



# Seguridad contra incendios en vehículos ferroviarios para transporte de pasajeros

JOSÉ MIGUEL LACOSTA BERNA  
Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles, S. A.

## SUMARIO

*Este trabajo es actualización de uno anterior, publicado en 1986. Desde ese año, los materiales con que se construyen esos vehículos han mejorado enormemente, y los equipos que montan han experimentado también un aumento en sus niveles de seguridad, todo lo cual ha dado un vuelco sustancial en la mejora de la seguridad en general y de la seguridad contra incendios en particular, puesta de manifiesto en la disminución de los incendios ferroviarios. Se pretende dar una visión sobre la situación actual de la tecnología de construcción de vehículos ferroviarios de pasajeros para reducir y, en algunos casos, casi anular el riesgo de incendio.*

**Palabras clave:** Transporte por ferrocarril, seguridad contra incendios, detección y extinción de incendios.

## INTRODUCCIÓN

En 1986 esta REVISTA publicaba un trabajo titulado «Seguridad contra incendios en el transporte de pasajeros por ferrocarril». Al igual que en otros aspectos de la técnica, la seguridad contra incendios, en general, y, particularmente, la aplicada a los vehículos ferroviarios han experimentado tales cambios que ha parecido interesante actualizar aquel trabajo.

Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles, S. A., (CAF), que es la empresa española más importante dedicada al diseño y a la fabricación de todo tipo de vehículos y componentes ferroviarios y cuyos orígenes, siempre en esa actividad, se remontan a los últi-

mos años del siglo XIX, quiere agradecer a la Fundación MAPFRE y a su REVISTA, esta oportunidad de exponer nuestras ideas sobre un tema con el cual estamos profundamente comprometidos, como fabricantes y como miembro adherente de ALAMYS (Asociación Latinoamericana de Metros y Subterráneos).

## ¿QUÉ ES UN TREN?

En el año 2002, la era de la alta velocidad, la de la competencia entre el tren y el avión (en bastantes casos con ventaja del tren), esta pregunta puede parecer algo perogrullesca y resulta, cuando menos, chocante. En España tenemos una cultura ferroviaria de algo más de un siglo y medio, y sería muy difícil encontrar ahora a personas que no conozcan el tren, en general, e incluso a quienes les resulte indiferente.

Sin embargo, la respuesta no resultan tan sencilla como la pregunta.

Aparentemente, en los que se refiere a su forma exterior, los trenes han cambiado poco y continúan manteniendo una preponderancia de la longitud sobre las otras dos dimensiones, no sólo por la propia forma de los vehículos, sino también porque siguen funcionando en composiciones de longitud variable, que llegan a alcanzar algunos centenares de metros.

Sin embargo, otros aspectos, hace algunos años inimaginables, entran ahora en liza. Por ejemplo, los sociales. La extensión de las áreas residenciales induce un incremento de la movilidad de la población, ya sea por trabajo o por estudios, que el tren facilita; esa misma extensión produce que muchas poblaciones tengan un crecimiento policéntrico que el tren permite comunicar de forma rápida y segura: las mejoras de las instalaciones y de los vehículos posibilitan también que las personas de movilidad reducida se conviertan en usuarios.

Otro ejemplo: los ambientales. Además del hecho ya conocido de la

utilización habitual de la energía eléctrica, aunque cada vez en menor cantidad porque se gasta de modo más eficiente, convencer a los ciudadanos para utilizar el tren supone una reducción en el uso de los automóviles particulares, que a su vez produce una reducción de ruidos, de emisiones al ambiente y de consumos de combustibles fósiles. Paradójicamente, un aumento en la demanda de transporte ferroviario (metro o cercanías) suele producir la transformación de vías al aire libre en vías subterráneas, liberando importantes superficies ciudadanas.

Hemos podido comprobar que los objetivos del transporte ferroviario son muchos y que, por lo tanto, y respondiendo a la pregunta de qué son los trenes, además de medios de transporte, son actualmente muchas más cosas.

