

Jornadas técnicas sobre la explotación y la gestión de riesgos en túneles viarios



Mesa que presidió la inauguración de las jornadas. De izquierda a derecha, D. Roberto Alberola y D. Rafael López Guarga.

Por la Redacción.

En Madrid, durante los días 23 y 24 de septiembre de 2004, tuvieron lugar estas jornadas, cuyo acto de apertura fue presidido por **D. Roberto Alberola**, Presidente de la ATC, y **D. Rafael López Guarga**, en su calidad de Presidente del Comité de Túneles de la ATC. Los agradecimientos y confianza de la utilidad de este congreso, así como la explicación de su desarrollo y justificación de su celebración, dieron paso a la exposición de 21 ponencias, que se repartieron en las 5 sesiones con sus respectivos coloquios.

Sesión 1

"El proyecto de seguridad en túneles en España"

La sesión comenzó con la exposición de **D. Vicente Vilanova Martínez Falero**, del Ministerio de Fomento, con el tema **"El proyecto del túnel de Vielha"**, empezando con el diseño y la explotación de túneles, dando unas generalidades, sentando unos principios básicos de la explotación, deteniéndose en las particularidades de la obra civil, presentando una serie de instalaciones, y entrando, a continuación y en detalle, en todas las instalaciones posibles para mejorar la seguridad en la

explotación de túneles, básicas y de seguridad para incidencias, enumerando y describiendo las posibles instalaciones, la normativa existente y su funcionamiento. Tras ellas, pasó a describir las de seguridad para incidencias: alumbrado de emergencia, detección de incendios, postes SOS, cámaras TV con sistema DAI, red de suministro de agua y extintores, drenaje de vertidos contaminantes y/o con riesgo de incendio, refugios presurizados y galerías de evacuación presurizadas, barreras de entrada a un túnel, megafonía, y detectores de presencia humana. Después, en lo relativo a costes, reflejó los previstos para un túnel de 5 240 m, unidirec-

cional y con todas las medidas de seguridad anteriormente descritas. De ello, dedujo que las instalaciones pueden llegar a tener un coste de un 20% de la inversión total, y las obras complementarias pueden superar el 7%. Finalizó exponiendo el proyecto del túnel de Vielha, que previó todas las instalaciones anteriormente descritas, aprovechando el túnel actual como galería de evacuación y paso de mercancías peligrosas. Entre otros sistemas de seguridad, y tan sólo por citar algunos de ellos, se han dispuesto 24 nichos de seguridad y

dio, afirmó que se debe salvaguardar a los propios usuarios, mantener libre de humos los accesos a los servicios de seguridad y permitir la extracción del humo tras la extinción del incendio. Además, presentó algunas características del proyecto de ventilación: funcionamiento en modo transversal o pozo, boquillas de inyección en la base de hastiales permanentemente abiertas, exutorios también permanentemente abiertos, grandes exutorios con trampillas telecomandadas en inicios de cantón para simular el funciona-

mo motor de la seguridad en carreteras", clasificando su intervención en: los túneles como infraestructura de transporte sostenible, el proyecto de seguridad en los túneles y su avance hacia un proyecto integrado y el proyecto de explotación como irrenunciable en la seguridad de los túneles. Dentro del primero de los temas, concluyó que las infraestructuras del transporte deben planificarse de forma sostenible, buscando una contribución positiva a los balances de seguridad, de congestión y medioambiental. Las nuevas tecnologías que se utilizan para atacar los problemas medioambientales, de siniestralidad y congestión son las nuevas tecnologías ITS y los nuevos procedimientos, que incluyen nuevas funciones y se orientan hacia el usuario, al que ofrece un servicio de claridad medible. Para proyectar un túnel seguro, se han de usar esos nuevos procedimientos y tecnologías.

Además, defendió que la seguridad es un criterio central en el proyecto de túneles, si bien se destaca que los túneles no son menos seguros que la carretera abierta en siniestro por vehículo y kilómetro. No obstante, el proyecto de un túnel debe ser proporcionado, de forma que otros objetivos, como la capacidad, tengan cabida. Así mismo, la seguridad en los túneles ha ido evolucionando, residiendo sucesivamente en la obra civil básica, en la ventilación y en la evacuación; y ahora los túneles incorporan diseños seguros que integran todas las medidas de seguridad en los que las nuevas tecnologías aportan seguridad al túnel. Concluyó que el proyecto de explotación aporta seguridad al túnel, si bien este proyecto no ha sido llevado a sus últimas consecuencias.

Finalmente, la mejor forma de ayudar a la explotación de las carreteras por los operadores es proveerles de un sistema informático en el que resida la ingeniería de explo-



De izquierda a derecha, Sres. Vilanova, Palazón, De la Rica y Cela.

otros 24 de incendio, 12 refugios en conexión con la galería de evacuación y 8 apartaderos para aparcamiento ocasional.

D. Sebastián de la Rica, del Ayuntamiento de Madrid, presentó **"El proyecto de la Calle 30"**, describiendo los condicionantes de proyecto, cuyo objetivo es obtener los mayores niveles de seguridad posibles tanto en situaciones de incendio como de servicio. Para ello se plantean los escenarios de tráfico probables, no estando permitido el paso de mercancías peligrosas. También la división de túneles largos para mejores condiciones de control y para procurar, cuando sea posible, soluciones análogas para las distintas infraestructuras. En cuanto a la ventilación en un incen-

miento de "pozos", redundancia de conductos bajantes, tanto en extracción como en inyección de aire, e independencia entre bajantes de inyección y extracción.

Concluyó con que hay que conseguir los mayores niveles de seguridad posibles, tanto en las situaciones de incendio como en las de servicio, y aumentar las medidas de reducción de riesgo; así como incrementar la búsqueda de soluciones análogas para las distintas infraestructuras, lo que redundará en una facilidad de explotación y, por lo tanto, mejorará la asistencia, la evacuación, el mantenimiento, etc.

