



Miembros de la mesa inaugural del congreso. De izquierda a derecha, Sres. Criado y Palacios, Sra. Barcina, y Sres. Sanz, Blanco, Alonso y López Guarga.

POR LA REDACCIÓN

Miércoles 5 de febrero

Sesión inaugural

Comenzó la sesión **D. Francisco Criado**, Presidente de la Asociación Técnica de Carreteras, quien agradeció la presencia de las autoridades y subrayó la importancia de la seguridad que ha alcanzado un alto grado de sensibilidad social, debido entre otras razones, a los accidentes del Montblanc y del Tauern. Tras ello explicó la labor que realiza la Asociación Técnica de Carreteras y su columna vertebral, los Comités Técnicos, que trabajan desinteresadamente por el mundo de la carretera. Finalizó su intervención informando del congreso de Durban y su

especial importancia para la carretera.

A continuación, **Dña. Yolanda Barcina**, Alcaldesa de Pamplona, agradeció la elección de Pamplona como sede del congreso y felicitó a los organizadores por la excelencia del programa técnico. Posteriormente calificó la seguridad como imprescindible, y que "cala" en la sociedad. La importancia de la tecnología, que es un motor del progreso de la humanidad, ya que, entre otras cosas, "podemos atravesar montañas", y la falta de valoración real que se tiene de la seguridad siempre que no pase nada, dieron paso a la solicitud de impulso de la prevención de la siniestralidad, defendiendo que debemos avanzar lo más posible en la tecnología y en las relaciones humanas.

Más adelante, **D. Benigno Blanco**, Secretario de Estado

de Infraestructuras, comenzó haciendo unas reflexiones sobre la ambivalencia del significado de la ingeniería, la exigencia de una mayor seguridad y el miedo en algunos sectores al poder o la dependencia tecnológica. Para el Sr. Blanco, debemos de reivindicar la bondad de la ingeniería sin renunciar a la libertad de actuación en la naturaleza, que debemos proteger y cuidar sin renunciar a los avances científicos y tecnológicos. Además, debemos mejorar los instrumentos y la tecnología y dar respuesta a la preocupación de la sociedad por la seguridad.

La Red de Carreteras del Estado tiene 285 túneles (158 km) y debemos dotar —y se está haciendo— de nuevos sistemas a todos ellos, disponiendo todos los sistemas preventivos necesarios, porque debemos prestar ese servicio a la sociedad.



De izquierda a derecha, Sres. Romana, López Guarga, Alonso, Thamm y Alarcón.

Finalmente, el Presidente de la Comunidad Foral de Navarra, **D. Miguel Sanz Sesma**, tras dar la bienvenida a los asistentes, subrayó la decisión acertada en la elección de Pamplona como sede del congreso. Más tarde, explicó el II Plan de Carreteras de Navarra y los Convenios suscritos con Fomento, agradeciendo la disposición de D. Benigno Blanco en estas negociaciones. Tras afirmar que se pretende que el 95% de los ciudadanos esté a menos de 20 minutos de una vía de gran capacidad y exponer una visión rápida de la situación actual y proyectos de algunos túneles en la Comunidad, defendió la aplicación de la razón y del sentido común como baluartes de la seguridad. El impulso a las necesarias nuevas tecnologías, dio paso a la inauguración oficial del congreso.

Primera sesión: Aspectos generales sobre la seguridad

D. Rafael López Guarga, Jefe de la Demarcación de Carreteras del Estado en Aragón y Presidente del Comité de Túneles de la ATC, comenzó con la ponencia **"La importancia de la seguridad en los túneles y la aplicación a ella de las nuevas tendencias"**. En su

exposición comenzó hablando de las medidas de seguridad obligatorias para los túneles con una longitud mayor de 1 000 m. Sus instalaciones se proyectan esperando que el público las utilice, pero ¿cuál es la reacción de los usuarios ante un accidente? ¿Cómo reaccionan? Lo cierto es que, en los estudios realizados, la inmensa mayoría de los afectados no se dejan llevar por el pánico; pero esto tampoco implica que sepan utilizar adecuadamente los elementos de seguridad del túnel. Sus mentes tienen que tomar decisiones en un breve espacio de tiempo, se estrechan y sólo reaccionan ante señales muy fuertes, con lo que en la mayoría de ocasiones intentan salir por las bocas del túnel y no por las galerías de emergencia: la gente necesita señales claras y concisas sobre cómo actuar.

Tras analizar 34 grandes incendios ocurridos desde 1949, en especial de los últimos años, pasó a considerar las acciones iniciadas desde 1999, con el análisis de las consecuencias y recomendaciones tras los últimos accidentes, sobre todo en el aspecto fundamental de la información al usuario.

