

V Simposio de Túneles

“Seguridad para los túneles del siglo XXI”



En la foto superior y en la inferior de la izquierda, autoridades que presidieron el acto inaugural del Simposio. De izquierda a derecha, D. José Polimón, D. Ibón Areso, D. José Luis Bilbao, D. Aureliano López Heredia y D. Rafael López Guarga. En la foto inferior de la derecha, el “Aurresku” con el que se recibieron a autoridades y asistentes al Simposio.

Durante los días 24 al 26 de febrero de 2010 y en el *Euskalduna Jauregiá* de la ciudad de Bilbao, tuvo lugar la celebración de este V Simposio organizado por la ATC, con el patrocinio del Ministerio de Fomento y la Diputación Foral de Bizkaia, y la colaboración del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, AETOS y AUSIGETI.

El simposio contó con la participación de más de 740 asistentes y 29 stands y en el que se presentaron más de 60 ponencias y comunicaciones, además de una visita técnica a las importantes obras de la Variante Sur Metropolitana de Bilbao.

Miércoles, 24 de febrero

SESIÓN INAUGURAL.

El acto fue presidido por el *Diputado General de Bizkaia*, **D. José Luis Bilbao**, acompañado por **D. José Polimón**, *Vicepresidente de la ATC*; **D. Ibón Areso**, *Teniente de Alcalde de la ciudad de Bilbao*; **D. Aureliano López Heredia**, *Director General de Carreteras del Ministerio de Fomento*; y **D. Rafael López Guarga**, *Jefe de la Demarcación de Carreteras del Estado en Aragón del Ministerio de Fomento y Director Técnico del Simposio*.

Tras este acto se procedió a la inau-

guración de la Exposición Técnica.

PRIMERA SESIÓN: “La Seguridad. Distintos puntos de vista para abordarla”.

La sesión comenzó con la presentación de la ponencia **“El Comité de túneles y la evolución técnica de la concepción del túnel”**, por **D. Rafael López Guarga**. En su intervención, el ponente hizo un repaso de los principales temas abordados en los cuatro simposios anteriores, así como de sus conclusiones más importantes, dando una visión de cómo había evolucionado en el tiempo la concepción técnica de un túnel, fundamentalmente en lo que a la seguridad se refiere,

y cómo habían influido en ello los accidentes en los túneles alpinos acontecidos en 1999 y en 2001, así como la promulgación de la Directiva Europea 2004/56/CE sobre requisitos mínimos de seguridad en los túneles de la red transeuropea, y, en el caso de España, en su transposición mediante el R.D. 635/2006, de 26 de mayo.

El Sr. López Guarga hizo interesantes referencias a temas relacionados con la prevención de riesgos, mejora de la sensibilidad y fiabilidad de los equipos, nuevas tecnologías de comunicaciones, armonización de criterios sobre requisitos mínimos, estabilidad de las estructuras frente al fuego, infraestructuras para la evacuación y auxilio, técnicas de información al usuario y necesidad de coordinación entre los diferentes servicios intervinientes en los planes de intervención y evacuación en emergencias.



Primera sesión. De izquierda a derecha, Sres. Schmitz, López Guarga, Sra. Comejo y Sres. Alarcón y Romana.

En cuanto a la ventilación, constató los grandes avances que se han logrado en los cálculos de los diferentes sistemas, señalando que ya en 1993 se habían realizado los ensayos del *Memorial Tunnel* de Charleston, Virginia,

mediante el desarrollo de distintas configuraciones de ventilación "tipo" y, en Europa se había comenzado con el proyecto EUREKA 499 con la determinación de las curvas de incendio. Hasta entonces, la caracterización del fuego se basaba únicamente en la potencia calorífica liberada (MW).

Finalmente, y después de haber hecho referencia a la problemática de los modelos de análisis de riesgo y de la conveniencia o no de la implantación de sistemas de diluvio y sistemas fijos de extinción, el ponente abordó la problemática de los "Túneles en servicio". La Disposición Transitoria Tercera del R.D. 635/2006 establece la obligatoriedad de que la Autoridad Administrativa realice una Inspección de todos los túneles existentes, ya realizada en el caso de los de la Red de Carreteras del Estado, y, si fuese necesario, en que por parte del Gestor se establezca un Plan de adaptación, aprobando las medidas correctoras o modificaciones que se precisen para el cumplimiento de las condiciones establecidas en el Real Decreto, fijándose como plazo el 30 de abril de 2014, extensible, según los casos, hasta el año 2019. El Plan de Adecuación afecta principalmente a las salidas de emergencia, al sistema de ventilación y detección y extinción de incendios, a la adecuación de la estructura y drenaje, al alumbrado (normal, de emergencia, etc.), a

Inauguración de la exposición



Tras la sesión inaugural del Simposio, los componentes de la mesa presidencial procedieron a la inauguración oficial de la exposición, deteniéndose y cambiando impresiones en cada uno de los 29 stands que se montaron al efecto.

las instalaciones de control y a la señalización (vertical, horizontal, de emergencia y semáforos).

Posteriormente, tomó la palabra **D. Enrique Alarcón**, Académico de la Real Academia de la Ingeniería y Catedrático de la Universidad Politécnica de Madrid, para presentar la ponencia **“Análisis probabilista de riesgo en túneles. La Directiva Europea”**, de la que es autor, junto a **D. Ignacio del Rey**, del Centro de Modelado en Ingeniería Mecánica, y cuyo resumen no incluimos ya que se reproduce en su integridad en nuestra sección “Rutas Técnicas” de este mismo número.