Por supuesto, continúa firme el objetivo básico del transporte, en general, y del ferrocarril, en particular, que es el de mover personas y objetos, y si esto lo hacemos en las condiciones deseadas por el usuario, los conceptos clásicos de seguridad, velocidad y confort, siguen siendo factores de calidad en los servicios que ofrecen las compañías ferroviarias, y que resumen muy claramente las ideas que en CAF tenemos de los vehículos ferroviarios y sobre las que trabajamos.

Y, en concreto, uno de los aspectos de la seguridad que nos preocupa mucho es el de la seguridad contra incendios.

## EL FUEGO Y LOS VEHÍCULOS FERROVIARIOS

### Seguridad contra incendios en vehículos ferroviarios

La seguridad contra incendios en una red ferroviaria se consigue mediante una mezcla de planificación adecuada, procedimientos y sistemas que se integran para garantizar unas condiciones óptimas de protección de la vida y la propiedad contra los efectos del fuego. A partir de este enunciado podemos ver que abarca una multitud de aspectos, no sólo por el incendio en sí mismo, sino también por los lugares, cosas y personas afectadas y situaciones donde pueden producirse.

El tema es importante. La red ferroviaria mayor de España, pero no única, la de RENFE, posee una longitud de 13.500 kilómetros. Pero la posibilidad de un accidente no sólo está relacionada con la extensión de la red; disponemos ya en España de cuatro sistemas de ferrocarril metropolitano



*A diferencia de los incendios, los choques son denominados como siniestro de causa-efecto, ya que la influencia del tiempo es poco relevante. En la foto, choque de trenes en Bélgica.*



En la actualidad es posible que las personas de movilidad reducida sean usuarias del ferrocarril. En la foto, puertas y plataforma preparadas para el acceso de sillas de ruedas en las unidades de la Serie 213 de FGC.

funcionando plenamente (Madrid, Barcelona, Valencia y Bilbao) y otro en fase muy avanzada (Sevilla); esta realidad es aún mayor si incluimos a Portugal (Lisboa y Oporto). Todas estas compañías cuentan con unas redes, túneles, pasillos y estaciones, con dos características fundamentales: son básicamente subterráneas y urbanas.

Los servicios de cercanías, muy importantes para vertebrar el territorio, son de ámbito nacional (RENFE y FEVE) y también autonómico (de modo no exhaustivo: FGC, ET/FV, FGV, SFM). Por último, pero no menos importante, indicar que los sistemas de tranvías o metros ligeros también empiezan a estar presentes en numerosas ciudades (Lisboa, Valencia, Alicante, Barcelona y Bilbao). A pesar de este gran desarrollo del transporte de personas por ferrocarril, en las últimas décadas no se han producido accidentes graves ni catástrofes ferroviarias relacionadas con incendios.

### Características de los incendios en trenes

Los vehículos ferroviarios actualmente en servicio están contruidos

*Los trenes, y en particular los urbanos, subterráneos o no, se han convertido en algo más que un medio de transporte. Se les pide que respeten el ambiente, que sean silenciosos, frecuentes, cómodos, que gasten poca energía y muy seguros. La lista de solicitudes, y no es exhaustiva, es impresionante para unos elementos con más de ciento cincuenta años. Como en el caso del buen vino, puede decirse que el ferrocarril ha ganado con el tiempo.*

de acuerdo con el estado de la técnica en el momento de su aparición. Cumplen con un gran número de diversas exigencias en una relación equilibrada. En su construcción y equipamiento se han cumplido, en lo

que se refiere a la seguridad contra incendios, las normas vigentes y, asimismo, se han utilizado los materiales más adecuados disponibles en el momento de su puesta en servicio. Y este último dato es importante porque, al menos en teoría, los coches contruidos en el 2002 deben seguir funcionando en el año 2032.

