

Propuesta de mejora de la seguridad en las instalaciones de los túneles de carretera



Pablo Zapico Gutiérrez

Ingeniero Técnico Industrial. Ingeniero Técnico de Minas.

Jefe de la Sección de Industria y Energía de la Junta de Castilla y León en León



Isaías Maiso Millán

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

Jefe de Sección de Carreteras de la Junta de Castilla y León en León



José Alejandro Alonso de Linaje Díez

Graduado en Ingeniería Mecánica

Resumen

Este trabajo analiza la regulación y el procedimiento para mejorar la seguridad de las instalaciones de los túneles de carretera. Estudia también como facilitar su evacuación en caso de siniestro.

Palabras clave

Instalación, electricidad, evacuación, incendio, gases tóxicos, túnel, carretera

Abstract

This article analyses the regulations and procedure for improving safety in road tunnel installations and examines how to facilitate evacuation in the case of an accident.

Keywords

Installation, electricity, evacuation, fire, toxic gases, tunnel, road

1. Introducción

La seguridad de los túneles de carretera pasa por mantener las instalaciones de ventilación, iluminación, seguridad, detección de incendios, etc. en funcionamiento, en caso de siniestro o incendio. Ello requiere tomar una serie de medidas de seguridad que se irán desgranando a continuación.