Finalizó la sesión **D. Francisco Palazón Rubio**, de Tekia Consultores, quien presentó **"El proyecto de seguridad en túneles co-**

tación, sistema de ayuda a la explotación que deberá generar de forma automática las estrategias de actuación frente a un incidente y guiará todas las operaciones.

Sesión 2

¿Cómo conciliar la normativa de ámbito nacional e internacional que aplique a la explotación de seguridad en los túneles de carretera españoles? Expectativas de futuro.

D. Juan P. Aguilar Sáenz, del Ministerio de Fomento, expuso **"Una norma exigible desde el año 1998. El Manual de Explotación del Ministerio de Fomento"**, en la que informó sobre la totalidad de documentos de obligado cumplimiento que se habrán de aportar a los procedimientos de las diferentes fases en las que se encuentra un túnel de carreteras, y que planteará muchas responsabilidades tanto a la autoridad administrativa, al gestor del túnel y al responsable de seguridad. Para ello, comenzó con la Instrucción para el proyecto, construcción y explotación de obras subterráneas para el transporte terrestre (IOS-98), que establece los criterios básicos que deben observarse en ellas. La instrucción, en su título V, establece los criterios básicos para las instalaciones definitivas y la explotación, clasificando los sistemas de explotación en tres niveles I, II y III. Para los túneles de nivel I y II es preceptiva la redacción de un Manual de Explotación, que establece las acciones necesarias para el control de circulación (ante incidencias y accidentes), mantenimiento de las instalaciones y obra civil y las actuaciones en caso de emergencias. Para la primera y tercera acción, cuando el incidente/accidente es grave, el Manual establece, considera y estandariza 15 incidencias, indicando instrucciones concretas y precisas que hay que



Sres. Leo, Aguilar, López Rodríguez, Sánchez Rey, López Guarga y Estefanía.

seguir para involucrar a los organismos competentes en auxilio y socorro. Tras ello comentó las incidencias susceptibles de provocar una actuación del centro de control, las 15 mencionadas con anterioridad. Posteriormente indicó que el anexo II de la Directiva 2004/54/CE describe la documentación de seguridad necesaria en la fase de proyecto, aprobación de proyecto, fase de funcionamiento o explotación de un túnel y fase de modificación sustancial de un túnel, tanto de estructura del equipo o del funcionamiento que pueda suponer una alteración significativa de algún elemento de la documentación de seguridad y que desglosó brevemente.

"Una exigencia de hecho. Planes Corporativos de Autoprotección y de Actuación de Emergencia" fue el tema propuesto por D. Emilio Leo Ferrando, de Protección Civil de Huesca, definiendo la autoprotección corporativa como el sistema de acciones y medidas adoptadas por una entidad pública o privada, en este caso titular del túnel, encaminadas a prevenir y controlar los riesgos, a dar respuestas a las emergencias y a garantizar la integración en el sistema público de Protección civil. Tras ello citó algunos antecedentes, como la Orden de 29 de noviembre de 1984 del Ministerio del Interior, la Ley 2/85 de Protección Civil, la

Orden de 19 de noviembre de 1998 del Ministerio de Fomento, la Ley 31/95 de Prevención de Riesgos Laborales y la ya citada Directiva europea. Posteriormente enunció la misión que debe cumplir el citado Plan de autoprotección y su contenido: descripción detallada de la actividad y del medio físico, inventario de riesgos (tecnológicos, asociados a causas externas naturales, asociados a la circulación), análisis y evaluación de riesgos, inventario de medidas y medios de autoprotección técnicos existentes, plan de actuación ante emergencias, mecanismos de integración en planes de ámbito superior, mantenimiento de las instalaciones de la actividad, mecanismos de implantación y de actualización y directorio de los servicios de emergencia.

Más adelante, se refirió al Plan de Emergencia Exterior en túneles, que está compuesto por el Plan de Autoprotección o de emergencia interior, competencia exclusiva del explotador, y por el Plan de Emergencia Exterior, que los apoya y complementa y está a cargo del administrador competente en materia de protección civil y emergencias. De él presentó las bases para la planificación, analizó los riesgos potenciales y las situaciones de emergencia. De todo el organigrama preciso para el correcto funcionamiento del plan, dio todo tipo de explicaciones.

D. Miguel López Rodríguez, de

Tekia Consultores, expuso **"Experiencias en la realización de Manuales de Explotación para diversos titulares"**, en la que comenzó por exponer el Plan de Explotación (Manual) dentro del proyecto de seguridad de un túnel, explicando los requerimientos normativos de la explotación de la seguridad. A continuación hizo una propuesta del Plan de Explotación que recoge las diferentes normativas. Continuó con el REACT (Manual de Explotación Electrónico) y finalizó con la exposición del Sistema avanzado para la explotación de redes de transporte por carretera (EXTRA). Entre otras cuestiones, explicó el alcance del Plan de explotación diferenciando entre el marco general de explotación y sus actividades y operaciones. En cuanto al REACT, desarrollado por Tekia, nació como una herramienta informática orientada a automatizar y a realizar, de una forma más eficiente, la explotación de seguridad de un túnel; y supone una implantación y mejora continua de los protocolos de actuación ante incidentes definidos en el Plan de Emergencia y una gestión de documentos del Plan de Explotación. Tras explicar las aplicaciones del REACT, se detuvo en su funcionalidad (funciones de edición, de consulta, de registro de incidentes y de interfaz con los sistemas de control). En cuanto al EXTRA se concibió como un sistema informático de gestión, orientado a la planificación, control y seguimiento de las actividades y operaciones de las explotaciones de carreteras (ayuda a la vialidad, actuaciones programadas y extraordinarias y control y mantenimiento de instalaciones de infraestructuras especiales: túneles, peajes, etc.). De él también expuso las funciones del sistema y sus módulos de gestión: de mantenimiento, de personal de explotación y de gestión de incidentes, así como generador de informes, de gestión documental y de supervisión de la explotación.