Pero el riesgo de incendio en los vehículos ferroviarios no viene determinado únicamente por el diseño o por los materiales de su interior, sino también por las condiciones de operación; es decir, por el servicio que prestan. Por ejemplo, un tren de cercanías que para cada pocos minutos y en el que los pasajeros están bajo control casi constantemente, tiene un nivel de riesgo distinto del de un coche cama en un tren de largo recorrido. Mientras que los bomberos y las asistencias pueden llegar al lugar del hecho en unos pocos minutos, caso del transporte metropolitano, en los viajes de larga distancia tienen que ser combatidos con el equipo que llevan de dotación y la evacuación de los coches requiere mucho más tiempo, y frecuentemente es más difícil por túneles, puentes, falta de carreteras de acceso, etc.

Los coches motores sufren la mayoría de los incendios. Las causas principales suelen ser exceso de grasa y aceite, mezclados con suciedad y polvo procedentes de un cojinete sobrecalentado, explosiones de interruptores, disyuntores y conmutadores de AT. Debido a su alto punto de inflamación, el gasoil raramente prende. Incluso si hay numerosas fuentes potenciales de incendio en unidades motrices diesel o en locomotoras, una de las más frecuentes suele ser el goteo de combustible procedente de soldaduras rotas de los tubos de combustible situados encima de partes calientes o con movimiento. Tales fuegos son normalmente localizados y muy raramente ocasionan daños si son detectados y combatidos por personal entrenado en una etapa inicial. Limpieza e inspección regular son las precauciones más efectivas contra incendios en este terreno.

El riesgo de incendio por cortocircuito es relativamente bajo en los coches de pasajeros, cuyas instalaciones están habitualmente bien protegidas por fusibles o interruptores automáticos.

Otro tema es el riesgo inducido por los viajeros. Cerillas, cigarrillos, etc., arrojados con descuido son todavía causas comunes de incendio, en particular en recorridos urbanos o de cercanías. Pequeños orificios, rincones aberturas de todo tipo en trampillas, tapas de armario, etc., son medios atractivos para librarse de las colillas. Alimentado por las corrientes de aire, basura, polvo y papeles, un incendio puede permanecer latente y sólo avivarse después de varias horas. El arsonismo no parece ser todavía un problema de especial gravedad para los ferrocarriles.

### Experiencias de análisis

De las experiencias obtenidas en diversos ferrocarriles europeos, y de nuestros propios análisis, se pueden establecer hasta ahora las siguientes afirmaciones:

- En los coches actuales es difícil que los propios equipos del vehículo sean el origen de incendios. Las zonas, equipos o componentes del coche en las que pueden producirse altas temperaturas son sobradamente conocidas y diseñadas en consecuencia.

- Los vehículos son puestos en situación de peligro, sobre todo por acciones incendiarias intencionadas que tienen lugar en la zona destinada a viajeros. Pequeños focos de incendio,



*El incendio en el interior de un coche tipo salón, produce casi siempre la pérdida de todo el interior del coche, por la falta de compartimentación.*

como cigarrillos, no conducen, salvo casos excepcionales, a un incendio.

- La limpieza y el mantenimiento son elementos fundamentales para evitar el desarrollo y propagación de un incendio en el interior de los coches.

- Los coches cuya estructura interior es a base de departamentos presentan un mejor comportamiento al fuego que los de tipo abierto o salón, ya que los primeros tienen la posibilidad de sectorizarse mediante soluciones constructivas.

- Un incendio bajo bastidor no suele propagarse por encima del mismo, y viceversa.

- Un incendio en la zona de viajeros tiene casi siempre como consecuencia la pérdida de todo el vehículo si no se apaga entre los tres y los cinco primeros minutos. Después de este tiempo no son, generalmente, suficientes los medios de extinción habitualmente presentes en el propio vehículo.

- Hasta la llegada de los bomberos, el incendio se habrá extendido tanto que para combatirlo será necesario emplear agua. Pero hasta que se dispone de agua para la extinción pasa un tiempo muy elevado y para entonces suele quedar poco que salvar en el vehículo incendiado.

- Los incendios en túneles presentan las situaciones más difíciles, porque la evacuación de los pasajeros y de la tripulación se produce en espacios muy limitados, ya que puede haber concentraciones de calor, humo y gases, y la actuación del personal de los servicios de salvamento y extinción es más difícil y peligrosa.