"La seguridad frente a incendios en túneles", de

D. Enrique Alarcón Álvarez, Catedrático de la UP de Madrid, y **D. Ignacio del Rey Llorente**, de CEMIM, Fundación para el Fomento de la Innovación Industrial, se centró en este riesgo. La ingeniería de infraestructuras, en este campo, debe funcionar como "frontera" entre ciencia y sociología: es posible prever un eclipse, pero no una revolución: todas las posibles reacciones humanas se intentan contemplar y encauzar a través de reglas de obligado cumplimiento, equipamiento y métodos de emergencia, pero no todo es previsible ni mucho menos. Un túnel es, por sí mismo, un sistema de riesgo, tanto por la naturaleza como por los usuarios. Tras el "año negro" de 1999, la seguridad en las infraestructuras despierta un interés extremo desde el punto de vista social, y por tanto origina decisiones políticas que afectan directamente a la organización de la profesión, aceptándose mayor gasto en seguridad.

En cualquier caso, nuestra labor como técnicos está siendo influida por nuevas exigencias de organización, tecnificación y clarificación de responsabilidades que conlleva la aplicación de la Directiva Europea.

M. Bernd Thamm, de la Dirección General para la Energía y el Transporte de la Unión Europea, intervino con el tema **"Política de la UE sobre la seguridad en túneles de carretera. Nuevos avances."** En ella, se habló ante todo del Libro Blanco de la Comisión de Políticas de Transporte del 12 de septiembre del 2001, y la necesidad de considerar la creación de una directiva europea sobre la armonización de un mínimo de seguridad para garantizar un alto nivel de seguridad. En sus conclusiones mostró las dos fases que se apuntan en el citado libro blanco para su consecución: A corto y medio plazo, la legislación debe cumplir unos es-

tándares mínimos para garantizar rápidamente un nivel alto de seguridad. El énfasis debe colocarse en los aspectos técnicos y operacionales de la seguridad. Los recientes accidentes han puesto de relieve la peligrosidad del transporte por áreas montañosas, por lo que deberían desarrollarse soluciones a medio y largo plazo para incrementar la intermodalidad del transporte por estas áreas. Mientras tanto, la Comisión debe crear un grupo de trabajo de expertos y organizaciones de distintas naciones de Estados miembros con los objetivos de preparar un procedimiento para análisis de riesgo, las condiciones mínimas para proveer de un mínimo de seguridad la construcción, el mantenimiento, etc., de los túneles de todo tipo de longitudes y características.

"Obras civiles para la seguridad en la explotación de túneles", de D. Manuel Romana, Catedrático de la U. P. de Valencia, expuso los cambios en los conceptos de seguridad para el constructor y el contratista que ha supuesto el atentado de las Torres Gemelas de Nueva York, y cómo no tiene sentido exigir a los túneles condiciones más estrictas de seguridad que las que existen en edificios dentro de los cuales transcurre la mayor parte de nuestra vida. Los recientes incendios en túneles han sido dramáticos, pero no por ello hay que olvidar otras posibles causas de accidentes. Las estadísticas demuestran que los túneles de carretera son más seguros que el resto de la red; pero esto no significa que no haya que esforzarse en diseñar túneles que minimicen tanto la incidencia de los accidentes como la gravedad de sus consecuencias. En la ponencia, se repasaron los efectos de los incendios sobre el hormigón y otros materiales como el acero, los métodos que existen para retardar estos efectos, como las

barreras térmicas, el diseño de los métodos de escape de los usuarios en caso de incendio, y algunos aspectos del diseño de la sección transversal que inciden en la seguridad de los usuarios.

Segunda sesión: Sistemas de control y gestión. Equipamientos y explotación.

Sala I. Sistemas de control y gestión.

D. Juan P. Aguilar Sáenz, del Ministerio de Fomento, presentó la ponencia **"Homogeneización de la normativa"**

naciones en lo referente a los equipamientos para la seguridad instalados en los túneles de carreteras.

D. José M. Martín Marcos, de Cecom, S.A. - Grupo Cener, presentó la comunicación **"Gestión Técnica Centralizada (CGT)"**, en la que, tras aclarar algunos conceptos, se centró en el sistema de control CECOM, creado por su empresa; y que, entre otras características y beneficios, expuso que se trata de un sistema avanzado de control distribuido y periferia distribuida, debido a su diseño y arquitectu-



Sres. Sánchez Rey y Aguilar en un momento de la intervención de este último.

en la UE sobre la seguridad en túneles de carreteras" en la que recordó la necesidad de redactar y elevar al Parlamento Europeo para su aprobación una "Directriz europea" sobre la armonización de disposiciones mínimas de seguridad, con el fin de garantizar condiciones de alto nivel de seguridad a los usuarios de los túneles, especialmente en la Red Transeuropea de Transportes. La futura directiva, una vez definidas las categorías de los túneles, debe diferenciar entre túneles antiguos y de nueva construcción. También es necesario que esta directiva involucre a la formación de conductores, para que éstos tengan unas mínimas

ra; se trata de un sistema abierto en el que las estaciones de operación, servidores y estaciones remotas están basados en sistemas operativos Microsoft, etc. Así mismo, es un sistema compuesto de elementos completamente estándares del mercado y que, entre otros beneficios, supone una reducción drástica del cableado de control; de fácil instalación y mantenimiento; con una gran facilidad de ampliación y actualización, debido, entre otras cosas, a la modularidad del sistema y la estandarización de sus elementos; y que, finalmente, dispone de una facilidad de integración en otros sistemas, como los PLC, bases de datos, etc.