D. Carlos Estefanía Angulo, de la Diputación Foral de Bizkaia, ex-

puso **"Una normativa regional. La Norma Foral de Seguridad en Túneles y su previsible aplicación"**. Su intervención la dividió en una exposición de motivos, una introducción a los contenidos, una clasificación de los túneles, disposiciones para el aseguramiento de la seguridad y una última parte dedicada a las instrucciones técnicas. Tras analizar el problema de la seguridad en los túneles, con una menor siniestralidad que los tramos a cielo abierto (como lo muestra la totalidad de las víctimas mortales que se han producido con posterioridad a 1978, que en 33 de los 36 incendios se han visto involucrados camiones pesados y que estos han originado 100 de las 103 víctimas mortales), fijó el estado actual de la técnica a través de su regulación (Recomendaciones de la AIPCR, Circular francesa 2000-63 de agosto de 2000, la Instrucción IOS 98 y la Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo). Tras ello presentó la situación en Bizkaia, destacando los túneles más sensibles desde el punto de vista de la seguridad: Malmasin y La Avanzada, y el túnel de la Variante Sur Metropolitana que está en planeamiento. Más adelante afirmó que, si se aplicara la Directiva europea a todas las carreteras de Bizkaia, más del 20% de sus túneles quedarían excluidos a pesar de soportar tráfico importantes.

Posteriormente definió los objetivos de la Norma Foral, actualmente en borrador, que pasa por prevenir situaciones de riesgo que pongan en peligro la vida humana, el medioambiente y la infraestructura y mitigar las posibles consecuencias de una situación de riesgo y estructurales: Norma foral de seguridad en túneles, Instrucciones técnicas de diseño seguro en túneles e Instrucción de explotación de túneles. Posteriormente analizó los componentes de la seguridad y su aseguramiento con requisitos organizativos, técnicos (infraestructura básica y auxiliar, superestructura, explotación, circulación

de vehículos y usuarios de la carretera) y los procedimientos pertinentes para ello. También citó las disposiciones para el aseguramiento de la seguridad, los requisitos técnicos, así como los de circulación de vehículos en túneles, la educación de los usuarios, la valoración del proyecto en túneles, los certificados de finalización de obra, las autorizaciones para la entrada en servicio de la explotación, auditoría de túneles en servicio, finalizando con las instrucciones técnicas.

"Aplicación de la Directiva Comunitaria a los túneles españoles" de **D. Rafael López Guarga**, del Ministerio de Fomento, expuso que existen actualmente 38 túneles correspondientes a autopistas libres y autovías en servicio, pertenecientes a la red TERN, afectadas por la Directiva, y en el plazo de 24 meses deberán adoptarse las disposiciones jurídicas, reglamentarias y administrativas necesarias para su cumplimiento. Entre otras cosas, afirmó que la propuesta de Nota de Servicio sobre equipamientos de seguridad en túneles se redactó teniendo en cuenta diversa normativa, destacando la IOS-98 y la Circular nº 2000-63 de la red nacional francesa, así como la alemana nº14/1997, por lo que será necesario establecer una comparación entre las exigencias de la Directiva y las de la Nota de Servicio. De ello también se concluye que la Nota es para determinados aspectos mucha más restrictiva que la Directiva, pudiéndose decir que en líneas generales cumple con la mayoría de los equipamientos y es más exigente en algunos aspectos básicos como la construcción de centros del control, galerías de escape y extracción de humos.

Finalizó indicando que la aplicación de la Directiva podrá realizarse con una serie de soluciones a corto, medio y largo plazo y con el fruto de un grupo de trabajo de expertos nacionales que analicen los procedimientos armonizados para los análisis de riesgos sobre futu-

ras mejoras en las condiciones mínimas de seguridad y recoja toda la información sobre condiciones de seguridad.

Sesión 3

"La gestión de riesgos y de emergencias en los túneles. Métodos de análisis cuantitativos de riesgos.

Las mercancías peligrosas y otros riesgos".

D. Ignacio del Rey Llorente, del Centro de Modelado en Ingeniería Mecánica (CEMIM), presentó la **"Experiencia en el análisis cuantitativo de riesgos en túneles en España"**, comenzando por preguntar qué entendemos por análisis de riesgos, qué es el riesgo (peligrosidad x daño) y el criterio de riesgo admisible. Tras ello citó algunos antecedentes y los campos de aplicación en túneles (comparación de alternativas, desviaciones respecto al estado de referencia, evolución global de la seguridad y estrategias de explotación). A continuación desarrolló la metodología en el análisis cuantitativo de riesgos, que pasa por su identificación y caracterización, evolución de probabilidades de ocurrencia, agrupación de escenarios tipo, determinación de efectos y valoración de consecuencias. Posteriormente entró en los modelos de comportamiento definiendo los modelos numéricos implicados: evacuación de personas, dispersión de contaminantes, ventilación, comportamiento estructural y resistencia al fuego. Después definió y analizó los indicadores (riesgo colectivo e individual) y la valoración de consecuencias (víctimas, daños estructurales, gastos de inutilización y regeneración medioambiental). Posteriormente y antes de exponer un caso práctico del QRAM (*Quantitative Risk Assessment Method*), subrayó que las principales dificultades son la determinación de probabilidades y de los criterios



Ponentes de la tercera sesión.

de aceptabilidad, la repetitividad de modelos distintos y la comunicación de la existencia de riesgos en la sociedad. Finalmente y tras el mencionado caso, concluyó que se trata de una técnica en expansión "obligada", cuyo objetivo es ayudar a la toma de decisiones, que permite evaluar estrategias de explotación, aunque tiene cierta dificultad en el desarrollo de modelos. También destacó la necesaria comunicación de riesgos.