“El Manual de Túneles” fue presentado por **M. Pierre Schmitz**, del Ministerio de la Región de Bruselas Capital y Presidente del Comité C4, AIPCR.

En su intervención informó que en 1957 se creó el “Comité técnico de Túneles de Carretera” de la AIPCR –que desde 1996 se llama “Comité Técnico



Sres. Mijangos, Llamas y Ballvé que formaron la primera de las mesas de la Sesión II, en la sala 1.

de “Manual AIPCR de los Túneles de carretera”, recogerá esencialmente los contenidos de los 34 informes técnicos redactados por el Comité entre los años 1995 y 2011, la veintena de los artículos más recientes sobre túneles publi-

de textos guía con referencias a vínculos a dichos documentos.

El Manual, que está actualmente en fase de redacción, está previsto darlo a conocer en el XXIV Congreso Mundial de Carreteras de México.

“El agua en la construcción y explotación de túneles de comunicación”, fue el título de la presentación de **D. Manuel Romana Ruiz**, Catedrático Emérito de la Universidad Politécnica de Valencia y Presidente de STMR, Servicios Técnicos de Mecánica de Rocas, quien repasó los problemas causados por las filtraciones de agua en la explotación de túneles y obras subterráneas, muchos de los cuales se derivan de defectos u omisiones de proyecto. También clasificó los túneles y obras subterráneas en función de su posición respecto al nivel freático (general o estacional) que condiciona las filtraciones, y diferenciándolos de los túneles urbanos que tienen una casuística propia. Posteriormente, analizó la problemática del drenaje de los túneles, de acuerdo con la clasificación anteriormente mencionada, y presentó varios ejemplos concretos de problemas debidos a la entrada de agua en los túneles.

Finalizó su intervención comentando algunos problemas de expansividad de terrenos.

SEGUNDA SESIÓN. “Los nuevos túneles. Modernización y gestión”.

SALA 1: “Modernización de los túneles y adaptación a la Normativa”

“Los túneles del siglo XXI. El po-



Los almuerzos de trabajo se celebraron en el mismo Palacio de Congresos.

de Explotación de Túneles de Carretera”– y que ha participado en 14 Congresos Mundiales de la Carretera.

Este Comité también ha participado en el proyecto de investigación ERS2, llevado a cabo de forma conjunta por la OCDE y la AIPCR, en relación con el transporte de mercancías peligrosas a través de los túneles de carretera, y principalmente, sobre el modelo cuantitativo de evaluación de riesgos (Modelo QRAM) desarrollado en el marco de este proyecto ERS2.

La enciclopedia electrónica, llamada

cados en la revista *Routes/Roads* y los documentos sobre el Modelo QRAM. Incluye también vínculos con varias páginas de utilidad.

Este Manual ha sido concebido para su constante actualización con el fin de permitir el seguimiento de las técnicas empleadas desde la fase de proyecto hasta la explotación. En esta primera versión, los miembros del Comité C4 (2008-2011) se han centrado principalmente en la definición de la estructura del Manual y la inclusión de los documentos más interesantes mediante la redacción

yecto **OASIS**", de **D. Jorge Mijangos Linaza**, Asesor Técnico de OHL y OASIS, nos acercó un poco más al proyecto OASIS (Operación, Autopistas, Seguras, Inteligentes, Sostenibles), que cuenta con la colaboración del Ministerio de Industria a través del CDTI, y que tiene por objeto la definición de la Autopista del Futuro, en todo aquello que se refiere a su Operación, de modo que está presente en los diversos niveles diferenciales de seguridad, servicio al usuario y sostenibilidad, y que se involucra en todas las fases del ciclo de vida de la autopista, especialmente en la de explotación, la más extensa en el tiempo. Tras informar sobre quiénes son los socios y colaboradores del proyecto, explicó lo que se entiende por huella energética de una autopista: la suma algebraica de los consumos e insumos que distintas alternativas de una autopista pueden producirse en todas las fases de vida útil. Tras ello, se detuvo en la planificación dinámica de la movilidad y, especialmente, en el tema del ahorro energético, la utilización de parálumenes, la aplicación de energías renovables y la utilización de la tecnología LED para la iluminación de un túnel. La sensorización de la infraestructura y sus indicadores (de servicio y del estado de la infraestructura) y la nueva Arquitectura de la comunicación en los ITS de carreteras completaron su exposición.

"EUROTAP diez años auditando túneles", fue la ponencia presentada por **D. Albert Ballbé Ortí** y **D. Xavier Abadía Pérez**, del Real Automóvil Club de Cataluña (RACC), en la que se afirmó que las estadísticas dicen que cruzar un túnel es más seguro que muchas carreteras, pero en los que los accidentes que en ellos se producen tienen grandes consecuencias y un mayor impacto mediático. Tras 10 años de auditorías en túneles, el RACC considera que EuroTAP ha consitado una iniciativa muy acertada para la mejora y el incremento de la seguridad en los túneles. Además, se ha conseguido su mejora y poner en la agenda política este tema, lo que ha traído consigo grandes beneficios. También afirmó que se ha notado la implantación de la Directiva Europea y que los resultados han sido mejores.



Mesa que presidió la II Sesión en la sala 2. De izquierda a derecha, Sra. Vara y Sres. Dueñas y Busatto.

Los clubs de automóviles y el RACC, entre ellos, creen en la labor social desarrollada en programas como éste, donde la sociedad participa de los procesos de seguimiento y control.

