los túneles a explotar por la Generalitat de Catalunya"**, de D. Ramón Morera i Fauquier, de la Generalitat de Catalunya, informó a los presentes sobre la circular 3/05, necesaria tras 10 años de funcionamiento del Centre de Control de Carreteres de Vic

y ante los numerosos problemas surgidos a causa de los diferentes tipos de equipamientos de la red de su competencia, junto a la voluntad de garantizar al máximo la seguridad de los usuarios. El documento facilita el mantenimiento de las instalaciones y sistemas, integra la gestión de todos los túneles desde una única aplicación multitúnel, economiza la gestión y garantiza lo máximo posible la seguridad de los usuarios de los túneles, teniendo en cuenta también las especificaciones de la Directiva europea. La exposición de estas especificaciones técnicas y de todos los sistemas y subsistemas, módulos, arquitecturas del sistema, etc., centraron su exposición.

Finalmente, D. Carles López Carreras, de Eurogeotécnica, presentó el informe redactado junto con D. Octavi Alfonso Escobar, de Eurogeotécnica, y D. Joan Altamir Planes, de Euroconsult, sobre la **visita técnica** al túnel del Grau de la Sabata y el inicio de las obras del túnel de los dos Valiras.

## Viernes, 28 de octubre

### 5ª Sesión.-"La seguridad de los túneles en sus distintos elementos"

D. Ignacio del Rey Llorente, y los Sres. Espinosa, Fernández y Grande, del CEMIM; y D. E. Alarcón, de la U.P. de Madrid, presentaron el **"Enfoque**



**global del sistema de ventilación",** donde, que, tras defender la necesidad de la formación de grupos multidisciplinares de profesionales altamente especializados capaces de proyectar o supervisar este tipo de instalaciones, cuya participación es fundamental desde las etapas más tempranas de este tipo de infraestructuras, expusieron el papel de la ventilación y sus tipos, comportamiento del humo, caracterización del incendio, estrategias de ventilación en caso de incendio, dimensionamiento, pozos de extracción, y un largo etcétera, observando todas y cada una de las diferentes posibilidades relativas a este tema. En cuanto a la puesta en marcha, los ensayos sobre el sistema de ventilación incluyen las comprobaciones de los equipos de forma individual, de la capacidad para cumplir los requisitos exigidos (ensayo de caracterización) y su funcionalidad global como sistema del túnel. Siempre es fundamental realizar una clara definición de objetivos y apoyarse en una metodología contrastada.

**"Presente y futuro de los túneles de carretera en España",** de **D. Juan P. Aguilar Sáenz**, del *Ministerio de Fomento*, informó a los presentes sobre el inventario de túneles, su ubicación en la Red Transeuropea, la Red de Carreteras del Estado y las autonómicas. Tras presentar el inventario, con sus características geométricas, sistemas de seguridad, tráfico y Directores de Explotación, subrayó lo preceptivo de su manual de explotación y sus funciones, así como los aspectos descriptivos que contempla y los estudios de incidencias. Posteriormente expuso la participación en el desarrollo de la seguridad en los túneles a nivel europeo, a través de su participación en el Euro-Rap, posibilitando la realización de auditorías externas, y centrándose en el futuro de los túneles en la Red de Carreteras del Estado, las inversiones necesarias para la aplicación de la Directiva europea y el Sistema de Gestión de Incidencias SIGIT, por iniciativa de la Subdirección General de Conservación y Explotación del Ministerio de Fomento, cuyo propósito es llevar un control informatizado de las inci-



Visita técnica.

dencias producidas en los túneles, así como poder obtener imágenes en tiempo real de lo que ocurre en ellos.

