

GESTIÓN DE LA SEGURIDAD EN TÚNELES DE CARRETERA

20 de septiembre de 2007 (pm)

SESIÓN ESPECIAL 15

INFORME DE INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

resumen ejecutivo.....	3
CO-ORGANIZADORES DE LA SESIÓN	4
CONTRIBUCIONES AL INFORME	4
1. INTRODUCCIÓN.....	5
2. ENFOQUE INTEGRADO DE LA SEGURIDAD EN TÚNELES.....	7
3. PROTECCIÓN DEL CONSUMIDOR POR LOS AUTOMOVIL CLUBS	8
4. ANALISIS DE RIESGOS PARA TUNELES DE CARRETERA	10
5. PUNTO DE VISTA DE LOS BOMBEROS	12
6. GESTIÓN DE LA INTERFAZ ENTRE EL OPERADOR Y LOS SERVICIOS DE EMERGENCIA.....	13
7. ASPECTOS DE SEGURIDAD EN TÚNELES SOLO PARA AUTOMÓVILES	15
8. DISCUSION.....	16
9. CONCLUSIONES TENTATIVAS.....	16

RESUMEN EJECUTIVO

Después de los importantes fuegos en túneles que ocurrieron en Europa en 1999 y 2001, muchos países iniciaron una revisión de sus regulaciones y prácticas. En Europa los esfuerzos de armonización condujeron a la promulgación de la Directiva de la Unión Europea. Sin embargo estas actividades no se realizaron solo en Europa y en muchos países del mundo se han realizado también similares revisiones

¿A donde nos ha conducido este proceso? Mas allá de los adelantos científicos y técnicos, ha surgido un nuevo enfoque de la seguridad en túneles, teniendo en cuenta el sistema conjunto compuesto por la infraestructura, la explotación los equipos de emergencia, los usuarios y los vehículos. Una gestión de la seguridad basada en regulaciones y procedimientos apropiados resulta necesaria para asegurar que la seguridad es tomada en cuenta en todo el proceso de diseño, y explotación del túnel. Este es un gran cambio que necesita mayor interacción entre todos los agentes y responsables de la seguridad en túneles. Este enfoque mas amplio y mas integrado exige una mejor comprensión de de los procedimientos adoptados y de las herramientas a utilizar. Además es preciso diseminar estos criterios entre una mayor audiencia y alcanzar consensos.

Esta sesión quiere subrayar algunas cuestiones relacionadas con la comprensión de los procesos y la interacción de todas las partes interesadas. Por esta razón un número amplio de estos agentes han sido invitados, para comentar, desde su perspectiva, los nuevos arreglos.

Después de una revisión detallada de los últimos 10 años y de la forma en que han influido en un país concreto habrá una presentación sobre el enfoque integrado de la seguridad, que representa la piedra angular de todos los esfuerzos actuales en pro de la seguridad en túneles.

Una herramienta específica, incluida en la Directiva de la Unión Europea, es el análisis de riesgos. Hay numerosas formas de encararlo. No se prescrito un método específico y solo cuando haya un entendimiento específico y una base de datos plausible será posible disponer de todo el valor de esta herramienta. Se requiere mucho trabajo antes de alcanzar este objetivo.

El consenso solo puede alcanzarse examinando la seguridad en túneles desde el punto de vista de otros agentes. Por eso se presentarán los puntos de vista de los usuarios, bomberos, proyectistas y explotadores.

Finalmente habrá una presentación de un Nuevo túnel (Proyecto A86) de próxima apertura. Ello permitirá una visión de como los nuevos conceptos han impactado sobre u proyecto que plantea nuevos retos.

La Asociación Mundial de la Carretera (PIARC), a través de su Comité Técnico de Explotación de Túneles de Carretera (TC3.3), ha impulsado la seguridad en túneles, como se reconoce en la introducción de la Directiva, y ha jugado un papel activo y prominente en todo este proceso. Por lo tanto esta Sesión resulta un marco adecuado para identificar y discutir los retos actualmente pendientes, en este momento de la evolución de la seguridad en túneles.

CO-ORGANIZADORES DE LA SESIÓN

Esta sesión especial está organizada conjuntamente por.

- El Comité Técnico de Explotación de Túneles Carretera de PIARC (TC3.3)
- La Dirección General de Energía y Transporte (DG TREN) de la comisión Europea
- La asociación Internacional de los Túneles (ITA)
- La Asociación Nacional de USA sobre Protección contra el Fuego (NFPA)

Los siguientes miembros del TC3.3 han tomado parte en la organización de esta sesión:

- Art Bendelius, USA
- Willy De Lathauwer, Bélgica
- Rudolf Hörhan, Austria
- Didier Lacroix, Francia
- Pierre Schmitz, Bélgica
- Alan West, Reino Unido
- Evert Worm, Holanda

CONTRIBUCIONES AL INFORME

Integrated approach to safety (European thematic network Safe-T, European research project UPTUN, PIARC TC3.3 Working Group 2 “Management of Road Tunnel Safety”):

- Ben Van Den Horn, Holanda

Consumer protection (EuroTAP):

- Robert Sauter, Alemania

Risk analysis (PIARC TC3.3 Working Group 2 “Management of Road Tunnel Safety”):

- Bernhard Kohl, Austria

Point of view of fire-fighters (Seattle Fire Department):

- Gary English, USA

Operator/emergency team interface (PIARC TC3.3 Working Group 3 “Human Factors for Road Tunnel Safety”):