Para el ponente, casos de túneles como Rovira, San Juan o Vielha muestran la capacidad de conseguir resultados en nuestro país, y la necesaria función participativa de los organismos sociales en la vigilancia de las infraestructuras dedicadas a la movilidad.

A continuación se presentaron un total de 10 comunicaciones libres que reflejaron diversas actuaciones llevadas a cabo en tuneles como los de Lorca, Bielsa-Aragouet, los de la AP-1 y AP-8, Rañadoiro, Pont Pla, Bracons y Barcelona, así como diversos estudios relativos al comportamiento del pavimento en túneles frente al fuego, o la adecuación de los túneles de Guadarrama al R.D. 635/2006.

SALA 2. Operación, explotación y emergencias

En **"Los simulacros y la formación del personal de emergencias en túneles"**, de **Dña. María Vara Moral**, de la Escuela Nacional de Protección Civil (Ministerio del Interior), se defendió que es necesario establecer un sistema de formación oficial para el personal de explotación y para los servicios de emergencia en los túneles, que permita adquirir las competencias necesarias para la actuación frente a emergencias en los túneles. Así mismo, deberá integrarse, tanto en la formación inicial oficial (Tí-

tulos de Formación Profesional y Grados) para explotadores y servicios de emergencia como en la formación continua a las organizaciones implicadas en la seguridad de cada túnel.

Igualmente, es imprescindible realizar simulacros con la participación de todos los agentes y niveles implicados e incorporar las lecciones aprendidas tanto de los simulacros como de los incidentes que se produzcan al sistema de seguridad de cada túnel, como fuente de conocimiento para mejorar la gestión de las emergencias.

En los **"Estudios de evacuación y circulación de personas en grandes infraestructuras públicas, a través del uso de herramientas de simulación"**, **D. Marco Busatto**, de IDOM, Ingeniería y Consultoría, S.A., se presentaron unos modelos que permiten determinar la eficiencia de los medios de evacuación, analizar de manera estocástica las variables del modelo tales como tiempo de evacuación, flujo en puntos de salida, niveles de intoxicación, afección del calor por persona, número de muertes y de personas que salen del edificio, etc. Así mismo, los modelos analizan aspectos de diseño como: rutas de evacuación, efecto de las señales de salida, densidad en las áreas, niveles de experiencia de los ocupantes, etc.

También es capaz de simular y analizar el movimiento y comportamiento de personas en la evacuación de edificios y grandes infraestructuras públicas, tomando en cuenta el efecto de las con-

diciones medio ambientales de un incendio, tales como gases tóxicos, humo y temperatura (simulación CFD). El *software* utilizado es el *BuildingE-xodus* complementado por Enterprise Dynamics para estudios de evaluación. Este *software* ha sido desarrollado por el grupo de trabajo de la Universidad de Greenwich y elegido por Idom como el referente a nivel mundial en cuanto a teoría de la evacuación.

Posteriormente se presentaron 10 comunicaciones libres sobre temas como la aplicación de simuladores de escenarios, planes de autoprotección, proyectos de gestión, coordinación en actuaciones de emergencia, planes conjuntos internacionales como el del Túnel de Somport, nuevas tecnologías, etc.

SALA 3: “Análisis de riesgo y nuevas tecnologías y materiales para la seguridad”

D. Juan Manuel Erauso Eizaguirre, de la *Diputación Foral de Gipuzkoa*, en su ponencia “**Aplicación de nuevas tecnologías en sustitución de obras de infraestructura**”, informó que, tras la aprobación de la Directiva Europea y posteriores transposiciones, con el R.D. 635/2006 o el Decreto Foral 135/2006 se cuenta con una normativa que permite el diseño de túneles más seguros. No obstante, hay un gran número de ellos, de diferentes tipos y singularidades, anteriores a estas normas cuya adaptación tiene un coste exagerado. Tras comparar y exponer algunos ejemplos y analizar algunos elementos como



Mesa que presidió la sala, 3 de la Sesión II. De derecha a izquierda, Sres. Del Rey, Sánchez Rey y Erauso.

aceras y apartaderos, drenaje de vertidos, galerías de evacuación, etc., el ponente afirmó que, para los túneles nuevos, no hay mucha discusión: hay que cumplir la norma. Sin embargo, para los túneles antiguos, la norma no puede ser tan estricta y debe ser más flexible.

El Sr. Erauso subrayó que los equipamientos, que denominó de “tecnología superior” puestos al “nivel de consumo”, proporcionan unas mejoras notables de seguridad con un bajo costo que se deben tener en cuenta, como, por ejemplo, disponer de un Centro de Control multitúnel, ya que gestionar un túnel o un grupo de ellos no cuesta más y se puede hacer muy eficazmente, poniendo como ejemplo de lo antedicho a los túneles de Vic.

Tampoco quiso finalizar sin afirmar que todo ello no vale gran cosa si no

se dispone de unos operadores perfectamente formados y entrenados para conseguir actuaciones más rápidas y eficaces que garanticen la seguridad; y que, además, esté dotados de las herramientas adecuadas (programas informáticos diseñados y elaborados *ad hoc*, considerando cada túnel y su entorno).

A continuación y con la ponencia “**Los nuevos retos en la seguridad frente a incendio**”, **D. Ignacio del Rey Llorente**, de CEMIM (*Centro de Modelado de Ingeniería Mecánica*); Animador del WG6 y Secretario hispanohablante del Comité C4 de la PIARC, subrayó que la entrada en vigor del Real Decreto 635/2006 ha supuesto una referencia fundamental para Administración, proyectistas, explotadores y servicios de emergencia. Así mismo que la normativa originaria de la Directiva Europea recoge la experiencia adquirida en los últimos años en importantes proyectos europeos dedicados a la seguridad frente a incendio en túneles.