"La gestión de riesgos", de **D. Pedro Soria García-Ramos**, del IT-SEMAP Servicios Tecnológicos MAPFRE, expuso los conceptos de riesgo y de su gestión, analizó sus costes, así como el proceso de su gestión (identificación y evaluación, toma de decisiones y actuación), finalizando su intervención con las singularidades de los riesgos de túneles. Dentro de este último apartado, el ponente subrayó la necesaria sensibilización del público, que debe percibir el riesgo, y tener en cuenta la propia singularidad de cada túnel. Éste puede ser de promoción y explotación públicas (directa o indirectamente) y está claro que es un elemento de uso público que requiere de exhaustivos estudios de viabilidad técnica y rentabilidad económica, sujeta al entorno de la Ley de seguridad vial y de responsabilidad objetiva, que debe observar coberturas de responsabilidad civil ili-

mitada o con límites muy altos, y en la que se tendrá en cuenta las posibles responsabilidades subsidiarias. Además y como conclusiones en lo que llamamos "costes", los de la seguridad económicos recaen mayormente sobre el titular de la actividad (Administración o concesionario); pero también conlleva unos costes de seguridad emocionales sobre los usuarios y unos costes de la no seguridad muy repartidos: los asociados a los de seguridad de la infraestructura, los daños materiales (indemnizables), daños personales (indemnizables parcialmente), pérdida de actividad del concesionario (indemnizables), pérdidas de tiempo (no indemnizables) y repercusión local o regional en caso de paralización de la actividad (no indemnizables).

Dña. Paloma Iribas Forcat, del Ministerio de Fomento, expuso **"Las decisiones sobre el transporte de mercancías peligrosas"**, presentando la Comisión para la Coordinación del Transporte de Mercancías Peligrosas, la que, dentro de sus funciones, coordina competencias, informa preceptivamente sobre cualquier norma que se proyecte dictar sobre la materia, es un órgano de enlace en las relaciones con organismos internacionales, divulga la legislación sobre la materia, aclarando e interpretando la legislación, y estudia e informa sobre todo

cuánto se solicite por las autoridades competentes. Tras citar su órganos y exponer cuáles son las autoridades competentes de la Administración General del Estado, citó los reglamentos internacionales sobre el tema, pasando a comentar las recomendaciones de la ONU en túneles, que relacionan hasta 45 sobre los factores que afectan a la seguridad en túneles, de las cuales sólo 2 se refieren en particular a transporte de mercancías peligrosas. Entre sus recomendaciones subrayó que la formación de conductores de vehículos que transporten mercancías peligrosas debería incluir aspectos específicos del comportamiento en túnel y racionalizar a nivel internacional las normas relativas a este tipo de transporte en túneles. Luego citó la recomendación 1.06: ADR 2005 para conductores, en la que será obligatorio tener carnet ADR también para los vehículos de menos de 3,5 t, a partir del 1 de enero de 2007, y recibir formación sobre comportamiento en túneles, y de reciclaje de una duración de al menos 2 días.

Luego comentó la recomendación 1.07, Normas internacionales relativas al transporte de mercancías peligrosas en túneles, e hizo un avance para 2007 por el que se pretende agrupar las mercancías peligrosas en 5 categorías y obligar al uso de esta agrupación a la hora de regular el paso de ellas por túneles, obligar a señalar qué grupo de mercancías peligrosas están autorizadas y cuáles prohibidas, así como itinerarios alternativos. Finalmente, da potestad para decidir, individualmente, si se utilizan medidas de explotación para la reducción de riesgos. Además, el avance informa de la estandarización de los métodos de análisis cuantitativos de riesgos y las restricciones al tráfico de mercancías peligrosas (no sólo) en túneles que se basará en un análisis de riesgos, cuya metodología esté normalizada a nivel internacional.

“¿Cómo actuar en caso de una emergencia”, de D. José L.

González Álvarez, de Protección Civil en Castilla y León, destacó la importancia de la Dirección en situaciones de crisis y subrayó la comunicación a la población, analizando los factores que la favorecen, profundizando acerca del papel del buen comunicador como mecanismo de credibilidad, todo ello con el fin de proteger a las personas. Para el ponente, la Dirección tiene que conseguir una actuación conjunta de las personas que componen la organización, dándoles objetivos comunes, una estructura adecuada y la continua orientación que necesitan para responder ante las even-

Se expusieron veintiuna ponencias, y hubo un coloquio tras cada una de las cinco sesiones celebradas

tualidades. Así mismo, la asignación, coordinación y movilización de los recursos con que se cuenta. Debe planificar, lo que supone una toma anticipada de decisiones, y organizar, diseñando la estructura organizativa con un principio de autoridad; dirigir los recursos, integrando en la estructura a los intervinientes; y controlar y verificar el comportamiento. La dirección exige capacidad de desarrollo e integradora, análisis complejo, identificación de elementos más importantes, sus interacciones y una visión amplia. La percepción del riesgo, las actitudes ante ellos, la credibilidad de la información sobre riesgos, los elementos clave en la comunicación (control, capacidad para comprender y hacer comprender y la comunicación como herra-

mienta: la información supone más familiaridad, menos miedo; a mayor desconocimiento, menos confianza). Tras analizar la comunicación de crisis, con sus características objetivas y subjetivas, subrayó la necesidad de conseguir una mayor efectividad: hacer mejor las cosas; una mayor eficiencia: realizar cumplidamente las funciones a las que se está destinado; hacer las cosas bien; y eficacia: cumplir con los objetivos previstos.