"Sistema SCAP de ventilación automática. Descripción de funcionamiento", de D. Manuel Martínez Ojeda, de EYP SCAP, S. A., llega a las conclusiones de que el sistema de control propuesto para la ventilación automática son: controlar un nivel de consigna de CO y OP, en lugar de establecer bandas de actuación, de forma que se obtenga una regulación mucho más precisa de las variables que hay que controlar. Así mismo, actuar de forma analógica o modulada sobre el variador de velocidad del ventilador de aire fresco, en todo su rango de velocidad o en una parte acotada y limitada desde el sistema de control SCAP, por ejemplo, de 20-90%. Si no es posible aplicar las regulación modulada, hacer un redondeo al alza de esta acción de control y aplicar al ventilador el escalón de velocidad inmediatamente superior; regulación de velocidad por escalones.

Aplicar siempre la mayor de las dos acciones de control calculados por cada uno de los algoritmos de control, por CO y OP.

Comutar de forma automática el control de la media de los variadores por el control instantáneo de uno de los analizadores, hasta que se re establezca la situación normal para el analizador en situación de alerta.

D. Pedro García Relaño, de Sainco Tráfico, S.A., expuso el **"Sistema de control de los túneles en el acceso a Galicia por la A-6, Piedrafita"**. En la ponencia describió el Centro de Control situado junto al enlace de Piedrafita para controlar los siete túneles en el tramo de la A-6, de acceso a Galicia por León, con longitudes comprendidas entre 180 y 820 m. El sistema empleado es el SICOTIE, que en su versión actual está instalado en quince centros de control que atienden a 38 túneles en España, Brasil, y China. Es un siste-



Sr. Martín Marcos en un momento de su intervención.

ma abierto basado en el empleo de sistemas de hardware y software estándares, que integran cualquier tipo de subsistema del mercado, y que se han instalado de manera redundante para garantizar su funcionamiento. Las comunicaciones se realizan a través de un sistema multipunto con anillo de fibra óptica, con una arquitectura cliente/servidor de PC bajo Windows 2000, base de datos ORACLE, y software desarrollado en lenguajes Visual C++ y Visual Basic.

"Gestión de incidentes y su exportación vía Internet", fue el tema propuesto por **D. Luis Chacón d' Aristizábal**, quien, tras resumir la historia del desarrollo de un sistema de manejar parámetros de tráfico procesando imágenes de una cámara de TV desde 1979, pasó a describir un sistema estándar actual y sus elementos. A continuación, habló del sistema de detección de accidentes, su configuración y su capacidad de procesar y almacenar imágenes. Todo el sistema se comunica por tarjetas Ethernet bajo protocolo TCP/IP, que permite tanto la configuración remota de las tarjetas analizadoras como el ajuste de parámetros de comunicacio-

nes. Sainco Tráfico ha instalado en varios proyectos el sistema descrito, destacando por su relevancia el del puente y túnel de Oresund, entre Kastrup (Dinamarca) y Malmö (Suecia), con un sistema de detección automática de accidentes con 204 cámaras, capaces de detectar un vehículo parado en menos de 10 segundos, así como colas y vehículos en sentido inverso.

D. Álvaro Martín Hernández, de Iberpistas, S.A., expuso la **"Adecuación de las instalaciones de control y seguridad del túnel de Guadarrama"**, describiendo las instalaciones existentes en la actualidad y mostrando cómo han tenido que evolucionar estas instalaciones de control y seguridad para ir adaptándose a las necesidades y condiciones existentes en cada momento. Tras citar las instalaciones actuales del túnel y del centro de control, explicó la evolución de la adecuación de las instalaciones en ambos túneles, deteniéndose en las razones que justifican la construcción de un tercer túnel, que podría estar finalizado en el 2006, y para el que el centro de control está ya preparado para su gestión. Tras explicar sus secciones y futuros equipamientos, destacó entre sus conclusiones que un buen proyecto de construcción es fundamental para conseguir que el túnel sea seguro, ya que las instalaciones son complementarias y aumentan algo más su seguridad. Así mismo, los túneles deben ser equipados desde su inicio con todos los sistemas que hayan demostrado su utilidad, deben ser abiertos y flexibles, de forma que permitan fácilmente ampliaciones e integraciones, y debe estudiarse detalladamente el plan de formación de todo el personal. Finalmente, deben sobredimensionarse y desde su diseño, estar abierto a cualquier posibilidad de cambio o mejora.