Sin embargo, la aplicación de los resultados obtenidos y la verificación de la idoneidad de las soluciones siguen requiriendo su adaptación al esquema tradicional: redacción de proyecto - ejecución - explotación.

Más adelante repasó, por una parte, aquellos aspectos teóricamente resueltos, pero en los que los autores creen preciso incidir por su repercusión en la seguridad frente al incendio; y en otros que, por su controversia o novedad, se han definido como nuevos retos.



Actuación del coro Bihotz Alai.

Aspectos como la correcta interpretación y definición del incendio de proyecto y la implementación adecuada de sistemas para el control de la ventilación se consideran elementos claves en los próximos años.

Tras esta intervención, comenzó la exposición de las 10 comunicaciones previstas para esta sala, que trataron temas tan diversos como la reacción de las mezclas bituminosas ante el fuego, sistemas de extinción, metodologías para el análisis de riesgo, sistemas de detección y extinción en túneles, desarrollo de hidrantes, seguridad funcional e información variable en túneles, etc.

El día finalizó con un concierto en el mismo auditorio y la cena oficial del Congreso, que se llevó a cabo en la Sociedad Bilbaína y en el hotel Carlton.

Jueves, 25 de febrero

TERCERA SESIÓN: "La Seguridad en los túneles. Una visión en la experiencia"

"La carga mental en los túneles: Consecuencias en la conducción y posibles soluciones. Resultados de una encuesta. Aportaciones para la reducción de riesgos", fue presentada por **D. Ricardo Blasco Ruiz**, de la Universidad de Barcelona (autor de la misma junto a **D. José M. Cornejo**, también de la Universidad de Barcelona, y **Dña. Sonia Ferri Anglada**, de CIEMAT), quien, entre otras cosas, presentó una serie de sugerencias, tal vez drásticas y osadas, de modificación del escenario de un túnel, sin entrar en posibles dificultades técnicas para su realización, intentando transformar un espacio cerrado que genera sobrecarga mental y ciertos niveles de angustia indeseables para la seguridad. El ponente señaló la necesidad de considerar muy seriamente los estados emocionales en las emergencias como graves limitadores de la capacidad de razonamiento y toma de decisiones de los usuarios, y sus repercusiones sobre el diseño de diversos elementos de socorro. También hizo lo mismo con algunas matizaciones de la normativa, destacando la necesidad de la mejora en la formación del usuario.

A continuación intervino **D. Ángel J.**

Cocktail y cena de inauguración del congreso



Las imágenes corresponden a la cena celebrada en la Sociedad Bilbaína.

Muñoz Suárez, de la Dirección General de Tráfico, con la ponencia "**Hacia una recopilación de las condiciones, características y prestaciones de la señalización en túneles**". En ella, defendió que la señalización variable debe cumplir las normas europeas (actualmente, la EN 12966, partes 1, 2 y 3 y las modificaciones, si las hubiere), y la norma española emanante del Subcomité 05 del Comité 199 de AENOR (Equipamiento para la gestión del tráfico) y debe disponerse, conforme a los criterios de emplazamiento, con las dimensiones, prestaciones y características que hagan que su visibilidad y legibilidad sea la más adecuada. La señalización variable –prosiguió– se encuentra entre las dotaciones de las instalaciones y equipamiento para la gestión de los túneles y es, por tanto, una necesidad de indudable utilidad y de imprescindible aplicación que debe ser ampliada a todo tipo de túnel, independientemente de su intensidad viaria, longitud o localización. Además, en los accesos a los túneles, se deben cum-

plir los mismos condicionantes que la señalización variable situada sobre una infraestructura viaria cualquiera.

Finalmente, consideró que, en esta materia, se debería llevar a cabo una modificación del Real Decreto 635/2006.

Más adelante, intervino **D. Ignacio García-Arango Cienfuegos-Jovellanos**, del Ministerio de Fomento, autor, junto a **D. M.A. Abella** y **D. Fernando Hacar**, de la ponencia "**Diseño de túneles y problemática de la seguridad en la explotación: Visión desde la perspectiva de la normativa**". En ella se dio una visión basada en la experiencia de más de 10 años explotando túneles de diversa tipología, y se subrayó que, actualmente, se dispone de una normativa, que regula las instalaciones mínimas de seguridad en los túneles de carretera, que era una necesidad absoluta.

No obstante, se debería profundizar aún más en el desarrollo y regulación de los elementos que la componen (tanto desde el aspecto de "homologación", entendiendo por tal la disposición de los



Mesa de la III Sesión. De izquierda a derecha, Sres. Blasco, Muñoz, Belda y García-Arango.

A continuación, se presentó la **“Experiencia del Organismo de Inspección de Túneles de Bizkaia”**, de **D. Javier José Cobeaga Zarinaga**, de la *Diputación Foral de Bizkaia*; y de **D. Javier Martínez Plumé**, del *Organismo de Inspección de Túneles de Bizkaia (OITB)*, en la que se destacó que la Directiva Europea 2004/54/CE, el R. D. 635/2006 y los Decretos Forales 135/2006 y 134/2008 han supuesto un cambio cualitativo muy importante para conseguir unos túneles más seguros y un cambio organizativo en la metodología de trabajo que van a dar mayor importancia a la seguridad.