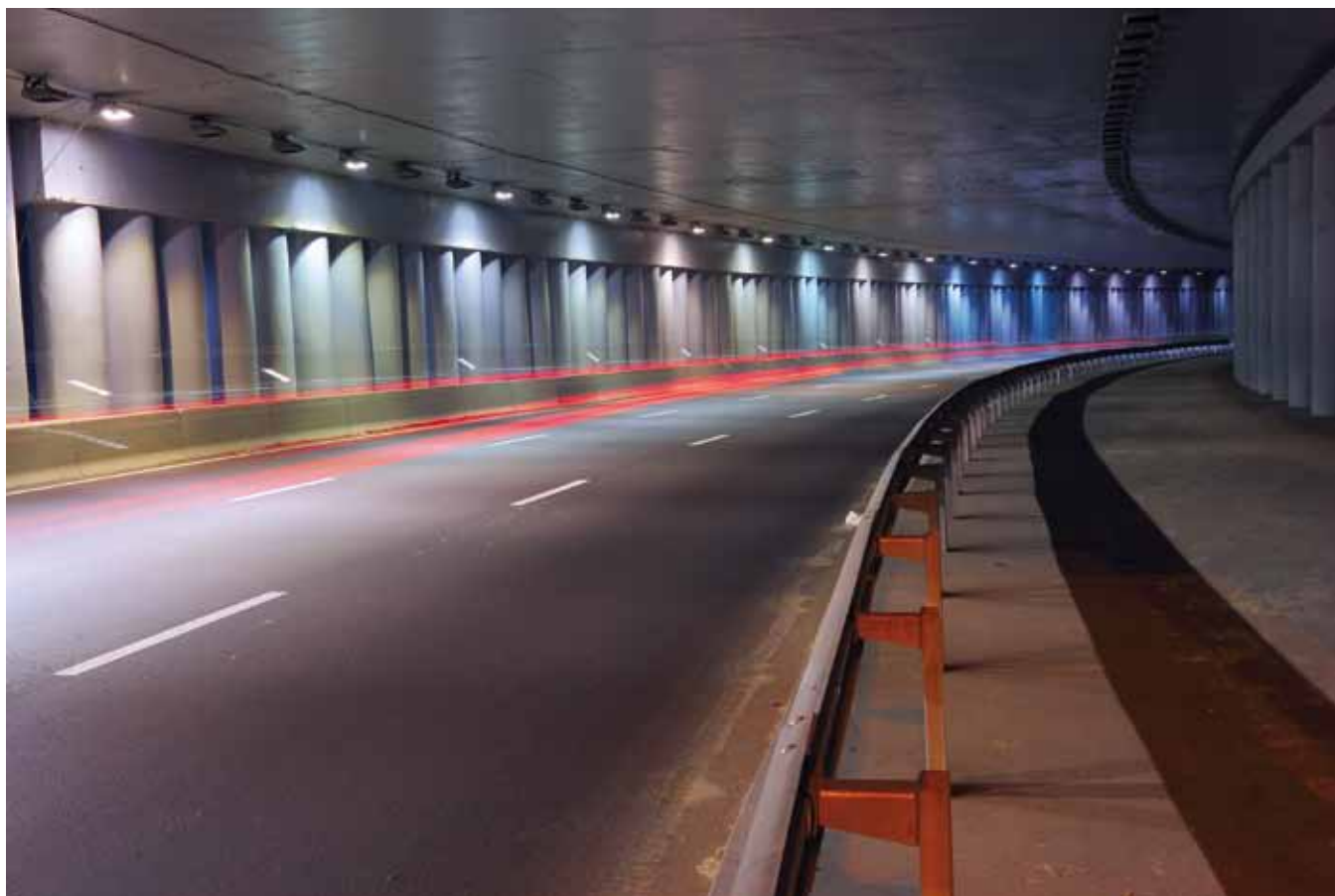
2. Ventilación y extracción

La primera medida, que ya se toma actualmente en muchos casos, pero no por ello hay que dejar de recordar, es la de mantener el servicio eléctrico en cualquier circunstancia. Para ello se instalan grupos electrógenos, con conmutador automático red-grupo. Dichos grupos mantendrán el suministro de electricidad en el túnel durante el tiempo suficiente como para garantizar la salida de las personas presentes en el interior del mismo y sus vías de evacuación (incluso en caso de un corte de suministro, aunque no exista una emergencia). Lo que supone que funcionen los sistemas de ventilación, comunicaciones, iluminación, incendios, señalización, etc...

El primer problema lo encontramos en los sistemas de ventilación. En caso de fallo de red se pararán, aún con la conmutación red-grupo. Es perfectamente conocido que el arranque directo de los motores asíncronos de rotor en

cortocircuito produce un transitorio de intensidad de unas seis veces su valor nominal. Si el arranque se realiza en estrella-triángulo, la demanda transitoria de intensidad disminuye ligeramente, pero sigue siendo muy alta. El aludido efecto de arranque es perfectamente asumible cuando la alimentación procede de una red eléctrica de distribución. Si se intenta dicho arranque mediante la alimentación de un grupo electrógeno, puede disparar las protecciones del grupo u obligar a sobredimensionar el mismo hasta unos niveles francamente antieconómicos, superando, por mucho, la potencia del suministro duplicado. Para paliar el problema, existen actualmente en el mercado unos arrancadores, denominados suaves, que solamente actúan durante la puesta en marcha del motor. Tienen la ventaja adicional de que son muy adecuados para poner en marcha ventiladores, que parten de un par resistente de arranque muy bajo, debido exclusivamente a sus inercias mecánicas. Eliminan por completo las sobreintensidades que se producen en la fase de puesta en marcha.

Los aludidos ventiladores, van a tener que evacuar, en casos extremos, gases procedentes de incendios. Por lo tanto deben de estar preparados para trabajar a temperaturas próximas a los 400 °C durante un mínimo de 90 minutos, tipo F40090. Todo ello si queremos que cumplan su función



con la seguridad suficiente. Tácitamente, este requisito de 400 °C y 90 minutos, se considera aplicable a sus conductores de alimentación, que son su punto más débil. Los cables normales, en caso de incendio, arden mientras están recibiendo llama, aunque sean de tipo autoextinguible. Si tienen aislamiento de PVC producen además humos tóxicos, asfixiantes, peligrosos y opacos, que dificultan la evacuación por falta de visibilidad. Además se destruyen muy rápidamente en caso de incendio. Por ello es muy importante, no solo que el ventilador sea del tipo adecuado, sino que su instalación eléctrica también lo sea.

Recordemos que lo importante en caso de incendio es la extracción de los humos. Proteger a las personas presentes en el túnel, proporcionándoles una atmósfera respirable y la visibilidad suficiente como para alcanzar una vía de evacuación segura. Al hacerlo avivaremos el incendio, pero hay que recordar que el humo acumulado, y sin control, es mucho más peligroso que el fuego, por su toxicidad y por

la desorientación que produce al impedir la visibilidad, lo que implica que no se pueda localizar la salida hacia una zona segura.

Adicionalmente puede existir un sistema de compuertas y/o rejillas de ventilación, que evacúen los humos por un conducto separado dentro del propio tubo del túnel. Dichas rejillas se utilizarán para evacuar los humos calientes del incendio justo donde se produzca. Deberán de estar motorizadas y alimentadas por medio de conductores resistentes al fuego de tipo AS+, al igual que los ventiladores.