D. José M. Aguirre y D. Carlos Estefanía, de la Dipu-

tación Foral de Bizkaia, y **D. Javier Martínez**, de la Universidad de Valencia, expusieron el **"Sistema de control centralizado en los túneles de Bizkaia"**, cuyo objeto era plantear cómo la Diputación Foral ha enfocado la gestión de los túneles de todo su territorio histórico, mediante la implantación de un sistema centralizado de control de los túneles carreteros. Para ello presentaron tanto las ventajas como sus inconvenientes, el origen del planteamiento de la gestión centralizada y la arquitectura del sistema, así como el operativo del Centro de Control Centralizado de Túneles de Bizkaia. Entre sus ventajas, los autores concluyen que ha supuesto una mejora de las actuaciones: el manual de explotación ha automatizado todas las secuencias de actuación, y éstas se aplican de forma homogénea en todos los túneles. Así mismo, ha supuesto una reducción en el coste de las infraestructuras y del personal.

Finalmente, la centralización ha llevado a la necesidad de plantearse una serie de necesidades, como la implantación de una norma que defina tanto las instalaciones que deben tener los túneles carreteros, así como sus procedimientos de explotación, denominada BAT (*Bizkaiko bidetarako Aran Teknikoak*), y la creación de un comité de evaluación que auditará regularmente tanto las instalaciones como los manuales o los procedimientos de actuación.

D. Fernando Mauduit García, de EYP SCAP, S.A., presentó el **"Registrador automático de infracciones para el túnel de Somport (Huesca)"**, en el que se describió el sistema instalado RAI 2002, capaz de identificar la matrícula de los vehículos, y hallan su velocidad y la distancia entre dos vehículos consecutivos, además de clasificarlos y contarlos por tipos y detectar las colas que puedan formarse.



Sr. Martín Ojeda.



Sr. Manduit García.

Cada punto de conteo está formado por un armario equipado con protecciones eléctricas y acometida de alimentación, ordenador industrial, procesador de video para cuatro cámaras de reconocimiento de matrículas, y conexión fast Ethernet 10/100. A cada punto de registro se conectan hasta dos sensores de triple tecnología para chequear la velocidad y distancia intervehicular, hasta dos cámaras de infrarrojos para matrículas, hasta dos cámaras para tomar fotos del contexto del vehículo, y hasta dos paneles numéricos capaces de presentar las medidas obtenidas.

Tras describir en detalle los sistemas que se pueden integrar en el sistema y el software empleado, terminó estimando las necesidades del túnel de Somport en siete puntos de registro, una estación de control en la Sala de Control de la boca de España, dos puestos de operación (uno en cada sala de control), y un servicio web para acceso remoto restringido mediante Internet con las jefaturas de policía asociadas a cada boca del túnel.

"Ensayos de puesta en marcha", de **D. Juan Ramón López Laborda**, de IDOM, Ingeniería y Consultoría, S.A., tras detallar el proceso de pruebas en tres niveles que se llevan a cabo a la hora de instalar los sistemas de seguridad en un túnel, describió las pruebas del nivel 2 en el túnel de Somport; es decir, de funcionamiento global de todos los sistemas.

Los ensayos propios del nivel 2 son cinco: pruebas de recepción del sistema GTC (con verificación de la recepción de señales, redundancia de las redes comprobación de las fichas de incidentes y tablas de actuación de escenarios de incendio), vehículo detenido averiado dentro del túnel (en apartadero, en calzada permitiendo el paso, en calzada obstruyendo un sentido de la circulación, en calzada obstruyendo completamente el paso), vehículo en llamas dentro del túnel, fallo en las acometidas eléctricas, y red de agua contra incendios.

Tras realizar todas las pruebas de forma satisfactoria en el túnel de Somport, el ponente especificó una serie de consideraciones, muy importantes si tenemos en cuenta las características especiales de este túnel, y que no existe un marco normativo que defina las pruebas previas a la apertura de un túnel.

D. Ismael Gómez Lucena y **D. Santiago Rodríguez San Juan** presentaron el **"Sistema**



D. Antonio Marqués Moreno intervino con el Proyecto Sirtaki.

avanzado de gestión del incendio en el túnel de Envalira". La empresa Conservación y Sistemas ha implantado los sistemas de control del túnel y el de peaje electrónico, dotados de modernos sistemas de control, para la supervisión de la ventilación, iluminación, incendios, señalización, etc. El software desarrollado se adapta a la normativa nacional y europea. Los principios constructivos del sistema Sicta-Túnel sobre entorno gráfico son sencillos de operar. La red de comunicaciones Tcp/Ip sobre fibra óptica intercomunica las estaciones de control, ERU, con el centro de control. Sicta-Túnel cuenta con algoritmos automáticos para gobernar la ventilación y la iluminación.

Los principios constructivos de los algoritmos centrales de detección automática de incendios se apoyan en el uso de la tecnología DTS, Fibrolaser II, para una medida de temperatura lineal por fibra óptica; además, se integran todas las demás alarmas provenientes de los postes SOS, extintores y detectores de opacidad.