- Jean-Michel Vergnault, Francia
- Hans Kristian Madsen, Noruega

A86 West car-only tunnel (Cofiroute):

- André Broto, Francia

Otros temas, esquema general, traducción (PIARC TC3.3):

- Willy De Lathauwer, Bélgica
- Didier Lacroix, Francia
- Manuel Romana-Ruiz, España
- Alan West, Reino Unido

1. INTRODUCCIÓN

Dos importantes incendios en túneles de carretera, en el Mont Blanc (Francia-Italia; 39 muertos) y en el Tauern (Austria; 12 muertos en 1999) llamaron la atención del mundo sobre los túneles de carretera y sus riesgos potenciales. Inmediatamente surgieron preguntas, no solo de la comunidad de operadores de túneles, sino también de las autoridades políticas. Varios países iniciaron inmediatamente una revisión de la normativa existente. Dos años más tarde estas resoluciones se reforzaron después de otro fuego importante en el túnel de San Gotardo (Suiza; 11 muertos).

Para armonizar las diversas iniciativas nacionales el grupo de Directores de Carreteras de Europa Occidental (ahora la Conferencia de Directores Europeos de Carreteras) creó un Grupo de Trabajo con representantes de los Países Alpinos. En 2000 este grupo entregó unas recomendaciones. Dicho trabajo fue después revisado y ampliado por un grupo multidisciplinario de expertos en seguridad de túneles de carretera, grupo reunido bajo los auspicios de la Comisión Económica de Naciones Unidas para Europa (UNECE), que emitió, a fines del año 2001, unas recomendaciones para usuarios, operadores, infraestructura y vehículos.

Aunque los Estados Miembros son responsables de la seguridad en túneles, bajo el principio de subsidiaridad, pidieron a que la Unión Europea considerase esta cuestión. Inicialmente la Unión Europea financió varios proyectos de investigación:

- *Durable and reliable tunnel structures (DARTS) (2001-2004)*
- *Innovative systems and frameworks for enhancing of traffic safety in road tunnels (SafeTunnel) (2001-2004)*
- *Safety improvement in road and rail tunnels using advanced technologies and knowledge intensive decision support models (Sirtaki) (2001-2004)*
- *Virtual real time emergency simulator (VirtualFires) (2001-2004)*
- *Cost-effective, sustainable and innovative upgrading methods for fire safety in existing tunnels (UPTUN) (2002-2006)*
- Y posteriormente, *Large Scale Underground Research Facilities for safety and security (L_Surf) (2005-2007)*

También financiaron dos redes temáticas para permitir la difusión de las experiencias y la preparación de recomendaciones conjuntas:

- *Fires in tunnels (FIT) (2001-2005)*
- *Safety in tunnels (SafeT) (2003-2006)*

Todos estos proyectos están terminados. Sin embargo cuando acabaron hubo un considerable apoyo a la continuación y desarrollo de las redes y del trabajo en este campo. Como consecuencia un nuevo *Committee on Operational Safety of Underground Facilities (COSUF)* ha sido creado recientemente bajo los auspicios de la *International Tunnelling Association (ITA)*. El objetivo de este comité, conjuntamente auspiciado por PIARC, es desarrollar una red mundial de intercambio de conocimientos y experiencias, facilitar la cooperación y la investigación y promover la seguridad en todo tipo de túneles.

Después de iniciar las actividades de investigación la Unión Europea decidió preparar una Directiva, que es un instrumento legislativo que será obligatorio en todos los Estados Miembros, después de ser transpuesta a sus legislaciones nacionales. Este documento pasó su proceso legal y fue aprobado en abril de 2004 con el título de Directiva 2004/54/EC.

Este proceso tuvo naturalmente un impacto fuera de Europa. Ha habido un flujo continuo de información e influencia entre diseñadores, operadores, especialistas y administradores.

¿Dónde nos ha llevado este proceso? Más allá de los progresos técnicos y científicos ha surgido un nuevo enfoque de la seguridad en túneles, teniendo en cuenta el sistema completo, compuesto por la infraestructura, los operadores, las intervenciones de emergencia, los usuarios y los vehículos. Una gestión de la seguridad, basada en regulaciones, procedimientos y herramientas apropiadas, es necesaria para asegurar que la seguridad es tenida en cuenta en todas las etapas y aspectos del diseño y operación de túneles. Este es un cambio importante y necesita la interacción de muchos de los agentes de seguridad en túneles. Este enfoque más amplio y más integrado requiere una mejor comprensión de los procedimientos adoptados y de las herramientas usadas, comprensión que debe ser diseminada entre una audiencia mayor, para poder obtener un consenso.

Esta sesión quiere subrayar algunas cuestiones relacionadas con la comprensión de los procesos y la interacción de todas las partes interesadas.

Después de una revisión detallada de los últimos 10 años y de la forma en que han influido en un país concreto habrá una presentación sobre el enfoque integrado de la seguridad, que representa la piedra angular de todos los esfuerzos actuales en pro de la seguridad en túneles.

Una herramienta específica, incluida en la Directiva de la Unión Europea, es el análisis de riesgos. Hay numerosas formas de encararlo. No se ha prescrito un método específico y sólo cuando haya un entendimiento específico y una base de datos plausible será posible disponer de todo el valor de esta herramienta. Se requiere mucho trabajo antes de alcanzar este objetivo.