3. Alumbrado

Las luminarias serán de tipo LED, actualmente ya no se instala otra tecnología. Una parte de ellas deberán de disponer de un sistema de alimentación ininterrumpida con baterías de acumulación eléctrica. Ante cualquier corte del servicio eléctrico, entrarán en funcionamiento y mantendrán la iluminación hasta haber evacuado a todas las personas

presentes en el túnel. Para ello deberán de contar con alimentación por medio de conductores independientes, que serán de tipo AS+, para que, incluso en caso de incendio, mantengan el servicio eléctrico. Su tiempo de funcionamiento mínimo será de una hora, pero si el túnel es muy largo deberemos de prever un tiempo de servicio mayor, de forma que los usuarios puedan llegar a una salida antes de que se agote su sistema de alimentación. Todo ello con un margen de seguridad suficientemente amplio.

Las luminarias que se fabrican y venden en el mercado no cumplen las especificaciones exigidas a los cables, lo que resulta paradójico, ya que los equipos de iluminación pueden estar en contacto directo con el fuego, tanto o más que los cables. No se les exige tampoco la especificación de su contenido en halógenos y la emisión de humos de sus componentes, tanto externos como internos. La previsión del legislador en cuanto a los conductores queda rota por estas omisiones.

4. Conductores

Los conductores aislados con PVC desprenden, en caso de incendio, humos tóxicos, opacos y asfixiantes. Ello es especialmente peligroso en un recinto cerrado como el caso que nos ocupa. Son peligrosos, para las personas presentes en el túnel, por su toxicidad. Impiden la visión y la localización de las posibles vías de evacuación, por ello deben de proscribirse totalmente.

Todos los conductores eléctricos que se utilicen serán, como mínimo, no propagadores del incendio, de baja emisión de humos y de opacidad reducida. En conclusión, cubierta verde (en el caso de cables de 0,6/1 kV) y marcado con las letras AS.

Los conductores, que alimenten eléctricamente los extractores y otros servicios de seguridad, tendrán las características adecuadas de resistencia al fuego (cubierta naranja y marcado con las letras AS+) cuando se instalen en túneles de carretera. Los cables deberán ser resistentes al fuego en el tramo que discurre por el sector de incendio que constituye el túnel. El tramo del cable de alimentación a los extractores, u otro servicio de seguridad, que se sitúe en otro sector de incendio diferente, galería de evacuación o similar, no es preciso que sea de cable resistente al fuego. Los conductores fabricados de acuerdo con la norma UNE 50200, para un tiempo de resistencia al fuego de noventa minutos (esta norma contempla otros tiempos de resistencia

al fuego inferiores) y con una temperatura de ensayo de 800 °C, cumplen con exceso los requisitos especificados.

Los conductores y conductos que se utilicen para la alimentación de los sistemas de detección y extinción de incendios, seguridad, gestión técnica, automatismos y comunicaciones, quedan en un vacío legal. Dicho hueco debería llenarse aplicándoles un nivel de seguridad equivalente al de las instalaciones eléctricas, utilizando cables y canalizaciones de características AS o AS+, en función de las necesidades de utilización en caso de siniestro. Se sitúan fuera del ámbito de aplicación de la Reglamentación y por tanto no están sujetos a sus prescripciones.

La resistencia al fuego requerida a los elementos de compartimentación de incendios se debe mantener en los puntos en los que son atravesados por elementos de las instalaciones, tales como cables, tuberías, conducciones, conductos de ventilación, etc. Para mantener la resistencia al fuego puede optarse por una de las siguientes alternativas:

a) Disponer un elemento que, en caso de incendio, obture automáticamente la sección de paso. Garantizando en dicho punto una resistencia al fuego al menos igual a la del elemento atravesado. Por ejemplo, una compuerta cortafuegos automática EI t (i↔o). Siendo t el tiempo de resistencia al fuego requerida al elemento de compartimentación atravesado, o un dispositivo intumescente de obturación (el símbolo ↔ indica que el valor de la estabilidad al fuego se cumple en ambos sentidos, de dentro a fuera y viceversa).

b) Instalar dispositivos pasantes que aporten una resistencia al menos igual a la del material atravesado. Por ejemplo, conductos de ventilación EI t (i↔o). Siendo t el tiempo de resistencia al fuego requerida a la compartimentación atravesada.

Se especifica para los elementos constructivos una reacción al fuego para techos y paredes de A2-s1,d0 (equivalente al antiguo M0 s/NBE-CPI 96). Para suelos se establece A2FL-s1 (M0). Los patinillos verticales de paso de cables tendrán una reacción al fuego B-s3,d0 (M1). Se incluyen a continuación dos tablas, una de la denominación de los materiales frente al fuego, de acuerdo con el Real Decreto 312/2005. En ella que se clasifican los productos de construcción frente al fuego. Otra tabla relaciona las clases de reacción al fuego y los criterios de clasificación de los productos utilizados, de acuerdo con la norma anterior.