Para finalizar, destacaron que en el software Sicta-Túnel se han integrado todos los algoritmos automáticos necesarios para el correcto funcionamiento

ante cualquier eventualidad; que al algoritmo de incendios se le ha dotado de la complejidad necesaria para ser operativo en un túnel de estas características, descartando falsas alarmas y operando en modos asistido o automático; y que los módulos de localización del incendio y diferencia de presión entre bocas son fundamentales en un esquema de ventilación transversal.

D. Vicente Carrasco Arias, de la Dirección General de Protección Civil, expuso "Gestión de la información en situaciones de emergencia", haciendo una relación entre la sociedad de la información post-industrial y la demanda de mayores medidas de seguridad y de gestión del riesgo, mayor en cuanto va aumentando el nivel de información. La teoría general de sistemas se adapta perfectamente a las particularidades del sistema de seguridad de los túneles, ya que está formada por una serie de componentes interrelacionados que actúan conjuntamente utilizando entradas y salidas de datos mediante un proceso de transformación organizado. A continuación, analizó los componentes de seguridad de un túnel desde esta perspectiva de un sistema de información, aplicando

la teoría general de sistemas a su arquitectura, y definiendo desde este modelo los sistemas de ayuda a la toma de decisiones y el sistema experto, abarcando además los de información externos compartidos, que integran dos o más organizaciones que comparten datos.

D. Antonio Marqués Moreno, D. Vicente Sebastián y D. Juan Granero, de ETRA I+D, presentaron el "Proyecto Sirtaki: Mejoras en la seguridad de túneles europeos", Dentro del Programa Information Society Technologies (IST) de la Comisión Europea y partiendo de la base de que los actuales sistemas de gestión requieren mejoras adicionales, para poder hacer frente en tiempo real a situaciones de emergencia, el proyecto Sirtaki prevé contribuir a suplir esta carencia mediante el desarrollo y evaluación de un sistema avanzado de gestión de túneles que, específicamente, acometa estos problemas, aumentando la seguridad en ellos mediante la introducción de un sistema capaz de asistir a los coordinadores y responsables en la toma de decisiones en estados de emergencia. Así mismo, provee de una mejora global en aspectos de movilidad y calidad de vida mediante el desarrollo de un sistema de vigilancia y control que reduce riesgos y mejora la coordinación de situaciones de emergencia en túneles de la UE, que a su vez provoca una eficiencia y seguridad en el transporte de pasajeros y mercancías. Además, el hecho de contar con túneles piloto (Metro de París, Frejus en Italia, Hoz de Solares y Rovira en España) en los que se deberá probar la eficiencia y aplicabilidad del sistema, garantizará su conveniente adaptación.

"Sistema de control del Desvío y soterramiento de la carretera M-111 bajo el aeropuerto de Madrid/Barracas", de Fernando Velasco, de OHL, S.A. y D. Antonio

Martín Crisenti, de *Indra Sistemas, S.A.*, ofreció una descripción de las instalaciones de seguridad, vigilancia y control de los túneles de la M-111, de cuyos aspectos novedosos destacan el anillo en las comunicaciones y en las alimentaciones eléctricas y backups en los equipos críticos; integración total de todos los subsistemas en un único puesto de operador con interrelaciones automáticas y secuencias ante cualquier incidencia; sistema de gestión de incidencias basado en el conocimiento con ayuda a la toma de decisiones sobre la gestión de recursos en caso de incidentes; manual de explotación y simulación de humos con ensayos de calibración de hasta 10MW, etc.

La intervención finalizó informando sobre las simulaciones en caso de incendio, cuyos resultados afirmaban que la velocidad conseguida con los ventiladores instalados es de 5,8 m/s, lo cual es mucho mayor de la teórica calculada, de 2,8 m/s. Por ello, la ventilación instalada en los túneles es mayor que la prevista, y, por tanto, perfectamente válida respecto a los criterios de proyecto.

Sala 2. Equipamientos

“Características y problemática de los tabiques de separación entre cajones en sistemas de ventilación tipo (semi-)transversal” fue presentada por **D. Ignacio del Rey y D. A. Fraile**, de *Cemim (Fundación para el Fomento de la Innovación Industrial)*, y **D. Enrique Alarcón Álvarez**, *Catedrático de la U.P. de Madrid*. Tras una introducción repasando los distintos tipos de ventilación para túneles, especialmente los que presentan losa intermedia, se pasó a detallar las condiciones aerodinámicas de los conductos y la hipótesis de carga aeráulica del tabique. Siguió la descripción de los efectos térmicos, para terminar detallándose otros aspectos, como el tipo de sistema emplea-



Sres. Lasfuentes y López Laborda junto al Presidente de la Mesa, D. Jesús Díez de Ulzurrun.

do para la construcción del tabique.