Este análisis, que todavía continúa vigente en muchos casos, ha sido felizmente superado en otros por el empleo de soluciones técnicas importantes y que iremos viendo a lo largo de este trabajo.

### PREVENCIÓN POR MEDIO DE MEDIDAS CONSTRUCTIVAS

#### Actuaciones sobre las estructuras

Las estructuras resistentes de los vehículos, únicamente de acero hasta

*La idea sugestiva de fabricar un coche «que no arda» nos llevaría inmediatamente a una contradicción entre las exigencias funcionales y las de fuego, y, en caso de prevalecer las de fuego, en situaciones límite podría darse el caso de que los mismos viajeros rechazaran los vehículos.*

no hace más de diez años, se construyen en la actualidad de modo indistinto, en ese material o en aluminio. La disponibilidad cada vez mayor de nuevos materiales, junto con las crecientes exigencias de reducción de peso del vehículo por razones de ahorro energético, aumento de velocidad sin aumento de peso y disminución de los problemas de corrosión y mantenimiento, hacen que ya no resulte tan lejana la fabricación de cajas e incluso de vehículos completos con materiales ligeros (elementos *sandwich*, materiales compuestos e incluso vehículos integrales en plástico reforzado). Para estos materiales deberán estudiarse, si no superan los requisitos establecidos para su función, medidas correctoras de su comportamiento al fuego.

Si bien no cabe duda de que el acero, por su temperatura de fusión, presenta un buen comportamiento al fuego; en el caso de los otros materiales, si se comprueba que, por sí mismos, no funcionan adecuadamente, se podrá mejorar por medio de soluciones constructivas adecuadas y empleando los materiales de aislamiento que la industria nos suministra.

La futura norma EN 45545 (actualmente prEN y de la que hablaremos más adelante), en su parte 3, establece unos requerimientos de resistencia al fuego para los vehículos ferroviarios. Como sabemos, la resistencia al fuego (UNE-EN ISO 13943, #54) es la capacidad de un elemento de cumplir,

*La futura norma europea EN 45545 Seguridad contra incendios en vehículos ferroviarios está formada por siete partes y se espera se publique en breve. Por fin, los vehículos ferroviarios de la Unión tendrán niveles de seguridad comunes, basados en los mismos ensayos, como pedía el sector desde hace tiempo.*

durante un período de tiempo, la estabilidad al fuego, la estanqueidad o integridad al fuego, el aislamiento térmico y/u otras funciones exigibles, especificadas en la norma de ensayo.

El borrador de esa norma propone el establecimiento de:

- Barreras de fuego, denominadas Clase A. Se dividen en: Subclase A1, si cumplen los tres criterios de resistencia al fuego, y Subclase A2 si cumplen sólo los dos primeros. Los períodos de tiempo habituales son quince o treinta minutos.

- Particiones, denominadas como Clase B y que deben evitar la propa-

gación de las llamas y de los gases durante un período de tiempo suficiente en relación con el riesgo estimado.

También indica algunos ejemplos de posibles aplicaciones de estos elementos. Para las barreras de fuego cita: las horizontales entre el bajo bastidor y las zonas de viajeros y tripulación, y como verticales, el tabique de cabina. Para las particiones cita a los armarios eléctricos o el espacio entre techo y cubierta.

Las razones de estas exigencias para las barreras y particiones son claras:

- Como primera y elemental función, deben mantener su función estructural para impedir el colapso mecánico de la estructura o la ruptura de la sectorización.

- No deben permitir que las llamas las atraviesen, ya que pueden incendiar los materiales colocados en el lado «frío».

- No deben permitir que el humo y los gases, calientes o fríos, las atraviesen para no añadir riesgos a los viajeros, que puedan dificultar su seguridad o evacuación.

- La transmisión de calor a su través debe ser reducida, de manera que los materiales colocados en la cara «fría» no puedan llegar a encenderse e incluso calentarse de tal modo que emitan humos o gases.