El consenso solo puede alcanzarse examinando la seguridad en túneles desde el punto de vista de otros agentes. Por eso se presentarán los puntos de vista de los usuarios, bomberos, proyectistas y explotadores.

Finalmente habrá una presentación de un nuevo túnel (Proyecto A86) de próxima apertura. Ello permitirá una visión de como los nuevos conceptos han impactado sobre un proyecto que plantea nuevos retos.

La Asociación Mundial de la Carretera (PIARC), a través de su Comité Técnico de Explotación de Túneles de Carretera (TC3.3), ha impulsado la seguridad en túneles, como se reconoce en la introducción de la Directiva Europea, y ha jugado un papel activo y prominente en todo este proceso. Por lo tanto esta Sesión resulta un marco adecuado para identificar y discutir los retos actualmente pendientes, en este momento de la evolución de la seguridad en túneles.

2. ENFOQUE INTEGRADO DE LA SEGURIDAD EN TÚNELES

En todo el mundo muchos túneles están en construcción o en proyecto. Además se están desarrollando regulaciones y recomendaciones internacionales. Hay un acuerdo general en que es necesario un esquema en el que todos los aspectos relevantes de la seguridad en túneles sean contemplados de una forma holística, lo que incluye regulaciones, infraestructura y seguridad operacional, auditorias de seguridad, utilización de túneles, experiencias de explotación y gestión de la seguridad.

Con este objetivo PIARC propone un enfoque integrado de la seguridad en túneles de carretera, que ha sido desarrollado en cooperación con los proyectos europeos de investigación SafeT y UPTUN. Un informe presenta este enfoque, comenzando con un resumen de los principios generales y de las perspectivas actuales de la seguridad en túneles de carretera, e incluyendo experiencias prácticas. Se ha llevado a cabo una encuesta internacional entre los miembros del Comité TC3.3. Se presenta también una revisión de las actuales buenas prácticas en varios países.

Los elementos clave para un enfoque integrado de la seguridad en túneles de carretera son:

- Criterios sobre el nivel de seguridad (regulaciones y recomendaciones);
- Medidas de infraestructura y operacionales para la seguridad en túneles;
- Criterios socioeconómicos y de coste-beneficio;
- Técnicas de auditoria de la seguridad (análisis y evaluaciones de la seguridad);
- Uso de los túneles de carretera;
- Etapas de la vida de un túnel (planeamiento, diseño, construcción, puesta en uso, explotación, renovación o mejora);
- Experiencia de explotación; y
- Estado de los sistemas del túnel.

Un enfoque holístico es necesario para tener en cuenta todos los aspectos del sistema, que consisten en la infraestructura, explotación, servicios de emergencia, usuarios y vehículos. La comunicación y el intercambio de información técnica entre los países son de importancia capital para mejorar la seguridad de los túneles en todo el mundo. Por consiguiente puede ser útil adoptar un esquema unificado para el enfoque integrado de la seguridad en túneles de carretera, que contenga los siguientes elementos:

- Criterios sobre el nivel de seguridad (legislación y regulaciones);
- Criterios socioeconómicos y de coste-beneficio;
- Medidas de infraestructura y operacionales para la seguridad en túneles;
- Técnicas de auditoria de la seguridad;
- Uso de los túneles de carretera;
- Etapas de la vida de un túnel;
- Experiencia de explotación; y
- Estado de los sistemas del túnel.

La figura 1 resume el enfoque integrado de la seguridad en túneles, tal como ha sido propuesto conjuntamente por by PIARC y los proyectos europeos Safe-T y UPTUN.