A1	No combustible	Sin contribución en grado máximo al fuego
A2	No combustible	Sin contribución en grado menor al fuego
B	Combustible	Contribución muy limitada al fuego
C	Combustible	Contribución limitada al fuego
D	Combustible	Contribución media al fuego
E	Combustible	Contribución alta al fuego

Tabla 1. Denominación de los materiales frente al fuego

5. Canales y tubos protectores

Es preciso recordar que los tubos y canales pueden tener una masa de PVC de hasta diez veces el peso de polímero de los cables que contienen¹.

En los túneles, se presentan problemas, respecto al peligro de transmisión del fuego y a la intoxicación de las personas. Los humos producidos por el incendio de la instalación eléctrica, quedarían eliminados utilizando tubos y canales metálicos o aislantes de las mismas características que los cables. También se podrían utilizar conductores armados grapados directamente sobre los paramentos, aunque complica mucho el mantenimiento posterior.

Para mantener un nivel de seguridad elevado contra los daños mecánicos, es más importante disponer los cables lo suficientemente elevados, de forma que no corran peligro

Clasificación principal	COMBUSTIBILIDAD	Aplicación final			Combustible	Contribución al fuego	
		Paredes, techos	Suelos	Productos lineales para aislamiento térmico de tuberías			
		A1	A1 _{FL}	A1 _L	No	No	Grado máximo
		A2	A2 _{FL}	A2 _L	No	No	Grado menor (duración de la llama ≤20s)
		B	B _{FL}	B _L	Sí	Sí	Muy limitada
		C	C _{FL}	C _L	Sí	Sí	Limitada
		D	D _{FL}	D _L	Sí	Sí	Media
		E	E _{FL}	E _L	Sí	Sí	Alta
		F	F _{FL}	F _L	Sin clasificar, sin comportamiento determinado		

Clasificaciones adicionales	Opacidad de los humos	Cantidad y velocidad de emisión	Baja	s1
			Media	s2
			Alta	s3
	Caída de gotas o partículas inflamadas	Sin caída (UNE-EN 13823) en 600s		d1
		Sin caída (UEN-EN 12823) durante más de 10s		d2
		Ni d0, ni d1		d3

Tabla 2. Clases de materiales frente al fuego s/UNE-EN 13501-1.

de daño, que colocarlos bajo tubo metálico. La instalación de los cables por este último sistema resulta muy cara y de montaje complejo, sin que suponga un aumento apreciable de la seguridad.

Los tubos o canaletas y los cables son dos materiales íntimamente ligados entre sí. Son el continente y el contenido de un todo y por ello no pueden, ni deben, tener una filosofía de seguridad tan diferente. Resulta absolutamente ilógico que la reglamentación aplique una norma muy restrictiva a los conductores y a la vez, evite pronunciarse sobre los conductos que los contienen. Se olvida de que si el cable llega a arder, su conducto también lo hará, desprendiendo humos tóxicos, corrosivos, asfixiantes y opacos y en una cantidad muy superior a la de los conductores, pues tienen más masa de material polimérico. Es curioso que las exigencias para los cables de alimentación hayan tenido un incremento tan llamativo y que las de las luminarias y conductos no hayan evolucionado. Siguen siendo válidas las fabricadas con materiales poliméricos, sin especificar si son de tipo termoplástico o termoestable, ni su emisión de humos y toxicidad en caso de incendio.

Los conductos y canales de PVC de tipo no propagadores de la llama tampoco cumplen la Directiva 89/106/CEE, sobre la libre circulación de productos de la construcción, ya que carecen de seguridad en caso de incendio (art. 3.1 letra b) por el mismo motivo que en el caso anterior.

La tendencia, nacional e internacional en los túneles de carretera, después de diversos ensayos y análisis de siniestros producidos, se dirige a eliminar el PVC de las canalizaciones y

de los cables. Este es el camino que debería haber seguido la normativa de baja tensión.

Las luminarias alimentadas por una fuente central son normalmente las de emergencia y señalización, así como los pilotos de balizamiento de las escaleras y rampas. El Reglamento Electrotécnico Español de 2002 y el europeo (UNE 20460), establecen que sus conductores deben ser acordes con la norma UNE 21123, partes 4 ó 5, resistentes al fuego y marcados con el símbolo AS+. Sus líneas de alimentación tienen que discurrir independientemente de las demás y preferiblemente bajo tubo o canal independiente. Mejor que discurran bajo las normales, para que en caso de incendio no reciban llama directa.