La realización práctica de estos elementos es complicada dada su complejidad. En la mayoría tendremos pasos de cables y tuberías; en general, numerosas penetraciones a su través para las que es exigible que se mantengan las características de resistencia al fuego; en algunos ha de existir una puerta de acceso que debe cumplir asimismo idénticos requisitos. Los materiales de aislamiento y sellado, fundamentalmente los intumescentes en sus numerosas presentaciones, tienen una gran importancia para el correcto diseño de estos elementos.

En este campo de la resistencia al fuego, la actual tendencia a que los trenes sean abiertos, con los coches comunicados entre sí, presenta grandes ventajas en lo referente a la seguridad física y estética visual, pero elimina las barreras al fuego y a los humos entre los coches de una misma unidad. Habitualmente, cuando hay unidades acopladas no suele haber comunicación de paso entre ellas.

## ACTUACIONES SOBRE LOS MATERIALES

El campo de aplicación de las medidas sobre materiales es amplio: asien-



Vehículos construidos para: FGC (Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya) METRORREY (Sistema de Transporte Colectivo de Monterrey) y Metro de Madrid.

tos, revestimientos verticales y horizontales, pinturas, cables eléctricos, aislamientos, pavimentos, son algunos a los que se deben exigir buenas características de comportamiento al fuego. Éste es un terreno fundamental a nivel de diseño ferroviario y es un campo en que la química y la tecnología han realizado grandes aportaciones en los últimos años. Por ejemplo, los laminados fenólicos reforzados con fibra de vidrio eran, hace unos quince años, unos materiales de los que ya se hablaba repetidamente, pero que sólo se conocían como piezas artesanales, no a nivel industrial.

Evidentemente, éste es el terreno sobre el cual podemos realizar grandes actuaciones pero que aun así son necesariamente limitadas, porque la idea sugestiva de fabricar un coche «que no arda» nos llevaría inmediatamente a una contradicción, a un choque entre las exigencias funcionales y las de fuego, y, en caso de prevalecer las de fuego, en situaciones límites en las que podríamos disponer de vehículos con un riesgo mínimo de incendio, no resultarían adecuados para su función e incluso el viajero los rechazaría.

Por tanto, debemos llegar, como en otros muchos aspectos, a compromisos buscando lo mejor dentro de lo compatible, o de lo disponible; extremo que puede ser otro factor limitativo.

Antes de las acciones concretas debemos establecer las ideas básicas

*La seguridad contra incendios en una red ferroviaria tiene múltiples aspectos, y en ella prevalece la seguridad de las vidas frente a la de los bienes. Uno de ellos, muy llamativo porque de algún modo es característico de cada red, es la seguridad de los propios vehículos que circulan por ella.*

referente a las actuaciones sobre estos materiales. Generalmente, se acepta que el riesgo de un incendio deriva de tres factores originados por el mismo fenómeno: el fuego.

- La inflamabilidad de los materiales; es decir, el comportamiento de los mismos a los efectos térmicos del fuego: facilidad de inflamación, velocidad de propagación y gradiente, y cantidad total de calor desprendido.

- La emisión de humo de los materiales; es decir, el nivel de oscurecimiento visual que esos materiales

pueden producir cuando son atacados por el fuego.

- La emisión de gases tóxicos; es decir, los productos volátiles de la combustión que esos materiales pueden producir cuando son atacados por el fuego.

Se está invirtiendo mucho tiempo y dinero en preparar ensayos sobre humos y toxicidad, de tal manera que parecen ser parámetros separados que pueden ser evaluados e incorporados al riesgo de incendio mediante una ecuación de la forma:

$$\text{RIESGO} = f(\text{fuego}) + f(\text{humos}) + f(\text{gases tóxicos}) \quad [\text{Eq. 1}]$$

Si bien la valoración y control de humos y gases tóxicos es necesaria e importante, no se trata de fenómenos independientes, ya que no debemos olvidar que siempre en el origen de esos problemas tenemos un ataque térmico.

Si inicialmente se consideraba que los efectos de esos ataques son aditivos, del tipo de la [Eq. 1], en la actualidad se habla más una función en forma de escalera. Primero, un material debe encenderse; a continuación, el fuego debe propagarse desde el punto en que se ha originado, y más adelante producirá humo y gases tóxicos en cantidades significativas.