D. Emilio Márquez de Prado, de *SICE, S.A.*, expuso a continuación los **“Sistemas de Detección Automática de Incidentes (DAI)”**, que comenzó describiendo las ventajas de estos sistemas para comprobar la validez de cualquier alarma, calificar su nivel de gravedad, localizar con exactitud el incidente y su amplitud, y definir la estrategia de intervención. Pasó a enumerar la arquitectura física de un sistema DAI, para a continuación concretar sus principios de funcionamiento, prestaciones y optimización de los resultados, y terminar mostrando con ejemplos prácticos cómo se comporta el sistema en sus distintas fases y cómo se transmiten sus análisis tanto al operador como a los usuarios del túnel.

“Sistemas de detección de incendios” fue la siguiente propuesta de este congreso, presentada por **D. Lorenzo Espinosa y Dña. Marta Lasa**, ambos de *SICE, S.A.* La comunicación comenzó con una pequeña historia de los sistemas de detección de incendios para túneles, siguiendo con la descripción de distintos sistemas actuales, basados en cables metálicos,

en dilatación de gas, en fibra óptica, en detectores de temperatura embebidos en cable, y en el tratamiento de la señal de video, siendo éste último más que nada un “valor añadido” del sistema de analizadores de cámaras de TV, como confirmación de otro sistema de detectores; pero de gran valor, ya que permite de forma inmediata el soporte visual de la situación al operador.

D. Javier Lasfuentes Calvo y D. Ramón López Laborda, de *IDOM, S.A.*, expusieron **“Instalaciones eléctricas en túneles de carreteras. Criterios generales para el diseño y puesta en marcha”**. La comunicación comenzó con la descripción del sistema de suministro eléctrico de red, los sistemas alternativos de suministro y sistemas SAI, para a continuación detallar la instalación interior de media tensión con centros de transformación MT/BT (CT), la red de distribución MT, y los transformadores MT/BT. A continuación, se detalló la instalación interior de baja tensión, con los cuadros eléctricos de protección y maniobra, conductores, bandejas y receptores eléctricos. Siguió la recomendaciones para la red de tierras, y se terminó describiendo

do el sistema de iluminación, tanto del interior del túnel como el de emergencia, el balizamiento y las luminarias que hay que emplear.

"Sistemas de megafonía para túneles. Necesidad y diseño", de D. Javier Lasfuentes Calvo, de IDOM, S.A., y D. Josep Alesanco, de Optimus, comienza exponiendo la necesidad de este tipo de sistemas en un túnel y las dificultades de su diseño, respecto a quién debe dirigirse las posibilidades de un sistema de megafonía. Respecto al empleo, hay que clarificar qué informaciones deben transmitirse.

La exposición continuó con el enunciado de los criterios de diseño de un sistema de megafonía en túneles, consideraciones del diseño acústico y electroacústico, especificando las características de los altavoces, las funciones remotas y las comunicaciones, entre las cuales pueden darse varias opciones, como la instalación de una red de audio y datos vía Ethernec, comunicación serie con datos vía RS485, y los canales de audio y datos requeridos por una sala de control para llegar a los equipos de control de cada central de amplificación.

D. Gabriel Santos Hernández, de Metro de Madrid, S.A., presentó el tema **"Agua nebulizada. Aplicación en la protección de túneles"**. Tras una introducción en la que se trató el debate sobre qué medidas de seguridad deben incorporar este tipo de infraestructuras, continuó con una definición de qué es exactamente el agua nebulizada, y sus aplicaciones en mecanismos de extinción de incendios: enfriamiento, atenuación, sofocación, dilución e interacción. Pasó a continuación a hacer una breve reseña de la evolución de los sistemas de agua nebulizada desde los años cincuenta, hasta llegar a la descripción de los sistemas actuales,



D. Manuel Romana en la segunda de sus intervenciones.

con una comparación de sus ventajas respecto a otros sistemas (economía, ecología, rigidez dieléctrica, inocuidad, etc.).

Para finalizar, expuso la experiencia de Metro de Madrid y su aplicación a otros riesgos, como el Puesto Central del Mando, o los transformadores de las nuevas subestaciones rectificadoras-transformadoras de la línea 10 y Metrosur.

Dña. Valerie Van de Walle, de Nexans, presentó el tema **"Cables de seguridad en túneles"**. El cable, según su tipo, uso o instalación, puede ayudar a facilitar la evacuación de las personas en caso de incendio, contribuir a la localización más rápida del foco del fuego, asegurar la continuidad en la alimentación eléctrica a elementos vitales de lucha contra el incendio y limitar los daños materiales.

