

1. EVALUACIÓN DE RIESGOS EN TÚNELES DE CARRETERA

1.1. BREVE INTRODUCCIÓN A LA EVALUACIÓN DE RIESGOS

El funcionamiento de los sistemas técnicos siempre induce a riesgos asociados. Los fallos técnicos, el funcionamiento defectuoso, los fallos en el funcionamiento o el mal uso pueden causar diferentes tipos de incidentes (averías, accidentes, etc.) con efectos negativos para la seguridad de las personas, la propiedad o el medio ambiente. El desarrollo de un sistema técnico se combina siempre con esfuerzos para evitar o reducir estos riesgos. En principio esto puede lograrse mediante dos enfoques diferentes:

- mediante la experiencia práctica,
- mediante la investigación sistemática y de antemano de los riesgos potenciales y las amenazas resultantes, tratando de eliminar sus causas y/o reducir sus consecuencias.

En el pasado, en muchos países, el diseño de seguridad de los túneles de carretera se basaba en gran medida en reglamentos y directrices: si se cumplían las prescripciones de las directrices pertinentes se consideraba que el túnel era seguro. Estas directrices se habían desarrollado a lo largo de décadas y se basaban principalmente en la experiencia del funcionamiento cotidiano, incluidos los incidentes y los accidentes.

Sin embargo este enfoque prescriptivo tiene algunas deficiencias que son particularmente evidentes en accidentes que exceden el rango de experiencia operacional existente:

- incluso si un túnel cumple todos los requisitos reglamentarios, tiene un riesgo residual que no es obvio y no se aborda específicamente;
- un enfoque prescriptivo define un cierto estándar del equipo del túnel, etc. pero no es adecuado para tener en cuenta las condiciones específicas de un túnel individual. Además, en un accidente grave la situación es completamente diferente a la operación normal y puede ocurrir una gran variedad de situaciones diferentes que excedan la experiencia operativa existente.

Por lo tanto, además del enfoque prescriptivo, especialmente para sistemas complejos, se necesita un suplemento que se ocupe específicamente de situaciones de emergencia: un enfoque basado en el riesgo. Los enfoques basados en el riesgo permiten una evaluación estructurada, armonizada y transparente de los riesgos para un túnel concreto, incluyendo la consideración de las condiciones locales en términos de factores de influencia relevantes, sus interrelaciones y las posibles consecuencias de los incidentes. Además, los enfoques basados en el riesgo permiten proponer las pertinentes medidas de seguridad adicionales con miras a la mitigación del mismo y pueden ser la base para la toma de decisiones, teniendo en cuenta la relación coste-eficacia para asegurar el uso óptimo de recursos financieros limitados.

Sin embargo, un enfoque basado en el riesgo no puede reemplazar las especificaciones de diseño técnico. Por ejemplo, los resultados de un análisis de riesgo pueden ayudar a definir los requisitos funcionales para un sistema de ventilación de un túnel, pero para garantizar un funcionamiento adecuado de la ventilación se debe definir un conjunto de parámetros técnicos que por ejemplo, pueden ser realizados en una *"Guía Técnica de Diseño"*; por lo tanto el enfoque prescriptivo y el enfoque basado en el rendimiento son elementos complementarios, indispensables de un estado del arte para la planificación de seguridad de un túnel de carretera. Por consiguiente, los nuevos reglamentos internacionales (como la

Directiva 2004/54 / CE [2]) y los reglamentos nacionales sobre los túneles abordan cada vez más la evaluación de riesgos.

En un enfoque basado en el riesgo, por lo general las emergencias se analizan sistemáticamente, aplicando técnicas de escenarios; se abordan tanto la probabilidad de los escenarios como sus consecuencias. La cuantificación de los riesgos puede lograrse combinando la probabilidad y las consecuencias de cada escenario. Al resumir los riesgos parciales de todos los escenarios se puede calcular el riesgo global de un túnel. Este enfoque también incluye escenarios que pueden no haber ocurrido (y por lo tanto no están cubiertos por la experiencia), pero que pueden ocurrir y pueden tener consecuencias importantes. Sin embargo, no todos los efectos pueden ser cuantificados y un análisis de riesgo también puede centrarse en preguntas específicas o escenarios específicos sin investigar la gama completa de posibles accidentes. Por lo tanto, se han desarrollado y aplicado en la práctica diferentes métodos (véase el [capítulo 1.3](#) y [apéndices](#)) y la selección del método más adecuado para investigar determinados problemas tiene que coincidir con el problema específico, la profundidad de evaluación requerida y la disponibilidad de recursos.