Por consiguiente, se considera ahora que esa ecuación debe reescribirse y que la [Eq. 2] describe más acertadamente el efecto combinado de un incendio sobre los materiales.

$$\text{RIESGO} = f(\text{fuego}) \times [f(\text{humos}) + f(\text{gases tóxicos})] \quad [\text{Eq. 2}]$$

Es decir, necesitamos encendidos y propagación para generar humos y gases tóxicos. Si impedimos el encendido, si minimizamos la propagación de la llama y si controlamos el humo, los gases tóxicos serán también influidos. El orden de los factores es importante, ya que en el origen de los incendios tenemos la agresión térmica; por tanto, debería prevalecer el control del primer factor, al que hay que otorgar un carácter primordial, y sólo a partir de ese dato exigir y comparar valores en los otros dos elementos.

En el límite resulta claro que el empleo de materiales calificados como no combustibles, definidos como «los que son incapaces de desarrollar combustión en condiciones específicas» (UNE-EN ISO 13943 #125), debe exonerarlos de exigencias en los otros aspectos. Pero hay que dejar claro, como se decía al principio, que es muy difícil construir un tren a base



*La protección estructural es necesaria, pero suele ser difícil de aplicar a un vehículo ferroviario. En la foto, ensayo realizado por CAF de un tabique de cabina Clase A1. Ya se ha superado el tiempo requerido y las llamas empiezan a pasar al lado «frío». La temperatura del horno, la de la cara «caliente» del tabique, superaba los 850 °C.*



Unidad eléctrica de tren (EMU) que une el aeropuerto de Heathrow y la estación de Paddington (Heathrow Express). La primera en obtener el Certificado F británico.

de materiales no combustibles; una restricción tan fuerte debe aplicarse con cuidado, únicamente donde sea necesaria y posiblemente sólo para aplicaciones muy determinadas.

Hasta ahora, en cada país ha habido exigencias distintas. La disparidad comienza en el propio alcance de los documentos aplicables; mientras que en países como Francia (NF F 16-101/16-102), Alemania (DIN 5510) o Reino Unido (BS 6853) tienen rango de norma nacional, en España, la Dirección de Protección Civil de RENFE publicó una Directriz técnica (DT-PCI/5A) que sólo era de aplicación a sus propios vehículos y que en su momento supuso un gran avance. La norma de referencia en Estado Unidos es la NFPA 130, que abarca un campo mucho mayor que el de los vehículos.

Un denominador común de estos documentos era el recurso a las correspondientes normas de reacción al fuego nacionales para materiales de construcción; así, por ejemplo, en Francia y España, el Epiradiador (con igual clasificación M, pero con distinto significado); en Alemania, el Brandschacht, y en el Reino Unido, el Spread of Flame.

La futura norma EN 45545 (actualmente prEN y de la que hablaremos más adelante), en su parte 2, establece unos requerimientos de comportamiento al fuego para la selección de materiales para los vehículos ferroviarios, y los parámetros que se emplearán para su evaluación son los siguientes, y que se han resumido en el acrónimo FIRST, compuesto por las iniciales de:

- *Flame, spread of, o Flame propagation* (propagación de la llama).
- *Ignitability* (inflamabilidad).
- *Rate of heat release* (velocidad de cesión de calor).
- *Smoke opacity* (opacidad del humo).
- *Toxicity* (toxicidad).

Los métodos de ensayo aplicables para cada parámetro pueden verse en la Tabla 1 (aunque el lector debe tener en cuenta que esta relación no es todavía oficial y continúa sometida a revisión, nos parece muy interesante ayudar a difundirla aun a nivel informativo).