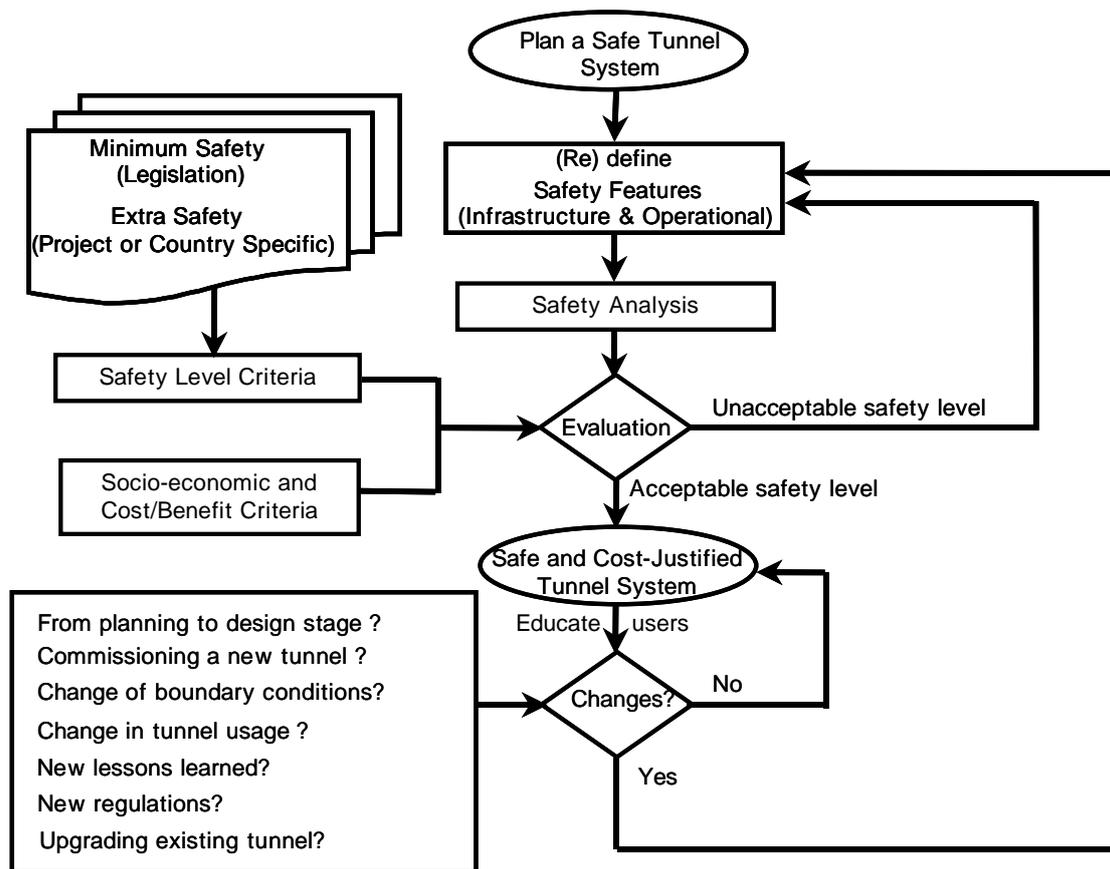


Figura 1: Representación esquemática de la propuesta para un enfoque integrado de la seguridad en túneles nuevos y en servicio

Usando este enfoque holístico de la seguridad en túneles se puede alcanzar un incremento en el nivel de seguridad de los túneles en todo el mundo, lo que en primer lugar significa que se salvarán vidas. Además la sociedad puede ahorrar dinero por una reducción de:

- El número de accidentes, de heridos y de muertos;
- Los daños a la estructura del túnel y
- Las posibles pérdidas macroeconómicas debidas a la suspensión del servicio de un túnel.

Además un enfoque integrado de la seguridad en túneles de carretera facilita la optimización del diseño de un túnel. Las mejores prácticas en cada país pueden encajarse en este enfoque holístico, ya estén basadas en prescripciones, en análisis de las experiencias o en una combinación de ambos.

3. PROTECCIÓN DEL CONSUMIDOR POR LOS AUTOMOVIL CLUBS

Cada año, los automóvil clubs europeos realizan un gran número de actividades centradas en la protección del consumidor. Su objetivo es la mejora de productos y servicios, la información de los motoristas y la defensa de los intereses del consumidor móvil. La experiencia ha demostrado que la auditoria comparativa de los standards de calidad, combinada con la fijación de objetivos relevantes, es muy efectiva para conseguir la mejora de los productos y servicios auditados.

La auditoria de túneles de la red paneuropea figura entre los proyectos de seguridad vial más exitosos. El programa, lanzado en 1999, había controlado un total de casi 150 túneles a finales de 2005. Desde 2005 las auditorias de túneles se han realizado dentro de EuroTAP (*European Tunnel Assessment Programme*), un programa de 3 años. EuroTAP es un consorcio europeo de 12 EuroTest automóvil clubs de 11 países europeos. EuroTAP es un proyecto liderado por ADAC, que lo inició y la coordinación internacional corre a cargo del Bureau europeo de FIA (*Fédération Internationale de l'Automobile*).

EuroTAP, con financiación y apoyo de la Unión Europea, es único. Actualmente no hay ningún programa comparable en Europa. Los túneles auditados por EuroTAP son al menos de 1 km. de longitud y están situados preferentemente dentro de la *Trans-European Road Network* (TERN). A finales de 2007 EuroTAP habrá auditado unos 150 túneles. Con ocasión de su conferencia final, a finales de 2007, todos los resultados, datos recogidos, conclusiones y recomendaciones serán presentados al público.

Las auditorias están basadas en criterios predefinidos, desarrollados por primera vez en 1999, y mejorados continuamente después. Los criterios se basan en la EU Directiva 2004/54/EC, varias regulaciones nacionales y los expertos de CEDR (*Conference of European Directors of Roads*), PIARC y de la UNECE (*United Nations Economic Commission for Europe*). Sus categorías son: medidas preventivas que suponen un 48% de la puntuación (tráfico y control de tráfico 19%, sistemas del túnel 14%, iluminación, suministro de energía 8%, gestión de emergencias 7%) y medidas de mitigación de incidentes que suponen un 52% (protección contra incendios 19%, escape y evacuación 13%, comunicaciones 11%, ventilación 9%)

Los resultados se clasifican según un sistema de evaluación de 5 categorías: “muy bueno”, “bueno” y “aceptable” para resultados positivos; “malo” y “muy malo” para resultados negativos. Gracias a este sistema comparativo único y a la amplia publicación de sus resultados en Europa, la presión sobre los responsables ha conseguido enormes mejoras de la seguridad, sobre todo en túneles clasificados como malos. En la lista siguiente figuran los porcentajes de los túneles que han fallado en la auditoria:

- 1999:	8 de 19 túneles:	42%
- 2000:	8 de 25 túneles:	32%
- 2001:	4 de 16 túneles:	25%
- 2002:	8 de 30 túneles:	27%
- 2003:	11 de 25 túneles:	44%
- 2004:	4 de 27 túneles:	15%
- 2005:	8 de 49 túneles:	16%
- 2006:	13 de 52 túneles:	25 %