### **6ª Sesión.-"Trabajos para la mejora de la seguridad"**

**M. Jean Claude Martín**, de la *CETU, Francia*, presentó **"El grupo de trabajo francés de explotadores de túneles de carretera"**, explicando la composición del grupo de trabajo francófono de explotadores de túneles de carretera (GT-FE), compuesto por más de 120 miembros, y coordinado por un Secretario del Centro de Estudios de Túneles (CETU). Tras explicar su trayectoria desde su creación en 1973, expuso sus objetivos (intercambio de experiencias entre explotadores, así como de la información relativa a la evolución tecnológica y técnica, producción de documentos técnicos, etc.). Posteriormente explicó su composición y el origen de sus miembros y sus actividades, reuniones y contactos entre ellas. Finalizó presentando las perspectivas de futuro y subrayando la importancia de su trabajo, que permite mantener unos lazos fuertes y permanentes entre los explotadores y sus preocupaciones cotidianas.

**"Explotación de túneles de carretera. Trabajos desarrollados por los Grupos de Trabajo WG-1 y WG-4 del Comité C3.3 de la AIPCR"**, presentada por **D. Joan Almirall Bellido**, de *Tabasa*, expuso los trabajos actuales en curso de redacción. El primer subgrupo del WG-1, Grupo de Trabajo de Gestión

de Túneles, trabaja en la redacción de una Guía para la organización, contratación y entrenamiento de personal operativo; el segundo sobre los Túneles urbanos con tráfico intenso.

Por otro lado, el WG-4, el Grupo de Trabajo de Detección, Comunicación y Evacuación realiza los trabajos relativos a la señalización direccional en túneles y sobre los refugios y alojamientos de estaciones SOS.

El WG-1 espera mejorar el comportamiento del personal que gestiona el túnel para aumentar la seguridad. En cuanto al subgrupo que se dedica a Túneles urbanos con tráfico intenso pretende armonizar la gestión de un túnel con los requerimientos de los usuarios. El WG-4, en lo relativo a trabajos de señalización, pretende armonizar las diversas estrategias de señalización y de ubicación de señales, aumentando la seguridad en la circulación, proporcionando los conceptos precisos para su buen diseño, e intentando suprimir información no esencial, e impulsando el incremento de la tecnología del propio túnel, así como su iluminación. En cuanto al segundo subgrupo, se propone precisar las dimensiones y características para la implantación de nichos técnicos, garajes, zonas de giro, etc., para lograr una armonización en las instalaciones de túneles.

**El cálculo de la respuesta del revestimiento ante un incendio. Estrategias en el proyecto de túneles"**, de **D. Manuel G. Romana García**, de la *U.P. de Madrid*, subrayó que los túne-





De izquierda a derecha, Sres. Almirall, Corté, Martín y Romana García.

les son seguros, y el incendio, con ser de gran impacto momentáneo, no es tan grave en el largo plazo. También que nuestra preocupación está derivada de la necesidad de un procedimiento que permita una coherencia social adecuada, empleando recursos similares en túneles similares. Así mismo, que son posibles varias estrategias de cálculo del revestimiento frente a la acción del fuego, combinadas con las demás acciones soportadas por el revestimiento, en el proyecto de un túnel de carretera o ferrocarril. También dijo que es deseable la elaboración de un catálogo de túneles en función de su situación, para exigir un cálculo del revestimiento ajustado al nivel de riesgo o pérdida de la infraestructura, así como la elaboración de un catálogo oficial o cuasi oficial de posibles estrategias de cálculo; y considerar en cada túnel dos escenarios de incendio: el primero para resistirlo con plenas garantías; y, el segundo, para que no provoque la desaparición de la infraestructura.

**"Nuevas normas sobre la circulación de mercancías peligrosas a través de los túneles"**, de Dña. Paloma Iribas Forcat, del Ministerio de Fomento, informó que el transporte de mercancías peligrosas se regula básicamente a través del Acuerdo Europeo sobre transporte internacional de mercancías peligrosas, de plena aplicación en los países miembros de la UE, desde el año 1995. El acuerdo se revisa

constantemente y cada 2 años entran en vigor nuevas modificaciones.

Entre otras, el ADR 2007 permitirá establecer a cada país condiciones o restricciones suplementarias a las que se indica en el ADR para los vehículos que transportan mercancías peligrosas, con las siguientes condiciones: que se señalicen las restricciones convenientemente, que se publiquen y se les dé difusión, además de señalar un itinerario alternativo; si se utiliza el sistema de clasificación indicado en el ADR, se debe añadir un panel adicional con la letra aplicable al túnel, etc.