La creación de los decretos forales y del OITB han supuesto un reto importante, pero ha valido la pena, ya que se está consiguiendo cambiar la inercia existente y se están incluyendo, en los planes de obra y en los presupuestos de los túneles en construcción, periodos amplios para la realización de pruebas, se está contemplando la realización de simulacros y se disponen de partidas económicas para su realización.

La puesta en marcha del OITB ha sig-

elementos y sistemas de mercado, no de marcas propietarias, más adecuados al entorno del túnel), como de su diseño, teniendo en cuenta que la tecnología avanza a velocidades a veces difíciles de seguir (de ahí un posible hándicap para tratar de normalizar), pero que sí permiten aplicar arquitecturas de comunicaciones, toma de datos y decisiones actualizadas, cada vez más fiables, sencillas y de componentes de más fácil y barata adquisición.

Finalmente destacó que es importante desarrollar los aspectos normativos, de modo que no sean de aplicación normas pensadas para otros entornos, ajustándolas a la realidad en la que deben operar. No se trata de destruir o eliminar, sino de adecuar y racionalizar, en un camino que lleva poco trecho recorrido, y en el que se debe aún caminar mucho.

CUARTA SESIÓN: “Los túneles en Bizkaia”.

La sesión comenzó con la ponencia **“El Plan de Infraestructuras Bizkaia 2003”**, de **D. Carlos Estefanía Angulo**, de la *Diputación Foral de Bizkaia*, quien afirmó que el PTSC es un instrumento de gestión de una institución, la Diputación Foral de Bizkaia, que tiene compe-

tencias exclusivas sobre las carreteras del Territorio Histórico.

La obra subterránea se ha convertido en un instrumento fundamental para el desarrollo del PTSC, ayudada por diversos factores como la disposición de una normativa propia de túneles, una experiencia reciente de aplicación, el desarrollo de la ingeniería para el proyecto y



Mesa de la IV Sesión. De izquierda a derecha, Sres. Martínez, Cobeaga, Estefanía; Sras. Garmendia y Masalleras; y Sres. Estany y Gómez.

el control, así como de unas empresas constructoras que favorecen su ejecución.

Para el Sr. Estefanía, el reto actual es sumar a los avances conseguidos hasta ahora la capacidad de integrar proyecto, construcción y gestión en un concesionario (ya sea mediante peaje en sombra o mediante canon por uso).

nificado varios meses de intenso trabajo para la creación de las metodologías, plantillas y procedimientos, y también ha sido necesario invertir un esfuerzo nada despreciable en la realización de reuniones con los entes implicados que, en muchos casos, tenían un componente pedagógico para ir introduciendo paulatinamente los cambios organizativos y

de requisitos técnicos que la norma exige y así también ir transmitiendo la “cultura de la seguridad”.

La adecuación de los túneles en servicio a la normativa existente no va a ser sencilla y va a suponer un esfuerzo conjunto para poder acometer estas actuaciones de forma responsable, priorizando las actuaciones y tomando medidas complementarias que permitan asegurar un nivel mínimo de seguridad en la explotación.

La ponencia **“Instalaciones de los túneles de la fase IA de la Variante Sur Metropolitana de Bilbao”**, de **Dña. Elena Masalleras Vidal**, de *Interbiak*, y **D. Enrique R. Gómez Cristóbal**, de *Sener Ingeniería y Sistemas*, informó que la Fase IA de esta nueva autopista de circunvalación del área metropolitana destinada a los tráficos de largo recorrido, e integrada en la Red Transeuropea de Carreteras, cuenta con 5 túneles bitubo, de longitudes comprendidas entre 680 m y 2300 m.

Su diseño se ha realizado de acuerdo con la Directiva 2004/54/CE y con la Norma Foral de Seguridad en Túneles de Carretera de la Diputación Foral de Bizkaia. Las instalaciones han sido objeto de un proyecto independiente, si bien todos los componentes de la seguridad de los túneles –infraestructura, instalaciones y explotación– han sido tenidos en consideración a lo largo de todo el proceso de concepción, desde el planeamiento al diseño constructivo.

En su intervención describió brevemente las instalaciones proyectadas y los criterios de diseño considerados para los principales sistemas.

Las obras de ejecución de las instalaciones se iniciaron en septiembre de 2009, estando prevista la puesta en servicio de la autopista para el mes de marzo de 2011.

D. Andrés Estany i Serra, de *Esteyco*, en su ponencia **“La Frontera del túnel”**, afirmó que las transiciones entre estructuras, espacios o entornos distintos son los elementos de mayor dificultad y grado de incertidumbre proyectual, ya que pasar de un entorno a otro, de una estructura a otra, supone siempre una turbulencia en el modo de proyectar infraestructuras lineales,

Visita técnica



Imágenes de la visita técnica tanto en el exterior como en el interior del túnel y en su unión con los viaductos del enlace del Cadagua.

y, por ello, necesitan de la intervención simultánea de especialistas en otros campos, pero con una visión integradora y global del entorno y de los condicionantes de cada una de las especialidades implicadas.