Las deficiencias más comunes son:

- Túneles bidireccionales con un solo tubo;
- Sin salidas de emergencia, o muy separadas entre sí;
- Identificación nula o insuficiente de las salidas de emergencia;
- Identificación nula o insuficiente de las estaciones de emergencia, excesiva distancia entre ellas, falta de protección contra el ruido;
- Sistemas de ventilación inadecuados, no resistentes al calor o con tecnología obsoleta. Falta de ventilación;
- Falta de programas de ventilación en caso de incendio/ no activación automática del sistema de ventilación;

- Sistemas de detección de incidentes o incendios, inexistentes o obsoletos;
- Rutas de acceso demasiado largas (y tiempo largo de llegada) de los bomberos;
- Falta de entrenamiento de las brigadas de bomberos y del personal de operación del túnel;
- Planes de emergencia inexistentes o desfasados;
- Falta de ejercicios regulares de emergencia.

En su papel de defensores de los consumidores los automóvil clubs no solo auditan los túneles sino que alertan a los motoristas animándoles a aprender y a practicar el comportamiento correcto dentro de los túneles, previniendo así accidentes e incidentes graves. En 2004, los automóvil clubs lanzaron la campaña “*Safe in the Tunnel*” que generó material educacional en varios idiomas: un folleto, un juego interactivo para PC y un DVD. Los clubs junto con el público interesado y varios otros agentes continúan distribuyendo entre los motoristas material informativo en grandes cantidades en toda Europa, material también disponible *on-line*. Además, EuroTAP da también información on-line a los motoristas para la planificación de rutas con los túneles más importantes.

Después de revisar unos 300 túneles europeos pueden sacarse las siguientes conclusiones:

- Los conductores y motoristas son un factor clave en la seguridad de los túneles. Todos los agentes interesados deberían fijar como meta la educación (utilizando todo el material educacional disponible) de los conductores y motoristas para un correcto comportamiento en los túneles en todas las circunstancias. Se recomienda incluir estos temas en los exámenes para obtener el permiso de conducir.
- Tras los grandes esfuerzos de muchos Estados Miembros de la Unión Europea los standards técnicos de seguridad en túneles muestran una tendencia positiva.
- Aproximadamente un 25% de los túneles de carretera de más de 1 Km. aún no cumplen los standards mínimos fijados por la Unión Europea. Para cumplir su Directiva es necesario mucho trabajo durante los próximos años.
- Sistemas de protección automática contra incendios en los vehículos (especialmente en los pesados) ayudarían considerablemente a la prevención de incidentes pero no están siendo alentados.
- Las autoridades responsables deberían requerir la mejora de los equipos entrenamiento y disponibilidad de las brigadas locales contra incendios, que, en muchos casos, resultan inadecuados.

4. ANALISIS DE RIESGOS PARA TUNELES DE CARRETERA

El análisis de riesgos es una herramienta importante que puede usarse para la mejora de la seguridad en túneles de carretera. Incluye la identificación, de riesgos y la estimación de la probabilidad y consecuencias de cada uno. Frecuentemente se valora el riesgo como el producto de su probabilidad y de sus consecuencias. Una vez analizados, los riesgos deben ser evaluados y, si son inaceptables, deben ser corregidos de alguna forma (con medidas adicionales de seguridad). El proceso completo se compone de tres elementos: análisis de riesgos, evaluación de riesgos y reducción de riesgos.

Hay muchos métodos cualitativos y cuantitativos disponibles para cada una de las etapas de este proceso. Puede desarrollarse una metodología completa combinando diferentes componentes metodológicas para análisis de riesgos, evaluación de riesgos y reducción de riesgos. La aplicación de una metodología específica depende de las características

del túnel considerado, de los datos disponibles y de los requerimientos para realizar la estimación de riesgos.

Hay disponibles diferentes tipos de criterios de riesgo para la evaluación de riesgos (proceso de determinación de si se ha alcanzado el riesgo tolerable). La elección entre ellos depende de la aplicación concreta.

PIARC ha preparado un informe que revisa a nivel mundial la aplicación de metodologías de análisis de riesgos para túneles de carretera y proporciona detalles sobre los métodos adoptados, el concepto de evaluación de riesgos, las experiencias prácticas de aplicación y la adecuación de las metodologías a requisitos específicos (por ejemplo los de la Directiva de la Unión Europea en su caso). Se dan detalles de las siguientes metodologías:

- Modelo austriaco de riesgos TuRisMo;
- Escenario holandés para el análisis de riesgos en túneles de carretera;
- Modelo holandés TUNPRIM ;
- Investigación específica de riesgos en Francia;
- Análisis de riesgos italiano para túneles de carretera;
- Modelo OECD/PIARC DG-QRA (para el transporte de mercancías peligrosas a través de túneles de carretera).

Todas las metodologías presentadas tienen ventajas y desventajas específicas, pero ninguna puede considerarse como la más adecuada para su uso práctico en el contexto de la gestión de la seguridad de túneles de carretera. La más apropiada debería seleccionarse considerando las respectivas ventajas/desventajas en el contexto de una situación específica, y debería reflejar la naturaleza del programa, el nivel de valoración requerido y los recursos disponibles.

La investigación de varios métodos prácticos y de su aplicación en casos concretos demuestra claramente que este proceso de estimación de la seguridad de túneles de carretera permite una estimación estructurada, armonizada y transparente de los riesgos en un túnel específico incluyendo la consideración de los factores relevantes. Por lo tanto el enfoque basado en el análisis de riesgos es un suplemento apropiado y valioso para la implementación de medidas necesarias para el cumplimiento de las recomendaciones y standards prescritos.