D. Manuel Romana Ruiz, *Presidente de STMR y Secretario del Comité de Túneles (C3.3) de la AIPCR,* presentó el tema **“Infraestructura de seguridad para la evacuación”,** en la que informó sobre qué es lo que regula la Directiva de la UE 2004/54/CE: pasarelas de emergencia, salidas de emergencia, refugios, acceso de los servicios de emergencia, apartaderos, drenaje de líquidos inflamables y/o tóxicos y resistencia de las estructuras a los incendios. En cuanto a la primeras, en todos los túneles nuevos sin carril de emergencia se habilitarán, elevadas o no, para que los usuarios del túnel las empleen en caso de avería o accidentes, excepto si la construcción de túnel no lo permite, o lo haga con costes desproporcionados; y en túneles unidireccionales con vigilancia permanente y sistema de cierre de los carriles, subrayando que en los existentes sin carril de emergencia ni pasarela de evacuación se tomarán medidas adicionales de seguridad. Sin embargo, ante la pregunta de si las pasarelas de emergencia son aceras, afirmó que no necesariamente, y que si un arcén derecho de 2,50 m de anchura era un carril de emergencia, en su opinión sí, poniendo como ejemplo el arcén del túnel de María de Molina, que es de 2 m, y funciona como carril de emergencia. Tras ello explicó las clases de salidas de emergencia, subrayando que no se construirán refugios que carezcan de salida a vías de evacuación separadas del túnel. ¿Dónde se

instalarán las salidas de emergencia? En todos los túneles cuando el análisis de extensión del humo y su velocidad de propagación demuestre que la ventilación y otras medidas de seguridad son insuficientes; en los túneles nuevos, cuando el volumen de tráfico sea mayor que 2 000 vehículos/carril, y en los túneles de más de 1 000 m, cuando el volumen de tráfico sea mayor que los mencionados 2 000 vehículos/carril, se evaluará la viabilidad y eficacia de crear nuevas salidas de emergencia. Tras ello presentó la distancia de estas salidas, según la Nota de Servicio de Ministerio de Fomento, que comparó con la Directiva de la UE, pasando a exponer los accesos de servicio de emergencia según la mencionada Directiva, así como la ubicación de los apartaderos, etc. Tras puntualizar que una salida de emergencia deber ser visible, recordable y bien señalizada, que no debe ser "un pasillo", y que deben diseñarse con amplitud y postes SOS, finalizó afirmando que la "imagen" del túnel debe ser clara, por lo que debe existir una buena guía visual. Además, que la iluminación no es una "feria", ya que debe atender a iluminar el túnel para el conductor. En todo caso, un túnel nunca debe ser un "agujero".

Sesión 4

"Factor humano. El usuario ante las normas y ante la catástrofe. Reacciones, necesidad de formación y de información".

D. Pedro Sauret, presentó **"El Análisis Modal de Seguridad Vial. Los accidentes de tráfico, las causas y sus consecuencias. Modelo dinámico y modelo analítico"**, afirmando que el objetivo de reducir el 50% de los muertos por accidentes de tráfico en 2010 requiere la necesidad de un modelo. El objetivo es disponer de un modelo para-



Sres. Sauret y López Laborda. En el centro Dña. María Vara.

metrizable para evaluar causas y efectos de los accidentes de tráfico, según su gravedad y periodicidad. Por ello, el AMFESV (Análisis Modal de Fallos y Efectos de la Seguridad Vial) es un modelo que permite visualizar y cuantificar las causas de los accidentes, para analizar y determinar acciones que permiten su disminución y sus consecuencias. Para ello establece un modelo dinámico que permite visualizar la evolución de los acontecimientos, y un modelo analítico que permite cuantificar y determinar acciones correctivas para minimizar riesgos de accidente. Tras su exposición y razonada justificación y posibilidades, concluyó que el AMFESV es un análisis resultado de un equipo multidisciplinar, un modelo de ponderación de combinaciones de causas más representativas de accidentes que permite evaluar e identificar las que tienen un mayor riesgo y establecer acciones correctoras para disminuir el número modal de riesgo. En definitiva es un modelo predictivo de accidentes.

Dña. María Vara Moral, de la Dirección General de Protección Civil y Emergencias, presentó **"El factor humano en la prevención y gestión de emergencias en túneles"** en la que concluyó que, para mejorar el factor humano en los usuarios, es necesario fomentar

pautas de conducta en emergencias a nivel escolar, mediante una cultura preventiva, e implantar una formación en prevención de riesgos en túneles en el currículo para la formación de conductores. Así mismo, realizar campañas de información periódicas a la población en diferentes medios de comunicación social. Además, buscar la adecuada selección del perfil profesional y realizar una formación en gestión de emergencias. También, implantar una política de seguridad en el servicio de explotación y motivar al personal para su participación en la política de seguridad. Igualmente, realizar una formación específica sobre los riesgos de emergencias en túneles, conocer los de su ámbito territorial y desarrollar ejercicios conjuntos con el servicio de explotación en ellos.