### **Sesión de clausura y conclusiones**

A continuación, **D. Emilio Leo Ferrando**, presentó las conclusiones, afirmando que, al finalizar el IV Simposio de Túneles, que se ha celebrado desde el miércoles, bajo la denominación ¿Por qué son seguros los túneles?, es obligado y necesario agradecer su organización a los responsables del *Ministeri d'Urbanisme i Ordenament Territorial del Govern d'Andorra*, de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento y de la Asociación Técnica de Carreteras. A las autoridades españolas, su presencia; y a las andorranas, del *Govern* y de la localidad de San Julià de Loria, además, su acogida y hospitalidad.

Muchas cuestiones son destacables en este simposio. En primer lugar, su

consolidación, como lo atestigua la masiva respuesta que ha tenido entre los profesionales involucrados en la seguridad de los túneles que han acudido, superando la ya numerosa participación de citas pasadas. En segundo lugar, la calidad de los ponentes y el interés que han despertado las numerosas ponencias y comunicaciones, que han obligado a elaborar un programa muy denso, y la importante presencia de empresas que, con su participación, han facilitado la realización de este simposio.

Se ha constatado la creciente utilización de las nuevas tecnologías y de los sistemas inteligentes para incrementar la seguridad, y la necesidad de disponer de un método determinista que permita la cuantificación de la seguridad en los túneles. Es de destacar, en este sentido, la investigación de la comunidad científica para aplicar el cálculo estructural, basado en los estados límites y coeficientes de seguridad, a las instalaciones de ventilación.

De igual modo, los métodos de análisis cuantitativos de riesgos se están manifestando de gran utilidad para evaluar las consecuencias ante las diferentes estrategias de explotación (paso de mercancías peligrosas o no, etc.) y facilitar la toma de decisiones.

Ha sido clarificadora la síntesis de las experiencias europeas en el camino que se debe seguir para alcanzar un verdadero sistema de gestión de la seguridad. Estos aspectos, recogidos en la Directiva Comunitaria 2004/54/CE, se centran: en la implicación de todos los actores y la definición clara de sus responsabilidades, en la elaboración de un documento único de seguridad, en la exigencia de unas medidas y equipamientos mínimos, en la necesidad de disponer de una metodología detallada de análisis de riesgos y bien definida, en el establecimiento de procedimientos para verificar la seguridad ante la puesta en servicio y durante la explotación, y en la obligación de adquirir experiencia de los accidentes e incendios y de los ejercicios periódicos.

Se ha pasado revisión a los diferentes materiales constituyentes de la obra civil en lo que atañe a la seguridad. Tradicionalmente, el hormigón estructural se



ha manifestado como un buen material frente al fuego, comportamiento que puede mejorarse con la aplicación de nuevos materiales en los revestimientos.

Una parte importante del programa se ha dedicado a exponer los avances tecnológicos de las instalaciones de seguridad (sistemas de diluvio, cobertura radioeléctrica, sistemas de radar avanzado para control de la velocidad, sistemas de detección precoz de incendios e incidentes), haciendo énfasis en la necesidad de integrar todos estos subsistemas en el sistema de gestión técnica centralizada para la mayor eficacia de los mismos. En los casos de explotación centralizada de varios túneles, se ha visto que una homogeneización de los equipamientos de seguridad y control garantiza una mejora en el mantenimiento y en la eficacia de la gestión.

Se ha repasado la importancia de la coordinación entre los trabajos de la obra civil y de las instalaciones, y la necesidad de comprobar, con ensayos de diferentes niveles, la respuesta del conjunto de la obra en estado de funcionamiento en situación es de normalidad y de emergencia. Igualmente, es de vital importancia la utilización de simula-

dores de diferentes escenarios de incidentes y emergencias, y la realización de simulacros previos a la apertura y durante la vida de la obra que verifiquen la integración de la ingeniería humana en el sistema túnel. Por otro lado, los sistemas de gestión de incidencias son valiosos para la obtención de experiencias y la generación de conocimientos.