Puede esperarse que en un futuro próximo el análisis de riesgos llegará a ser una herramienta usada regularmente para túneles de carretera en muchos países; al mismo tiempo se incrementarán la experiencia en su aplicación y la necesidad de un intercambio de experiencias a nivel internacional; este proceso debería resultar en una mejora continua de los métodos y modelos ya existentes o nuevamente desarrollados.

El informe de PIARC recomienda enfocar las siguientes cuestiones:

- Una mejor armonización a través del desarrollo de recomendaciones, universalmente aplicables, para el análisis de riesgos en túneles de carretera de una posible estandarización de algunos elementos específicos para el análisis de riesgos;
- Una más profunda investigación de las posibles estrategias de evaluación de riesgos, incluyendo recomendaciones para su aplicación.

5. PUNTO DE VISTA DE LOS BOMBEROS

Si usted diseña, construye o explota túneles esta sesión le dará una mejor comprensión de como pueden trabajar con usted los servicios de bomberos para mejorar la seguridad de su túnel.

Aprenda como los servicios de bomberos aplican los objetivos priorizados de 'LIPEC' (*Life safety, Incident stabilization, Property conservation, Environment protection and Crime scene preservation*. Seguridad de vidas, Estabilización de los incidentes, Conservación de la propiedad, Protección del medio ambiente y Preservación de la escena del crimen) durante las fases de diseño, construcción y explotación.

Aprenda, de primera mano, como trabajan, y cuales son los límites de, los servicios de bomberos y la realidad de la seguridad del túnel en relación con la respuesta a la emergencia.

La experiencia nos ha enseñado que la inclusión en el diseño de los grupos de protección contra el fuego, rescate y servicios médicos de emergencia puede mejorar la seguridad, reducir costes y asegurar que los sistemas instalados en el túnel alcancen su máxima eficiencia, y que las consideraciones prácticas operacionales se alcancen con seguridad.

Un servicio de incendios informado y dedicado puede dar un visión valiosa de lo que realmente ocurre en una emergencia, de como los sistemas, el personal y la estructura deben ser usados para prevenir la perdida de vidas, minimizar las dimensiones del evento, proteger la infraestructura y devolver rápidamente el túnel a su estado operativo.

Seattle tiene más de 5000 estructuras con rociadores. Los túneles de carretera tienen también rociadores desde 1952. Aprenda cuales son los pros y los contras de los rociadores en los túneles y por qué es tan crítico el "ensayo de confianza".

Aprenda como, en una emergencia el Servicio de Incendios de Seattle Fire Service utiliza el *Incident Management System (IMS)* para identificar y priorizar los problemas, establecer tácticas y estrategias y aprovechar totalmente los recursos disponibles. El muso del Análisis Riesgo-Beneficio permite una reacción rápida en cualquier circunstancia, y una mejor información.

El IMS adopta el concepto de Mando Unificado para asegurar que los participantes más informados y responsables estén incluidos en el desarrollo de una estrategia de mitigación del incidente. Esto hace que el Operador del Túnel sea un participante muy importante en una emergencia en el túnel.

La experiencia ha demostrado que los incendios en los túneles pueden ser mayores y durar más tiempo de lo que muchos, fuera de los servicios de bomberos, creerían posible. Ambos factores: tamaño y ritmo de desarrollo del incendio son factores clave para el desarrollo de estrategias y tácticas en incendios.

Los servicios de incendios tiene experiencias de primera mano sobre como la gente puede tomar decisiones erróneas durante un incendio, y qué debe hacerse para prevenir más daños y fallecimientos.

Los ejemplos de reacciones humanas durante incendios pueden dar una mejor visión de como los sistemas pueden ser desarrollados, instalados y operados para prevenir grandes pérdidas de vidas.

Es importante entender los límites físicos de lo que un bombero puede hacer:

- Tiempo de respuesta;
- Capacidad;
- Calor máximo soportable por un bombero;
- Límites del suministro de aire;
- Alcance y caudal de las mangueras;
- Liberación de las víctimas;
- Selección y transporte de las víctimas.

Con los crecientes volúmenes de tráfico de vehículos pesados y de transporte de mercancías peligrosas veremos un incremento en el número y frecuencia de incidentes. Las consecuencias ambientales de los incendios de mercancías peligrosas y de los vertidos pueden ser muy significativas. Sepa como operan en estos casos los servicios de bomberos y de qué opciones disponen para resolver este problema.

Puede concluirse que la intervención de los bomberos en todas las fases de diseño y construcción de un túnel conseguirá un túnel más seguro.

6. GESTIÓN DE LA INTERFAZ ENTRE EL OPERADOR Y LOS SERVICIOS DE EMERGENCIA

Desde los años 1970 se han incrementado significativamente el número de túneles de carretera en servicio y el número de vehículos en las carreteras. Varios incidentes serios de incendios de vehículos pesados han ocurrido en la última década con el resultado de muertes y heridas graves.

Se han realizado análisis e investigaciones después de los incidentes y se han creado varios grupos técnicos de trabajo – principalmente autoridades, propietarios, operadores, bomberos, asociaciones de la carretera- para definir las causas de estos importantes incendios y proponer medidas para mejorar el nivel de seguridad de los túneles de carretera (existentes y futuros), tanto para los usuarios como para los operadores y equipos de emergencia.