Finalizó el turno de intervenciones de esta sesión la de D. Juan R. López Laborda, de IDOM, quien presentó **"El diseño de túneles y su relación con el comportamiento humano ante una incidencia"**. En ella, y tras exponer con amplitud lo que sería un túnel bien equipado, consideró el comportamiento del usuario en situaciones conflictivas, que fueron recopiladas y estudiadas por el grupo de trabajo nº 3 del C5 de la AIPCR durante los años 2000 a 2003, con información procedente de Noruega,

Suiza, Francia y Alemania. En Suiza, tras los accidentes de 1999, un estudio concluyó que la mayor parte de los usuarios se quedaban en el vehículo, y que cuando intentaban dar media vuelta la situación se convertía en caótica y más peligrosa. Además, algunos conductores se quedaban observando las operaciones de extinción y evacuación sin ser conscientes del riesgo que asumían, al tiempo que un gran número de ellos desconocían las galerías de emergencia y de evacuación. Además, dejaron de hacer lo fundamental: alcanzar un punto seguro. Como consecuencia del accidente del Montblanc, a estas conclusiones se les sumaron otras circunstancias, como la falta de verificación de la temperatura del motor de los VP y la de mantener la distancia de seguridad, la necesaria mejora de la señalización y, en el caso de incendio, abandonar el vehículo y dirigirse en los primeros 10-15 minutos hacia un punto seguro. Todo esto demostró el grado de desconocimiento del usuario del entorno de túnel y la importancia de contar de antemano con la suficiente información como para reaccionar ante una incidencia de una forma más ordenada y predecible. Posteriormente presentó unos ejemplos de la conducta que se debe seguir en caso de situaciones de emergencia (C5 de la AIPCR), pasando a exponer el modelo de simulación utilizado por IDOM –el Programa Taylor– utilizado para dos proyectos: el de evacuación de la línea 9 del Metro de Barcelona y el proyecto básico del Nuevo Complejo Ferroviario de Atocha con el objeto de dimensionar la futura terminal de salidas. Tras ello presentó la adaptación a la nueva directiva de un túnel transfronterizo aplicando el programa indicado en diferentes escenarios y estudiando diferentes alternativas de distancias entre galerías de evacuación con determinación del tiempo de evacuación (de respuesta del usuario,

caminando hasta la galería de seguridad, de espera en la entrada del refugio, de espera en refugio y de camino a la galería de evacuación).

Para el ponente, el fruto de las experiencias habidas, la aplicación de las diferentes normativas y estudios, la utilización de las aplicaciones ITS, las mejoras de la comunicación con el usuario y de la resistencia de los elementos contra el fuego, unidos al adecuado análisis de riesgos, producirán una mejora de la gestión que deben complementarse con una serie de actuaciones programadas referidas al usuario. Todo ello dará lugar al túnel excelente.

Sesión 5

“Cuáles son y cómo se organizan las medidas de seguridad en un túnel en explotación? Lecciones de la experiencia y necesidades de futuro”.

D. Juan Almirall i Bellido, de Tabasa, Túnel del Cadí, propuso el tema ***“Experiencias de la explotación en los túneles de Vallvidrera”*** informando que, sobre el problema principal, incendio, si es serio, sólo se puede actuar eficazmente en los primeros 10 minutos y subrayando que la eficiencia en la gestión se centra en tres aspectos: los planes y procedimientos internos, los medios materiales y humanos y la coordinación con los medios externos. Para ello, se debe analizar los riesgos y las acciones, tener claro el concepto de incidencia, distinguir los tipos de incidentes y accidentes, asegurar que el plan sea aplicable y que se aplicará, tener en cuenta los aspectos internos del Plan de emergencia y adecuar la gestión del mantenimiento. Dentro de los medios materiales y humanos, subrayó que la preparación, motivación y presencia oportuna del personal son imprescindibles con una formación adecuada y continuada en los procedimientos, una motivación basa-

da en una participación en el proceso, la realización de simulacros, cuidar la disposición sobre el terreno, asegurar las comunicaciones y una adecuada especialización. Sin embargo, subrayó que los mejores equipos de seguridad son inútiles si no funcionan bien, y que el personal adecuado debe intervenir rápidamente. Entre los medios materiales destacó los recién llegados: DAI, *sprinklers* de nebulización, altavoces, mensajes de radio, barreras de cierre del túnel; y que se han retirado los detectores lineales de temperatura. En cuanto a la coordinación con los medios externos: hacer un plan de emergencia realizable, probarlo y dedicar tiempo a implantarlo, dar a conocer la instalación a bomberos y policía, hacer simulacros generales regularmente, pensar en los equipos especiales (vehículos de salvamento/extinción y BIE,s con mangueras semirrígidas). Finalizó con la exposición del número total y tasa de incidentes en el túnel de Vallvidrera, los medios de detección de incidentes actuales en el túnel y sus causas.

“El Túnel de Somport” de D. Ángel Hernando del Cura, del Ministerio de Fomento, expuso las medidas de seguridad y descripción de este túnel, así como la organización de su explotación, sacando una serie de lecciones fruto de la experiencia. En cuanto a la intensidad de tráfico, hasta la fecha es escasa y dista notablemente de alcanzar las previsiones, circunstancia que se achaca al enorme retraso de la Administración francesa en las obras de acondicionamiento de la N-134, de acceso al túnel. Por el lado español está en fase de proyecto la autovía A-22, Huesca-Jaca-Pamplona, que producirá un elevado crecimiento del tráfico. En cuanto a incidencias, se registran unas 190 al mes; pero puede concluirse que, hasta ahora, no ha habido ninguna incidencia que haya supuesto riesgo grave para el usuario, el personal o sus instalaciones. Todo ello debido al

avanzado sistema de seguridad de túnel y la eficaz gestión de la explotación con personal bien formado y medios materiales adecuados. También apuntó que se implantarán medidas complementarias de seguridad como un registrador automático de infracciones y un grabador digital de vídeo. Así mismo, aclaró que el túnel de Somport cumple con todas las exigencias de la Directiva 2004/54/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, y no precisa de obras o instalaciones de adaptación a ella.

"El Túnel de Malmásin", de D. José M^a Aguirre Iriarte, de la **Diputación Foral de Bizkaia**, analizó en primer lugar la seguridad como criterio central de servicio y definiendo los potenciales de la seguridad: usuarios bien informados, vehículos controlados, diseño seguro de las infraestructuras y explotación planificada. Posteriormente informó de las características generales del citado túnel, inaugurado en 1975 (Autopista del Cantábrico A-8) y transferido a la Diputación en 1985, así como de una cronología de sus hitos principales, especialmente las renovaciones efectuadas, las cuales describió. A continuación, se centró en el Manual de explotación y operación, en el que destacó que el operador precisa de una herramienta de ayuda para las situaciones ordinarias, extraordinarias normales y excepcionales, así como una formación continua que elimine hábitos perjudiciales, mejore la comprensión del sistema ITS y complete un adiestramiento frente a situaciones excepcionales, en una perfecta coordinación con el resto de agentes que intervienen en la emergencia.