En un análisis de riesgos se pueden investigar diferentes tipos de riesgos:

- daño a un grupo específico de personas (muertes y / o lesiones): el indicador de riesgo más común es el de las muertes referidas al grupo de usuarios del túnel; en situaciones específicas también puede ser necesario dirigirse a otros grupos de personas posiblemente afectadas por las consecuencias de accidentes, por ejemplo, personas que vivan cerca de las bocas del túnel (en caso de accidentes con mercancías peligrosas) o encima del túnel (en caso de daños a la estructura del túnel);
- pérdida de la propiedad / pérdida económica: ejemplos típicos son los daños a la estructura del túnel (que provocan costes de reparación) y períodos de cierre del túnel debido a daños causados por un accidente (que provocan la pérdida de ingresos por peaje y/o mayores costes en el transporte así como consecuencias para la economía local, regional o nacional);
- daño al medio ambiente: aunque los túneles normalmente limitan los daños al medio ambiente, el derrame de líquidos peligrosos a través del sistema de drenaje del túnel puede causar contaminación ambiental si no existen medidas de protección adecuadas;
- daño a valores inmateriales: por ejemplo, daño a la imagen de una empresa, región o país como consecuencia de la reacción de los medios de comunicación a un accidente con grave consecuencias; estos efectos indirectos a largo plazo tienden a ser subestimados y son de considerable importancia para la evaluación del riesgo (véase el [capítulo 2](#)).

Además, los resultados de un análisis de riesgos pueden utilizarse como base para futuros estudios, como la evaluación de las consecuencias socioeconómicas.

Los riesgos pueden abordarse de forma cuantitativa o cualitativa. Los métodos cualitativos suelen centrarse en el análisis funcional de la secuencia de sucesos y la interacción de las personas, los sistemas y los procedimientos. Con métodos cuantitativos, se pueden calcular los valores de riesgo característicos de todo el túnel (discutidos con más detalle en el [capítulo 1.3](#)).

Si se cuantifican los riesgos esto se puede hacer para individuos o para grupos específicos de personas. El riesgo individual es el riesgo para una persona que usa un túnel o vive cerca de él. No sólo se determina por los peligros (que provocan el riesgo), sino también por la exposición

de la persona a ellos. El riesgo para un grupo definido de personas se denomina riesgo social. El riesgo social para los usuarios / vecinos del túnel es el indicador de riesgo cuantitativo más común para la evaluación del riesgo de los túneles de carretera.

1.2. EL PROCESO DE EVALUACIÓN DE RIESGOS

El análisis del riesgo está incluido en el proceso de evaluación de riesgos que abarca los tres elementos siguientes:

- **Análisis de riesgos:** el análisis de riesgos es un enfoque sistemático para analizar secuencias e interrelaciones en incidentes o accidentes potenciales, identificando puntos débiles en el sistema y reconociendo posibles medidas de mejora (véase el anterior informe de la AIPCR "Análisis de Riesgos para Túneles de Carretera" [1]);
- **Evaluación de riesgos:** la evaluación del riesgo se centra en la cuestión de la aceptabilidad de los riesgos identificados para responder a la pregunta "¿Es aceptable el riesgo estimado?". Para una evaluación sistemática y operable del riesgo, se deben definir la evaluación y los criterios de riesgo y determinar si un nivel dado es aceptable o no..
- **Reducción de riesgos:** si se considera que el riesgo estimado no es aceptable se deben proponer medidas de seguridad adicionales para reducirlo.

El procedimiento para realizar un análisis de riesgo se puede dividir en los 4 pasos siguientes:

- Definición del sistema.
- Identificación del peligro: proceso sistemático para identificar y estructurar todos los peligros relevantes y analizar sus efectos correlacionados;
- Análisis probabilístico: determinación de las probabilidades de ocurrencia de sucesos/ escenarios;
- Análisis de las consecuencias: estudio de las consecuencias de los escenarios relevantes.

El diagrama de flujo simplificado de la **ilustración 1** ilustra los principales pasos del proceso de evaluación de riesgos