El informe de PIARC *“Management of the operator / emergency teams interface in road tunnels”* se propone asistir a los propietarios, operadores y servicios de emergencia para que mejoren su dialogo sobre cuestiones comunes y se mejore así el nivel de seguridad para los usuarios, personal de explotación y equipos de emergencia. Dicho informe plantea los problemas comunes a propietarios/operadores de túneles y a servicios de emergencia (principalmente los equipos de incendios y rescate) durante los incendios e incidentes graves.

En relación con el conocimiento mutuo los resultados de los análisis posteriores a los accidentes indican que:

- los propietarios y operadores de túneles carecen de conocimientos sobre como los servicios de emergencia afrontan los incidentes en túneles,

- los servicios de emergencia carecen de conocimientos sobre la problemática de los propietarios y operadores,
- es esencial una preparación común para los propietarios, operadores y servicios de emergencia,

En relación con el sistema de rescate y evacuación (“cadena de reacción”) que trabaja conjuntamente, en esfuerzos coordinados con los operadores, es muy importante que:

- los servicios de emergencia, y especialmente los de bomberos, estén familiarizados con el sistema de ventilación del túnel y las características del flujo de aire, con objeto de optimizar la planificación de su intervención,
- en la etapa de diseño de un túnel los servicios de emergencia cooperen con el propietario para formular la estrategia de ventilación óptima, dando particular atención a las diferencias entre ventilación, longitudinal, semitransversal y transversal, y cuando sea posible la estratificación del humo ésta se aproveche durante un tiempo,
- haya un suministro de agua adecuado para la lucha contra el incendio y se cuente con dicho suministro regulas para el planeamiento de las contingencias,
- los equipos especializados de lucha contra el fuego (agua nebulizada, rociadores, cortinas de agua y espuma de aire comprimido) pueden ser una opción para mejora la lucha contra el fuego. Dichos equipos son normalmente muy caros y su instalación debe ser considerada en el marco de la seguridad global de explotación en cada túnel concreto. Cámaras de infrarrojos han sido usadas con éxito en la lucha contra el fuego, pero hay evidencias de que tales equipos no siempre son adecuados y tienen limitaciones,
- todos los equipos de rescate deben ser comprobados sistemáticamente en el marco de un sistema de mantenimiento bien documentado, con registros de mantenimiento de acuerdo con regulaciones nacionales o standards aceptados,
- la video-vigilancia puede resultar útil para el coordinador de incidentes de los servicios de emergencia,
- la comunicación por radio es vital en todas las operaciones de búsqueda y rescate, y los servicios de emergencia necesitan una comunicación por radio efectiva para operar con seguridad. La experiencia ha demostrado que los teléfonos celulares/móviles no son un buen sistema de comunicación para los equipos de emergencia. La comunicación por radio en los túneles debería ser un una parte integrada de los equipos de protección personal de los bomberos,
- los servicios de emergencia (ambulancias, policía, servicios de bomberos) deben establecer sus propios planes de contingencia, y sus sistemas standard de operación y planeamiento antes de los incidentes,
- procedimientos standard de reacción ante diferentes tipos de incidentes deben ser establecidos y ensayados; es vital que todos los niveles de la cadena de respuesta sean ensayados,
- todo el personal de emergencia debe realizar una evaluación in situ del incidente antes de entrar en un túnel de carretera donde haya un incendio, con objeto de minimizar los riesgos para dicho personal,
- es aconsejable que el personal de intervención realice ejercicios periódicos para poder encarar cualquier situación que pueda ocurrir en un túnel de carretera. Dichos ejercicios deben estar basados en operaciones preplaneadas según el análisis local de riesgos y su evaluación,
- deberían realizarse periódicamente ejercicios conjuntos entre el personal de emergencia y el de explotación del túnel,

- los Centros de Control de Tráfico de Carreteras y/o Túneles y los centros de llamadas de emergencia deberían ponerse de acuerdo para realizar ejercicios periódicos y planes previos de incidentes,
- los operadores de túneles deberían saber como los servicios de emergencia cooperan e intervienen en una situación de riesgo en un túnel, y conocer los servicios regionales o locales de rescate.

Puede concluirse que es de la máxima importancia para operadores de túneles y servicios de emergencia:

- consultarse y cooperar durante el diseño de un túnel,
- preparar, y mantener al día, planes de contingencia para la protección de los usuarios de un túnel y para la lucha contra los incendios,
- organizar visitas de familiarización con los túneles y ejercicios de entrenamiento operacional,
- definir las medidas necesarias para minimizar los retrasos en la movilización de los servicios de emergencia.
- realizar análisis posteriores a los incidentes, incluso en los de menor importancia.

7. ASPECTOS DE SEGURIDAD EN TÚNELES SOLO PARA AUTOMÓVILES

En el área de Paris la autopista A86 Oeste consiste en dos niveles superpuestos reservados para vehículos ligeros (con un gálibo total de 2.55 metros) en un solo túnel perforado con un diámetro interior de 10.4 metros; un intercambiador intermedio subterráneo enlaza ambos niveles con las carreteras locales. El proyecto está siendo construido por el operador francés de peaje Cofiroute y el primer tramo debe entrar en operación en octubre de 2007.

La sesión presentará brevemente el proyecto con énfasis en los aspectos específicos de la seguridad en un túnel urbano largo, reservado para vehículos ligeros.