Entre sus conclusiones, destacó que las medidas de seguridad son función de las características del tráfico; que, a mayor potencial de riesgo, mayores medidas de seguridad; que los operadores precisan formación continua; y que es necesario un manual de explotación actualizado y automatizado que garantice



Ponentes de la sesión 5, presidida por el Sr. Almirall.

una respuesta rápida y eficaz.

D. César García Puente, de Tekia Consultores, expuso **"Comparación de lecciones aprendidas de la experiencia en varios túneles"**. Tras explicar la visión del proyectista y los dos aspectos esenciales en la explotación de túneles (seguridad y costes), se detuvo en el proyecto RED, destacando su objetivo, que es sistematizar la recogida de información sobre los incidentes en el mayor número posible de explotaciones para alimentar una base de conocimiento que mejore las explotaciones en servicio y la de los futuros proyectos.

En sus conclusiones subrayó que el retorno de la experiencia es esencial para la mejora de nuestros túneles; y que el análisis conjunto de los datos de distintas explotaciones es un valor añadido para todos, porque, para las explotaciones en servicio, permitirá contrastar los niveles de seguridad, identificando posibles medidas de mejora, así como los costes de explotación, identificando posibles ineficiencias. Además, para los proyectistas, les servirá para diseñar medidas de seguridad más adecuadas a la problemática (instalaciones, infraestructuras, recursos humanos y materiales y procedimiento). También para contrastar la eficacia de las medidas y procedimientos diseñados y

perfeccionar la ingeniería de los análisis cuantitativos de riesgos.

"Explotación de los intercambiadores de transporte subterráneos de Moncloa y Avenida de América", de D. Javier Aldecoa Martínez-Conde, del Consorcio Regional de Transportes de Madrid, comenzó con la definición de intercambiador, explicando el caso de la movilidad en la Comunidad de Madrid y los intercambiadores instalados en Madrid capital. Posteriormente explicó que los 4 pilares de un Intercambiador son: Transbordos, Seguridad, Información y Gestión y Explotación. Tras ello explicó los criterios de diseño que se han utilizado y utilizarán en el diseño de un intercambiador: primeras actuaciones que se concretaron en acondicionar el espacio en superficie, en línea con los que ya tenían los autobuses urbanos y en la que no existe gestión global (Aluche, 1985); el segundo paso (Plaza de Castilla, 1992) en el que se construyó una terminal de autobuses en superficie, existiendo gestión únicamente para los locales; un tercer tipo (Moncloa, 1995), que surgió de una apuesta mayor que fue la de construir estaciones de autobuses subterráneas por falta de espacio en superficie, y que actualmente gestiona Metro de Madrid; uno de cuarta generación (Avda. de América,

2000), al que se le dota de un túnel de acceso directo y se construye con financiación privada por el sistema de concesión pública; y, finalmente, una última generación (2007), que se basa en la gestión total y en condiciones de confort extremas.

Tras describir el funcionamiento, la financiación, gestión, explotación y resultados económicos de los actuales intercambiadores, presentó el Plan de Intercambiadores de nueva generación (2003-2007), fruto de un acuerdo entre la Comunidad y Ayuntamiento de Madrid junto al Consorcio Regional de Transportes, que supondrá la construcción de 6 nuevos intercambiadores; y que supondrá una mejora notable de las condiciones de los usuarios, accesos mediante túneles y financiación privada mediante concurso público de construcción y explotación. Además, una mayor calidad ambiental, aire acondicionado en las zonas de estancia y reducción de los tiempos de viaje mediante túneles y mejoras en los transbordos, control mediante estación remota de la emisión de gases, ruidos, etc., así como del confort y de la gestión del tráfico.

Conclusiones

A continuación, D. Francisco Palazón y D. Juan P. Aguilar presentaron las conclusiones de las jornadas que, a continuación, se exponen:

Sobre el proyecto de seguridad

El proyecto de los túneles se realiza cada vez más frecuentemente con un "diseño seguro" y de alta calidad, que integra todas las medidas de seguridad (obra civil, infraestructuras auxiliares, instalaciones, explotación). Así lo atestiguan los casos expuestos de Vielha y Calle 30.

Sin embargo, las especiales características de este último proyecto, con alta densidad de túneles en el viario que se construirá y una IMD

del orden de 200 000 vehículos/día, pueden ocasionar la aparición de nuevos problemas de explotación, que obligan a pensar en nuevas soluciones.

La explotación, en lo que se refiere a medida de seguridad, requiere de un proyecto que no es llevado aún a sus últimas consecuencias. Todavía subsiste, por ejemplo, una total divergencia entre la respuesta a incidentes proyectada en el Manual de Explotación y la programada en el Sistema de Gestión Centralizada.

**Cada operador
denomina
incidentes
o incidencias
a eventos
diferentes, de
forma que los
datos de que
disponen unos
y otros no son
comparables**

Sobre normativa

El hecho relevante que se aborda en las Jornadas es la aprobación en abril pasado de la Directiva Comunitaria de Seguridad en Túneles, que abre una nueva etapa en la construcción y explotación de túneles.

Hasta la fecha, la IOS-98 y, en términos de seguridad, las leyes de Protección Civil determinaban la ingeniería de explotación, desarrollando a partir de aquí el Ministerio de Fomento un Manual de Explotación tipo, cuyo formato viene exigiéndose en la red de carreteras de competencia del Ministerio.