Otro aspecto señalado es el hecho de que el túnel forma parte de la red de carreteras; por tanto, cualquier incidente en el interior o en sus proximidades requiere la puesta en marcha de planes de gestión de tráfico que contemplen esta singularidad.

Con el objetivo de informar a los conductores sobre las normas básicas de seguridad para circular por los túneles basadas en el análisis del estado de estas infraestructuras, la Comisión Europea ha apoyado el Programa de Evaluación de Túneles (EuroTAP), desarrollado por los principales clubes de automovilistas y viajeros. También son interesantes los resultados del estudio experimental sobre el comportamiento en túneles, que muestran, entre otras cosas, la sobrecarga mental que ejercen estas infraestructuras en los conductores.

En varias ponencias y comunicaciones, se han mencionado las experiencias de nuevos túneles recién construidos o en obra (M-12 Eje Aeropuerto, Monrepós, Sant Antoni y Grau de la Sabata, L'Ollería, Guadarrama, Variante Sur de Bilbao, Las Palmas de Gran Canarias y Vallvidriera). Es de destacar la experiencia del Principado de Andorra, que se ha constatado en la visita técnica realizada a los túneles de Pont Pla y de las Dos Valiras, y que demuestra el esfuerzo acometido por el Govern para responder a las necesidades de desarrollo. En este contexto, para velar por la seguridad de las obras emprendidas y planificadas, se ha constituido el Comité de Túneles de Andorra.

Finalmente, se han presentado los trabajos que se están desarrollando para la realización del paso de mercancías peligrosas por túneles.

No quisiera terminar sin hacer una referencia especial al programa cultural que, tras la inauguración, se abrió con una magnífica colección de piezas líricas, y que se ha prolongado para los acompañantes con diversas visitas de interés. ■

**Reunión anual del Consejo de la AIPCR. Beijing, 10 al 14 de octubre de 2005**

## Resumen del informe del Presidente de la Comisión de Relaciones Internacionales

**D**urante la celebración de esta reunión, de la que informamos en nuestro número anterior, destacamos los informes presentados por los *Presidentes de las Comisiones de Relaciones Internacionales*, **M. Olivier Michaud**, y de la de *Intercambio y Desarrollo Tecnológico*, **D. Óscar de Buen**. De ésta última, hablaremos en un próximo número.

En cuanto al **Sr. Michaud**, informó que la Comisión que preside pretende tres objetivos fundamentales: 1.- Aumentar el número de miembros. 2.- Elevar el nivel de actividades y la participación de los actuales miembros. 3.- Incrementar las relaciones con otras organizaciones internacionales, así como la coordinación de

acciones dentro de otros sectores de la AIPCR.

Dentro del primer objetivo, defendió la necesidad de trabajar por la "calidad" antes que por la "cantidad" de los miembros, fundamentalmente en lo que se refiere a conseguir nuevos socios de gobiernos pertenecientes a organizaciones continentales, así como incrementar la participación de las autoridades regionales; igualmente, aumentar el número de socios individuales a través de los contactos con los expertos de los Comités Técnicos.

En cuanto al segundo objetivo, aumentar el nivel de actividad y de participación de los actuales socios, se pretende dar la máxima prioridad a los países latinoamericanos y de Asia,

así como a ciertos países, como Rusia y los de Oriente Medio.

Por lo que se refiere al tercer objetivo, M. Michaud subrayó la necesidad de mejorar los contactos a través de convenios con las diversas Administraciones de carreteras, dando también cobertura a las actividades de las diferentes instituciones y organismos internacionales, a través de congresos, seminarios, etc., e incentivar los contactos para la consecución de convenios con organizaciones importantes relacionadas con el transporte por carretera, impulsando la participación de conferenciantes de instituciones y de representantes latinoamericanos en la sección especial del próximo Congreso Mundial de Carreteras de París. ■