El gálibo limitado plantea dos cuestiones principales de seguridad: el acceso de los servicios de emergencia y la ausencia de estratificación del humo en el caso de incendio. La única solución consiste en crear vehículos de emergencia compatibles con el gálibo reducido y diseñar un sistema de ventilación longitudinal que permita extraer el humo a sotavento del incendio. Ello supone calzadas independientes, cada una con una dirección de tráfico.

Por otra parte la homogeneidad del tráfico tiene muchas ventajas:

- al ser las velocidades de los vehículos más homogéneas que en un túnel tradicional se reduce la frecuencia de accidentes;
- la homogeneidad de las masas de los vehículos reduce obviamente la gravedad de los accidentes;
- la uniformidad de los vehículos permite que las cámaras CCTV cubran mayores áreas y el sistema de detección automática de incidentes es mucho más eficiente ya que los falsos efectos- causados en su mayoría por los camiones- casi desaparecen, por lo tanto es posible detectar rápidamente y con seguridad un vehículo parado e implementar medidas para informar a los motoristas en orden a evitar accidentes.

Los vehículos ligeros que usarán este túnel tienen una masa combustible 10 veces menor que la de un vehículo pesado, considerando el volumen de combustible, las mercancías transportadas y el peso de los neumáticos. Por lo tanto el ritmo de emisión de calor en un túnel reservado para vehículos ligeros es entre 8 y 10 veces menor que en un túnel utilizado por vehículos pesados. De forma similar el incremento potencial de temperatura es de 3 a 5 veces menor (puesto que la sección de un túnel reservado para vehículos ligeros es la mitad de la de un túnel tradicional la reducción en el flujo de calor no se traduce en una reducción similar de la temperatura). Estudios avanzados confirman que las condiciones de supervivencia en caso de incendio son mucho mejores en este tipo de túnel.

El relativamente reducido flujo de calor permite instalar sistemas que reducen la temperatura y el calor irradiado de forma que las condiciones sean aceptables para los servicios de emergencia. De hecho es posible conseguir condiciones aceptables para los motoristas durante un incendio. Ensayos de incendio a escala real han demostrado que este objetivo puede conseguirse con un sistema de agua nebulizada. Dicho sistema limita en primer lugar el desarrollo del fuego, pero también absorbe y elimina una parte importante del calor residual. El sistema que se utilizará consiste en tres filas de boquillas emitiendo gotas muy pequeñas de agua con un caudal de 1 litro por metro cuadrado y segundo. El sistema estará dividido en secciones de 33 m. de longitud. Tres secciones se dispararán simultáneamente para cubrir una zona de 100 metros de largo en el entorno de un incendio.

Además los efectos combinados de los aspectos específicos de túneles reservados para vehículos ligeros ayudan a mejorar más el nivel de seguridad. Por ejemplo la efectividad de un sistema automático de agua nebulizada depende de la habilidad del operador para detectar rápidamente la situación exacta de un incendio en los primeros momentos de su desarrollo. Al reducir los efectos de enmascaramiento debidos a un tráfico mixto, la uniformidad de altura de los vehículos mejora la probabilidad de una detección temprana y precisa y por lo tanto la precisión y confiabilidad de las medidas de control de incendios mediante agua nebulizada.

8. DISCUSION

A la vista de las presentaciones anteriores es claro que hay aún muchas cuestiones que resolver en relación con la gestión segura de incidentes de incendio en túneles de carretera. Muchas de estas cuestiones no tienen respuestas absolutas y exigen diálogo entre todos los agentes envueltos en la seguridad de túneles de carretera, si han de ser resueltas. Se ha descrito el ámbito en el que estas discusiones están teniendo lugar. Las presentaciones dan una visión de los problemas, tal como son percibidos por el diseñador de un túnel, su operador, los servicios contra incendios y, a través de las organizaciones de motoristas, los usuarios. Disponiendo de esta información estamos ahora en condiciones de discutir qué agentes deber estar incluidos en la gestión de la seguridad de los túneles de carretera, y como deben intervenir.

9. CONCLUSIONES TENTATIVAS

En los recientes años ha habido una tendencia positiva de mejora de la seguridad de los túneles. Aunque se han publicado nuevas recomendaciones y regulaciones la naturaleza exacta de su puesta en práctica aún debe ser resuelta. Muchas de las cuestiones

suscitadas no tienen respuestas definitivas y deben contar con el diálogo y el acuerdo entre los diversos agentes para su resolución.

El uso del análisis de riesgos para determinar el valor relativo de las soluciones alternativas ha sido aceptado en principio, pero aún hay que acordar la metodología exacta. Las metodologías aceptables han de ser entendidas y acordadas por todos los agentes. Para ello tienen que estar basadas en datos confiables y accesibles para todos.

Los conductores y motoristas son un factor clave en la seguridad en túneles. Todos los agentes deberían intentar la educación de los conductores y motoristas para un comportamiento correcto en los túneles en cualquier circunstancia.

Los Servicios contra Incendios tienen una gran experiencia, que necesita ser ajustada a través de toda la vida de un túnel, desde el diseño hasta su entrega para su explotación día a día. Se necesita una estrecha cooperación para asegurar un mejor entendimiento y una interfaz más coordinada.

Las nuevas instalaciones están ya beneficiándose de este incremento de la atención sobre los problemas relacionados con la seguridad.