Entre sus conclusiones, se destaca que el cable eléctrico, cuando cumple los requisitos de no propagación del incendio y ser sin halógenos (para, entre otros aspectos, garantizar una baja emisión de humos claros y de reducida toxicidad y corrosividad); y, para los circuitos de seguridad, de resistencia al fuego y ser sin halógenos (asegurando la continuidad de la alimentación eléctrica a los elementos vitales de lu-

cha contra el incendio), representa, por si sólo, un elemento de protección pasiva contra el incendio, un complemento indispensable a todas las otras medidas y materiales de protección contra incendios en túneles y metros, y una contribución significativa a su entorno más seguro para las personas y los bienes.

D. Manuel Romana Ruiz, Catedrático de la U.P. de Valencia, expuso la comunicación **"Futuros túneles de Solá de Engordany en Andorra"**, mostrando las dos alternativas presentadas para estos túneles, una bidireccional con tres carriles (el central reversible) más arcenes y galería de seguridad con galerías de escape a 240 m, y otra con dos túneles unidireccionales, cada uno con dos carriles más arcenes y conexiones de escape a 240 m. En cuanto a seguridad, el escape inmediato es prácticamente igual en las dos alternativas, aunque el acceso de vehículos de socorro es más sencillo con los dos túneles. Medioambientalmente las consecuencias son idénticas; pero, respecto a la capacidad de tráfico, el doble túnel permite adelantamientos y mayor capacidad. En cuanto a costes, el doble túnel es más caro; pero los costes anuales de explotación son más bajos para el doble túnel, debido a la ventilación.

Ante estas alternativas, y tomando en consideración la seguridad, el *Govern d'Andorra* ha seleccionado la alternativa de dos túneles unidireccionales, con 11 galerías de comunicación transversal, de las cuales tres (una de cada tres) tendrán capacidad para vehículos.

El **"Sistema de enfriamiento de túneles y control de humos de incendio y gases de MM.PP."**, expuesto por **D. Francisco Martínez Simieli**, del Parque de Bomberos de Lorca, comenzó con una breve exposición de la historia de los túneles, para a continuación centrarse en los materiales inflama-



D. Javier Cordellat intervino con la comunicación "Los túneles de L'Ollería. Un ejemplo de evolución de las instalaciones de seguridad".

bles que pueden contener los vehículos por su construcción, sin contar con las mercancías que transportan. El incendio no es peligroso sólo por las llamas, sino por los humos y gases que produce, que son más mortales que el mismo fuego en un entorno cerrado. A continuación, describió la secuencia que entra en acción cuando se produce un incendio en un túnel intermedio, de 1 000 m, con un ejemplo de colisión. Tras la detección por sensores de humo o de temperatura, saltan las alarmas, que, por control de un operador o de forma automática, hacen intervenir al sistema de extinción de incendios, formado por canales de agua. De forma inmediata se controla la temperatura, impidiendo que se propague el incendio a otros vehículos, mientras las membranas que forma el agua controlan los humos y gases y evitan que siga la combustión.

Cada barrera o membrana dispondrá de una llave de paso de accionamiento manual, las cuales se irán cerrando por el servicio actuante, según la necesidad de acercarse al foco principal por parte de los servicios de bomberos.

"Los túneles de Cointe (Bélgica): equipos y firme de hormigón armado continuo para una seguridad

óptima" fue el título de comunicación presentada por **M. André Jasienski**, de la Federación de la Industria Cementera Belga; **Mme. Domique Verlaine**, de la Dirección de Carreteras de Lieja (Bélgica); y **D. Carlos Jofré**, del IECA. En junio de 2000 se inauguró en Lieja una nueva conexión entre las autopistas E25 y E40, para resolver una serie de problemas de tráfico de paso y local. En el tramo fue necesario construir tres importantes túneles con una longitud combinada de 2,75 km.

Aproximadamente 50 millones de vehículos lo han utilizado, y hasta el momento no se ha producido ningún incidente de importancia.

Indudablemente, el pavimento continuo de hormigón armado ha contribuido a ello. La experiencia belga en este tema es muy importante. No obstante, la particularidad de la construcción dentro de un túnel ha precisado una gran atención y una serie de adaptaciones no despreciables, las cuales, por si solas, han supuesto otros tantos retos: puesta en obra, fórmula de trabajo del hormigón, suministro del mismo, planificación teniendo en cuenta las posibles incidencias.

"Los túneles de L'Ollería. Un ejemplo de evolu-

ción de las instalaciones de seguridad" fue presentado por **D. Javier Cordellat González**, de Técnica y Proyecto, S.A. El primer túnel, abierto al tráfico en 1992, está dotado de alumbrado, ventilación y elementos para su control, detectores de incendios, extintores y señalización variable en accesos, además de la instalación de suministro de energía para alimentarlas. Todo completamente autónomo, con posibilidad de conectarlo vía teléfono para emitir alarmas.