Resumiendo lo dicho, los tipos de conductores que se deben utilizar y su marcado, se adjuntan en la tabla 3 que se incluye bajo estas líneas.

Como se puede ver, el marcado de este tipo de conductores es muy complejo, por ello es necesario simplificarlo. Se propone utilizar las siglas AS y AS+, que deben de estar indefectiblemente grabadas sobre los cables. Los cables deben cumplir también la norma UNE 20432-3 y ser no propagadores del incendio.

Actualmente, existen en el mercado tubos, que algunos fabricantes denominan de “bajo contenido en halógenos”. Son tubos de PVC, de contenido en halógenos indeterminado, con mayor o menor carga inerte o que incluso, pueden estar aditivados para cumplir la especificación M1 con retardantes de la llama organohalogenados tipo PBDE (penta bromo difenil

TIPO DE CABLE	UNE	DESIGNACIÓN	MARCADO
Cables para alimentación de alumbrado y fuerza	211002	ES07Z1-K (instalar solo bajo tubo)	AS
	211002	EF05Z1-K (instalar solo en el interior de cuadros)	
	21123-4	RZ1-K (para instalar en bandejas o huecos)	
	21123-5	DZ1-K (para instalar en bandejas o huecos)	
Cables para alimentar el alumbrado de balizamiento y emergencia no autónomo, compuertas y ventilación en los túneles	21123-4 21123-5 50200 (50265, 50266, 50267, 50268)		AS+

Tabla 3. Tipos de cables para túneles de carretera

éter), actualmente en fase de prohibición en la CEE. Son muy peligrosos para las personas en caso de incendio.

6. Extinción por agua nebulizada

Los sistemas de protección contra incendios mediante agua nebulizada son la mejor opción frente a los sistemas gaseosos que desplazan el oxígeno del aire y no pueden ser utilizados en lugares donde haya personas. Tienen ventajas importantes frente a las aplicaciones de agua convencionales. Para optimizar las propiedades de este sistema, hay que dividir el agua en microgotas, proporcionando a las mismas la energía suficiente para que penetren en el fuego y de esta manera potenciar su capacidad de extinción, sin olvidar nunca mantener la ventilación a pleno rendimiento para proteger a las personas.

Los elementos necesarios para utilizar este sistema son los siguientes. Depósito para la reserva de agua, equipado con válvula de flotador mecánica, filtro de impurezas, interruptores, las tapas y válvulas necesarias y un sistema de cloración para prevenir la legionelosis. Botellas de alta presión, rellenas de nitrógeno presurizado a 200 bares con disparadores automáticos, presostatos, transductores y manómetros para dispensar el agua a alta presión cuando sea precisa. Equipos de bombeo formados por bombas volumétricas de desplazamiento positivo dotadas de pistones cerámicos funcionando a presiones de 140 bares, motores eléctricos trifásicos dotados de variadores de frecuencia o arrancadores suaves y alarmas a distancia, así como bombas diesel de reserva. Los difusores son abiertos, preparados para soportar presiones de hasta 280 bares con descarga directa, con caudales entre 0,6 y 36 litros por minuto, con una presión de trabajo normal de 120 bares y cabeza nebulizadora abierta de cuatro salidas, colocados en tubería normalmente seca. Se trata de tuberías

muy resistentes debido a las presiones necesarias para este sistema de extinción, además del golpe de ariete inicial de llenado y puesta en funcionamiento.

7. Conclusiones

Los conductores que alimenten la instalación serán siempre de baja emisión de humos, opacidad reducida y libres de halógenos, marcados con las letras AS y si además tienen que mantener el servicio en caso de incendio rotulados con la marca AS+.

Es imprescindible modificar la regulación de las canalizaciones eléctricas para que cuando sea preceptivo utilizar conductores de baja emisión de humos, no propagadores del incendio y libres de halógenos, su conducto cumpla los mismos requisitos de seguridad.

Los tubos y canales no pueden ser de PVC. Se debe buscar un material alternativo de baja emisión de humos y libre de halógenos, canales y bandejas metálicas con puesta a tierra, que son incombustibles y más resistentes mecánicamente.

Se deben de vigilar las luminarias, para que cumplan las mismas especificaciones que los ventiladores, cables, etc.

Las instalaciones especiales deberán de cumplir las mismas especificaciones que el resto de la instalación, para que no queden en un vacío legal y con una seguridad insuficiente. **ROP**

Notas

(1) DEPARTAMENTO TÉCNICO DE PEMSA, El incendio del edificio Windsor y los cables libres de halógenos, Electronoticias nº 123, abril de 2005, págs. 56-60, Madrid.