El concepto de frontera del túnel podría materializarse en lo que llamamos comúnmente bocas o emboquilles del túnel, la zona más identificada y que, por su elevada visibilidad y su resolución satisfactoria, suele ser el reflejo del

nivel de integración, no sólo de la propia infraestructura sino extensivamente de todo el trazado de la vía. Tras explicar que, generalmente, hay dos maneras de abordar el entorno de frontera y las boquillas: por mimetización de la estructura en el entorno y la orografía, y mediante estructuras superpuestas al entorno y con soluciones más diseñadas, expuso algunos casos concretos que entrañaron dificultad, deteniéndose en las boquillas en transiciones complejas y en las transiciones túnel-viaducto, finalizando con la exposición de otros condicionantes, incluidos los casos urbanos, subrayando que en los proyectos de menor identidad no se invierte la misma atención en el acabado ni en la disposición de elementos construidos para albergar instalaciones o elementos de seguridad, y sugiriendo que se huya de una decoración excesiva que pueda distraer la atención del conductor y resulte antiestética.

Finalizó la sesión la **Presentación de la Visita Técnica**, a cargo de **D. Javier Gómez Corral** (IDOM, Ingeniería y Consultoría, S.A.), Jefe del Equipo de la Asistencia Técnica de todos los tramos de la Variante Sur Metropolitana, infraestructura subterránea en un 70% de su longitud, que permitirá alejar de las zonas urbanas tráfico intensos, mercancías peligrosas y vehículos pesados, fundamentalmente en dirección al puerto y aumentará la capacidad de los accesos al aeropuerto de Sondika.

Tras el almuerzo de trabajo, los asistentes al congreso se desplazaron a las obras que se están realizando en los túneles de la Variante Sur Metropolitana de Bilbao, donde recibieron todo tipo de información sobre su desarrollo y su especial dificultad.

El día se cerró con una cena ofrecida por las 20 empresas constructoras de la citada variante.

Viernes, 26 de febrero

QUINTA SESIÓN: "Los Responsables en la gestión y en la seguridad del túnel".

La **"Experiencia de Tekia como parte de la estructura de seguridad**

Cena ofrecida por las empresas constructoras



Cena ofrecida por las empresas constructoras de la Variante Sur Metropolitana de Bilbao. En la foto superior, D. Rafael López Guarga dirigiéndose a los asistentes.

que demanda la Directiva", de D. Francisco Palazón Rubio y D. Miguel López Rodríguez, de TEKIA Ingenieros, defendió que el marco legislativo creado define la estructura de seguridad, así como las responsabilidades y funciones básicas y los ámbitos de actuación de las distintas figuras que componen dicha estructura; sin embargo, debido a la inmadurez del sistema, existen indefiniciones e imprecisiones que permiten que existan diferentes interpretaciones al poner en práctica el sistema, lo que puede producir conflictos de responsabilidades y competencias, además de dificultar la asignación de recursos presupuestarios y gestionar los contratos correspondientes por parte de las Administraciones. Entre los problemas encontrados

están las interpretaciones muy diferentes por parte de éstas sobre el alcance de los trabajos de inspección que deben llevar a cabo los Responsables de Seguridad y la dificultad en la valoración del alcance de los trabajos de estos Responsables de Seguridad y de los Organismos de Inspección, lo que puede llevar a desajustes entre los presupuestos asignados a los contratos y la ejecución exigida.

También señaló las prácticas muy heterogéneas de esos Responsables en el desarrollo de sus trabajos, y la percepción equivocada por parte de las empresas explotadoras y concesionarias de sus funciones y competencias que, en ocasiones, llevan al no reconocimiento de su autoridad e independencia. Además, se puede producir una dilución de

las responsabilidades como consecuencia del solapamiento de trabajos y funciones entre las Explotadoras, Responsables de Seguridad, Gestores de Túneles y Organismo de Inspección.

Así mismo, los contratos de explotación de túneles en curso no están dotados con partidas presupuestarias destinadas a actuaciones que deben llevarse a cabo como formación o simulacros.

En definitiva que, una vez creadas las bases y principios de estas nuevas estructuras de seguridad, es necesario realizar un esfuerzo adicional de definición de funciones y competencias de las entidades implicadas.

Las **"Nuevas disposiciones ADR para el paso de mercancías peligrosas por los túneles"**, fueron presentadas por **Dña. Carmen María Martínez Cebollada**, Directora Adjunta de Explotación del túnel de Somport, autora de la ponencia, junto a **D. Víctor Manuel Campo Molina**, Director de Instalaciones del citado túnel. Explicó que el 11 de enero de 2010 ha entrado en vigor una nueva reglamentación de obligado cumplimiento sobre el paso de mercancías peligrosas por los túneles de carretera, que se deriva de unas enmiendas de 2007 y 2009 al acuerdo europeo sobre transporte internacional de mercancías peligrosas por carretera (ADR). El ADR 2009, publicado por la D.G. de Transporte Terrestre del Ministerio de Fomento, establece en sus apartados 1.9.5 y 8.6 las restricciones al paso de vehículos que transporten mercancías peligrosas por túneles de carretera desde su versión anterior del año 2007. La justificación de los tres peligros a los que se hace referencia (explosiones, fugas tóxicas e incendios), la explicación de las cinco categorías de túneles (A, B, C, D, y E), la clasificación de las mercancías peligrosas para el paso por túneles, y la importancia y justificación de la señalización (especialmente al apartado 1.9.5.3) centraron su exposición.

"La función de los Responsables de Seguridad y su problemática", fue el tema propuesto por **D. Marc Tesson**, del CETU - Francia; y Animador del WG3 del Comité C4, PIARC, quien habló sobre la Directiva 2004/54/CE de la Unión Europea, del 24 de abril de 2004, sobre



Mesa de la V Sesión. En la foto y de izquierda a derecha, Sres. López, López Guarga, Sra. Martínez, Sr. Campo y Sr. Tesson.

requisitos mínimos de seguridad para los túneles de la red transeuropea de carreteras, subrayando cómo esta Directiva presenta al Responsable de Seguridad como la nueva figura encargada de coordinar todas las medidas preventivas y de garantizar la seguridad de los usuarios, así como la del personal operativo.