A partir de ahora, se abre un plazo para transponer y aplicar la Directiva, que ha servido de referencia ya a los trabajos de la Diputación Foral de Bizkaia para la elaboración de un borrador de Norma Foral de Seguridad en Túneles. La Diputación Foral no prevé impacto en sus túneles por la aplicación de la norma comunitaria, dado que el trabajo de adaptación de sus túneles lo hizo en años anteriores.

Por el contrario, el Ministerio de Fomento ha calculado el coste de cumplimiento de la Directiva en los túneles de su competencia (que no es muy elevado, si se considera la cantidad de túneles en la red de alta capacidad), estimándose en algo menos de 200 millones de euros.

La Directiva contempla la posibilidad de que a algunos túneles no se les dote necesariamente de las medidas físicas de seguridad recogidas en la misma (Anexo 1), si un análisis cuantitativo de riesgos justifica que las medidas proyectadas son suficientes. Dado que no existen procedimientos normalizados de análisis de riesgos, esto plantea posibilidades extraordinarias de excepción a la norma.

Sobre la gestión de riesgos

Con un enfoque multidisciplinar se aborda esta problemática, relativamente nueva en túneles, por diversos agentes tales como titulares de carreteras, explotadores, Protección Civil, empresas de seguros e ingenierías que gestionan el riesgo a través del proyecto de obra civil e instalaciones.

Se tratan en la sesión los riesgos de forma general, e igualmente se tratan riesgos específicos, como el de mercancías peligrosas, importante en túneles, pero no exclusivo de los mismos. Se hace ver que la problemática real de las mercancías peligrosas es poco conocida por los gestores de túneles, y en general por la sociedad técnica.

La mesa redonda, al reunir enfoques muy diferentes del riesgo, resultó muy concurrida, chocando las visiones de unos y otros.

Se concluye que es necesaria una coordinación entre fuerzas de autoprotección de los túneles y fuerzas públicas de emergencia. Se hace necesario avanzar en la información del riesgo, a pesar de que ello pueda ir en detrimento de la utilización del servicio en el que se detecta el riesgo objeto de información pública. El análisis cualitativo y/o cuantitativo de los riesgos debe recorrer todavía un camino largo hasta su aplicación frecuente, buscándose homogeneizar procedimientos y profundizar en la gestión de los citados riesgos.

Sobre el factor humano

El RACC presentó en las Jornadas un modelo multidisciplinar, que permite categorizar los riesgos de accidente de tráfico atendiendo a la diversidad de todas sus causas.

Aquí hemos aprendido que el factor humano en los túneles es una acción positiva del ser humano, no cualquier interrelación entre este viario y las personas. Se concluye que todavía se ha de avanzar mucho en esa dirección. Con énfasis, Protección Civil afirma que los medios debían dar información sobre los riesgos en un túnel, además de que es necesario mejorar la formación de toda la sociedad en la seguridad en túneles, tanto a nivel escolar como en la formación de los conductores, y particularmente de la del personal de emergencias.

Se avanza hacia el túnel excelente en cuanto a seguridad, no estando tan cerca el conocimiento de las medidas de seguridad por los usuarios. La simulación puede ser una herramienta apreciable para proyectar la evacuación.

Sobre lecciones sobre la experiencia

Se recorre aquí la rica experiencia de algunos túneles (TABASA,



Debate posterior a la exposición de las ponencias de la sesión 5. A la derecha, los Sres. Aguilar y Palazón, quienes expusieron las conclusiones.

MALMASÍN), contraponiéndola con la de otros que han entrado recientemente en explotación.

Los Túneles de TABASA, en explotación desde 1992, han ido mejorando continuamente su explotación, reduciendo sus tasas de incidentes y mejorando continuamente los tiempos de respuesta ante la presencia de un riesgo. En el caso de un fuego, se fija como necesaria una respuesta que garantice que en los 10 primeros minutos se ha evacuado al personal. Zona de incidencia es un concepto que asigna niveles de riesgo a escenarios del túnel.

MALMASÍN presenta el tetrápodo de seguridad como estrategia llevada a la práctica. En sus 30 años de servicio, los 35 000 vehículos/día que soporta actualmente el túnel venían ocasionando múltiples siniestros, hasta que se tomaron medidas de mejora de la seguridad, no existiendo víctimas en los últimos años. Se han llevado a la práctica nuevos conceptos, como la interdistancia dinámica que permite que la distancia de seguridad exigible se calcule en función de la velocidad e intensidad medidas.

En el caso del Túnel de SOMPORT, la experiencia nos habla de muy pocos incidentes, a los que se responde frecuentemente con el cie-

rrer del túnel; con la curiosidad de que el mayor incidente que tuvieron que enfrentar fue un incendio en el pueblo de Canfranc, al que hubo de prestarse auxilio con los medios de extinción del túnel, que hubo de cerrarse entonces ante la ausencia de dichos medios de extinción, produciendo ello un cierto debate.

Se pone de manifiesto, y ello da sentido al proyecto RED presentado, que cada operador denomina incidentes o incidencias a eventos diferentes, de forma que los datos de que disponen unos y otros no son comparables; echándose de menos la existencia de una base de datos normalizada de incidentes y siniestros con la que almacenar información y luego compararla.

Terminó la sesión con una aproximación a la obra subterránea asociada a los intercambiadores de transporte que se están construyendo en Madrid, constituida por el propio intercambiador y por los túneles de acceso que utilizan los autobuses; se vio que dicha obra no encuentra cobijo en la IOS-98 o en la Directiva Comunitaria; y, sin embargo, enfrenta un riesgo elevado por la mucha gente que alberga el intercambiador y los bastantes viajeros que transitan los túneles de accesos, aun con una IMD baja. ■