En 1994 se redacta el proyecto para convertir este tramo en autopista, por lo que se necesita un segundo túnel. Las nuevas instalaciones proyectadas, pese a que tienen elementos comunes con el proyecto original, son conceptualmente distintas, y son reforzadas aún más cuando se completa la construcción en el 2002. Se dispone un alumbrado de mayor luminosidad, ventilación más potente y reversible; y, a los sistemas de detección de incendios por cable lineal, extracción de extintores o pulsador de alarma, se suma un sistema DAI de análisis de 24 cámaras de video en el interior, más cinco exteriores. Se ha mejorado el control de accesos, y se ha llevado la señalización variable también al interior del túnel. Cuenta con un nuevo sistema de megafonía, con mensajes pregrabados o instantáneos por zonas; y todo se controla por un centro de control permanente situado cerca del túnel, que también cuenta con la información que le proporcionan cuatro estaciones de aforo y una estación meteorológica en cada boca. La alimentación eléctrica también se ha mejorado, incorporando sistemas de alimentación ininterrumpida SAI.

D. Manuel Sierra Fernández, de AENA, **D. Jorge Miñangos**, de Obrascón Huarte Lain, S.A., y **D. Carlos Asín Angulo**, de Euroestudios S.L., presentaron las **"Instalacio-**

nes del paso de la carretera M-111 bajo el aeropuerto de Barajas", que dispone de un túnel de 2 600 m con tubos unidireccionales, con generosas medidas y arcenes y sendos tubos adicionales para vía de servicio de tráfico restringido del aeropuerto al sur, y galería para paso de servicios públicos al norte. Cada 300 m hay puertas para salida de emergencia que permiten la evacuación a estas galerías, además de un sistema de paso de vehículos de emergencia cada 900 m en ambos tubos desde estas galerías. A continuación, describió sus instalaciones de seguridad: sistema de suministro de energía eléctrica, redundante y con capacidades SAI en puntos críticos; redundancia en el sistema de video, con duplicidad de matrices, monitores de dos canales, etc.; sistemas de extinción de incendios manual con espuma de baja expansión, red de agua en anillo, almacenamiento y bombeo desde dos centrales hidráulicas; señalización lumínosa con SAI, etc.

Aunque los túneles han sido inaugurados muy recientemente, ya hay algunas primeras experiencias que comentar, como que se pueden aumentar las pendientes máximas para túneles urbanos, y que la adopción de la recomendación de la DGC sobre iluminación dota al túnel de un número excesivo de proyectores.

Dña. Trinidad Sánchez Vallejo, de Abencor, S.A.-Sainco Tráfico, S.A. presentó la comunicación "**Cable con aislamiento mineral, lo último en sistemas de supervivencia al fuego para aplicación en túneles**", comenzando por comentar la atención que se presta últimamente a los elementos antiincendio, debido a los accidentes ocurridos recientemente, para a continuación describir las características técnicas de este cable y sus aplicaciones, para la mayoría de los circuitos electrónicos de baja

tensión. El cable tiene los puntos de fusión de 1 083 °C para el cobre y 2 800 °C para el aislante, lo que asegura que continúe transportando corriente a temperaturas por encima de los 1 000 °C. A continuación, dio una lista de los túneles de carretera y ferroviarios que han instalado este cable, deteniéndose especialmente en el del Canal de la Mancha, para terminar enumerando la normativa aplicable, ensayos y certificaciones que tiene el producto.

Sala 3. Explotación

La ponencia "**El factor humano en la prevención y gestión de emergencias en**

de la intervención, poniéndose énfasis en la formación, la gestión sistemática de la operación de emergencia, y las capacidades requeridas al personal, y el plan de formación. Terminó con unas reflexiones respecto a los servicios exteriores de emergencia, que, aunque no son objeto de la ponencia, su coordinación con el equipo de explotación del túnel es fundamental.

D. Lorenzo Espinosa Román, de SICE, S.A. expuso la comunicación "**La integración y homogeneización de las instalaciones y equipamientos**", centrada en la necesidad de homogeneización de los elementos que integran la seguri-



D. Francisco J. Ruiz y Dña. María Vara.

túneles" fue presentada por **Dña. María Vara Moral**, de la Dirección General de Protección Civil. Frente a los avances técnicos, el estudio del comportamiento humano está "atasulado", pese a que es la causa del 90 % de los accidentes de circulación. En lo que atañe a los túneles, el porcentaje aquí disminuye debido a que estas obras hacen extremar la prudencia de los conductores; pero en caso de incendio, por poner el incidente más grave, su comportamiento es vital para su puesta a salvo.

Respecto al factor humano en el equipo de explotación, por su importancia, ocupó el resto

dad en un túnel, que se traduce en una serie de ventajas. Tras describir la situación actual, realizó una propuesta de homogeneización e integración, tomando como base el desarrollo en el grupo SC4 del CTN 135, con el TCP/IP como protocolo estándar, arquitectura cliente/servidor y software ya definido, y seguir por ese camino respecto al hardware del equipamiento, definiendo recomendaciones para detectores de CO, opacímetros, gálibos, sistemas de detección y extinción de incendios, etc.

"Mercancías peligrosas", fue el tema siguiente propuesto por **D. Rafael López Guarga**,