Entre otras cosas, a lo largo de su exposición, comentó cómo diversas instituciones relacionadas con la seguridad en túneles de carretera, entre ellas la AIPCR, celebraron en Lyon un Foro Europeo, entre el 4 y el 5 de noviembre de 2009, y de lo allí acordado, gracias al intercambio de experiencias habido, en especial, sobre los responsables de la seguridad.

SEXTA SESIÓN: "La Seguridad. Una visión multidisciplinar"

La **"Formación de Personal de Explotación de túneles (operadores, agentes de campo y mantenedores) y la utilización de simuladores y simulacros"**, de **Dña. Mª Fernanda Bermejo Martínez**, Jefa del Departamento de Túneles, del Aeropuerto Madrid-Barajas, subrayó que la seguridad demandada por los usuarios de los túneles depende de cuatro factores fundamentales: a) las características específicas de cada túnel o grupo de túneles; b) los procedimientos propios de explotación de cada uno de los túneles, de un grupo de túneles o de los túneles como integrantes de una red viaria; c) el personal dedicado a la explotación: en particular habrá que definir la organización (organigrama de la

explotación), la selección del personal (requisitos mínimos para la contratación de dicho personal para cada uno de los puestos de trabajo) y la formación (inicial y/o continua); y de los servicios externos a la explotación (policía, bomberos, servicio médico, etc.).

Con ello se pretende conseguir la normalización de los siguientes aspectos en la explotación de los distintos túneles:

a) La organización y gestión del personal del explotador (un mínimo de personal por tipo de túnel/es); b) la mejora en la respuesta y en las actuaciones del personal de explotación (definición normalizada de procedimientos de explotación normal, incidente y/o con emergencia); la armonización de la formación y conocimientos del personal de explotación, teniendo en cuenta la gran diversidad de túneles y de sus condiciones operativas y su organización operacional; y d) la mejora de la seguridad para todos los usuarios y para el personal de explotación del túnel.

Para conseguir un nivel de cualificación del personal de explotación se deberían impartir cursos de formación iniciales reforzados con una formación continua (menos exhaustiva que la inicial) que aseguren que el nivel de conocimientos del ese personal es el adecuado para el desempeño de su misión. Estos cursos se complementarán con la utilización de simuladores y con la realización periódica de simulacros (virtuales e "in situ")

A continuación, y con el tema **"La**



Mesa de la VI Sesión compuesta por la Sra. Bermejo, Sr. Morera y Sr. Gamannossi.

experiencia de Autostrade en Italia con la iluminación con Led", de Giuseppe Langer, Enrico Reatto, Alessandro Senatori y Gabriele Gamannossi, intervino este último informando que las normas UNI 11248 y UNI 13201, y las prescripciones del Art. 2 y del D.M. 14/09/2005, además de la "teoría de la luz blanca" en Europa, in-

fluyeron notablemente para la elección de una fuente luminosa que ahorrara energía, al tiempo que produjera una resolución cromática mayor. Con esa iluminaria Led se sustituirían las lámparas HPS existentes, siempre que fueran compatibles con las instalaciones existentes a nivel de montaje, con igual interdistancia e iluminación anteriores,

y que redujera el consumo energético, etc. Tras explicar las primeras experiencias, la instalación de prueba y las ventajas de su mantenimiento, concluyó que con la instalación de luminarias LED en el túnel de Crocina, Autostrade ha elegido este tipo de iluminación y va a organizar diferentes concursos para su instalación en la totalidad de su túneles (279 km).

Tras esta exposición se procedió a la presentación de las 6 *comunicaciones libres* restantes que versaron sobre diferentes temas de interés relativos a la figura del Responsable de Seguridad, a las instalaciones, la normalización de la obra civil auxiliar, las radiocomunicaciones en el interior de un túnel, la formación a escala real sobre incendios y a los forjados mixtos ligeros en falsos techos. Así mismo, se procedió a la lectura de la relación de otras 25 *comunicaciones* y de sus autores que, aunque no se pudieron exponer en la sala, se incluyeron en el libro del Simposio.

CONCLUSIONES

Por D. Juan Manuel Sanz Sacristán,
Jefe de Sección Instalaciones del
Transporte de Euroestudios,
y Secretario del Simposio

"Clausuramos hoy el V Simposio de Túneles que, bajo el título 'Seguridad para los Túneles del Siglo XXI', nos ha reunido estos tres días en Bilbao.

Desarrollo del simposio

Hemos podido constatar una vez más, gracias a la gran asistencia registrada y al elevado número y nivel de las presentaciones, que el Simposio está totalmente consolidado y cuenta con el interés y aprecio de todos los estamentos técnicos relacionados con la explotación y equipamiento de los túneles.

Queremos agradecer a todas las personas, que han hecho posible el éxito de este Simposio, su apoyo y participación. Nuestro agradecimiento a las autoridades locales, autonómicas y estatales, a la ATC, a los miembros de los distintos comités organizadores, a los

distintos ponentes, a los organismos y empresas que han participado con *stands* en la Exposición Técnica y a los que han posibilitado el desarrollo de la visita técnica, así como a todos los asistentes.

Quiero destacar el elevado número de inscritos que ha superado ampliamente las previsiones más optimistas y la gran participación y asistencia registrada en todos los eventos del mismo, que se ha mantenido muy alta hasta el momento de su clausura. Asimismo constatar el gran interés que han despertado, tanto por el número como por la información proporcionada, los *stands* de la Exposición Técnica desarrollada durante el Simposio.

Innovación técnica

Estos tres días nos han servido para comprobar el continuo avance e innovación de la industria española en relación con el equipamiento, explotación, mantenimiento y seguridad de los túneles, así como su participación cada día mayor en otros países. Se han pre-



sentado múltiples innovaciones técnicas que se han implantado en diversos túneles, o que se encuentran en una fase muy avanzada de su desarrollo, y que permiten importantes mejoras en el equipamiento, explotación y seguridad de los túneles.

Real Decreto 635/2006

Una parte fundamental del simposio la ha ocupado la aplicación del R. D. 635/2006 y del Decreto Foral de Bizkaia en el proyecto de nuevos túneles o en la mejora de los actualmente en construcción o explotación. Se ha repasado el importante avance que estas normativas (transposición de la Directiva Europea) suponen en la seguridad de los túneles. Como se ha dicho en el sim-

posio, el Real Decreto 'supone una nueva cultura en la ingeniería de los túneles'.

Se han explicado diversos casos de acondicionamiento de túneles en servicio dentro de la aplicación del Real Decreto y constatado cómo éste y la concepción global de todas las fases y de todos los aspectos en relación con los túneles nos proporcionan unas herramientas de gran utilidad a la hora de garantizar la seguridad de los túneles, y de optimizar la inversión necesaria y los costes de mantenimiento y explotación.

Se ha profundizado en las funciones y responsabilidades relativas a la nueva figura del Responsable de Seguridad en las distintas fases de un túnel (proyecto, construcción y explotación) y repasado el desarrollo, aspectos tratados y conclusiones alcanzadas dentro del Foro Europeo de Responsables de Seguridad de Túneles de Carreteras.

Otros aspectos relevantes que se han tratado en diversas comunicaciones realizadas durante el Simposio son la elaboración de los manuales de explotación, la planificación de los planes de emergencia, el desarrollo de simulacros y la importancia de la formación del personal involucrado.

Comités Técnicos de Túneles de la ATC y de la AIPCR

Hemos repasado los trabajos desarrollados por el Comité de Túneles Internacional de la PIARC y del nacional de la ATC y los documentos técnicos por ellos publicados, con especial atención al Manual de Túneles. Todo ello proporciona herramientas de gran utilidad para mejorar la seguridad de los túneles.

La presentación realizada en primera, de una primera versión del "Manual AIPCR de los Túneles de Carretera" durante el Simposio, ha permitido constatar el enorme trabajo que se está desarrollando, con el objetivo de recopilar y compilar toda la bibliografía de la PIARC en relación con los túneles de carretera y que en breve se constituirá como una auténtica enciclopedia elec-



En la foto, el Sr. Sanz presentando las conclusiones en presencia de Dña. Itziar Garmendia, quien clausuró el Simposio.

trónica en relación con la geometría, equipamiento, mantenimiento, explotación, seguridad y medio ambiente de los túneles.

Análisis de riesgo

Se ha profundizado en el estado del arte de los modelos de análisis de riesgos de los túneles y presentado diversos desarrollos que se han realizado en este campo que muestran la capacidad latente para desarrollar una metodología propia, optimizada tanto en sus resultados como en su aplicación, y que pueda ser presentada como modelo a Europa.

Se ha verificado cómo, desde el primer instante en que la Directiva Europea indicaba la necesidad de realizar análisis de riesgo a los túneles de carreteras, para determinadas situaciones, la ingeniería española se puso en marcha para su desarrollo, encontrándose actualmente en posición avanzada. Se han repasado los principales métodos aplicados en otros países (Francia con el método CETU, Holanda con el TUNPRIM, Austria con el TuRisMo, Italia con el IRAM,...), así como los desarrollados en ámbito nacional por diversas empresas e instituciones y que podrían aplicarse directamente tras un periodo de verificación exhaustiva y de consenso.

La principal novedad que se introduce con los nuevos análisis de riesgos es la de optimizar la inversión necesaria en un túnel para alcanzar un adecuado nivel de seguridad, y poder

afrontar singularidades concretas, presentándose como una herramienta de gran utilidad a la hora de la toma de decisiones y para el diseño de los túneles.

Túneles de Bizkaia

Durante el simposio hemos podido conocer en mayor profundidad el desarrollo del Plan de Infraestructuras de Bizkaia y, en concreto, de los importantes túneles que se encuentran en fase muy avanzada de ejecución.

También se han presentado los avances tecnológicos implantados, así como las herramientas desarrolladas por la Diputación Foral de Bizkaia para garantizar su adecuada explotación y mantenimiento, y la mejora continua de su seguridad, destacando el Decreto Foral 135/2006 y las Instrucciones Técnicas de Seguridad en Túneles, así como la exposición de la implantación y funcionamiento del Organismo de Inspección de los Túneles de Bizkaia.

Quiero agradecer, en nombre de todos los asistentes, la visita técnica realizada a los túneles en construcción de la Variante Sur Metropolitana de Bilbao, obra de especial interés técnico por su complejidad y equipamiento implantado.

Conclusión

Todo ello nos permite concluir que, efectivamente, la industria del país se encuentra posicionada para afrontar el diseño y seguridad de los túneles del Siglo XXI. ■