El concepto de carga de fuego o carga calorífica, definida como «la cantidad de calor que puede ser emitida por combustión completa de todo el combustible presente en un volumen, e incluyendo todos los revestimientos de todas las superficies presentes (UNE-EN ISO 13943 #49)», o el derivado de densidad de carga de fuego, «que es la carga de fuego por unidad de superficie de suelo», son más interesantes para el diseño de los sistemas ventilación y evacuación de humos y para conocer los efectos sobre las estructuras de hormigón que para el diseño de los vehículos, ya que, paradójicamente, algunos materiales con buenas propiedades de inflamabilidad y de emisión de humos presentan valores de carga de fuego algo superiores a materiales con la misma utilización y con inferiores características. De hecho, alguna norma importante por su rigor, como la BS 6853, ha eliminado ese concepto en su edición de 1999.

## Actuaciones sobre el funcionamiento

El funcionamiento adecuado de equipos y sistemas embarcados constituye un eslabón importante en la seguridad de los pasajeros. Se dispone en la actualidad de equipos de señalización y control de tráfico, como, por ejemplo, el muy difundido ATP/ATO (*Automatic Train Protection/Automatic Train Operation*) o el más reciente ERTMS (*European Railway, Tráfico Management System*) que permiten la conducción automática, y se han generalizado las comunicaciones tren-tierra, así como la existencia de intercomunicadores para el uso de los viajeros.

La modificación, ya clásica, del funcionamiento de los tiradores de alarma para no provocar automáticamente la detención del tren en un túnel es un ejemplo de esto.

Otras actuaciones se refieren a:

- Los sistemas de aire acondicionado y a las entradas de aire exterior, que por medio de un sistema de detección y mandadas por el conductor se pueden desconectar y cerrar, respectivamente.
- El empleo de los sistemas de megafonía, que pueden programarse para transmitir consignas a los viajeros con las medidas más adecuadas para la evacuación del vehículo.
- El establecimiento de circuitos auxiliares para emergencias, convenientemente protegidos, incluso con fuentes de energía propias, y que se conecten de modo automático en casos de falta del suministro normal.

– El empleo de «cajas negras», que registren las informaciones que se les hagan llegar con el fin de poder reconstruir lo sucedido en caso de accidente.

– Los dispositivos de desbloqueo de puertas en el caso de que los vehículos se queden sin corriente eléctrica.

## OTRAS MEDIDAS PREVENTIVAS

### Instalaciones

Habitualmente, las instalaciones ferroviarias a las que pueden acceder los viajeros tienen unas restricciones de movilidad importantes: el uso de trinquetes, escaleras, pasillos intrincados y, a veces, longitudes importantes. En cierto modo se reproduce el enfrentamiento habitual entre seguridad física contra seguridad contra incendios. Un ejemplo significativo podría ser el de las salidas de emergencia de las estaciones diferentes de las de la propia estación, o las salidas del propio túnel al exterior.

La cuestión no es baladí y, junto a unas ideas generales sobre la seguridad



Los ensayos de fuego a gran escala son muy llamativos. El ensayo a escala real suele realizarse en contadas ocasiones, porque es posible conseguir buenos resultados con métodos de ensayo más «modestos».

**TABLA 1. Relación de métodos de ensayo para determinar el comportamiento al fuego de los materiales.**

Tipos de materiales	F Propagación de la llama	I Facilidad de encendido	R Velocidad de cesión de calor	S Opacidad de humos	T Toxicidad
Tipo 1. Revestimientos verticales	F1 ISO 5658-2	I1	R1 ISO 5660-1 ISO 5658-4	S1 ISO 5660-2 ISO 5659-2 IEC 1034-1,2	T1 DIN 53436 UITP-E6-E7
Tipo 2. Techos	F2 ISO 5658-2	I2	R2 ISO 5660-1 ISO 9705-2 o EN 13823	S2 ISO 5560-2 ISO 9705-2 o EN 13823 ISO 5659-2 IEC 1034-1, 2	T2 DIN 53436 UITP-E6-E7
Tipo 3. Pavimentos	F3 prEN ISO 9239-1	I3	R3 ISO 5660-1	S3 ISO 5660-2 ISO 5659-2	T3 DIN 53436 UITP-E6-E7
Tipo 4. Asientos y colchones	F4 UIC 564-2 ISO 5658-2 o 4	I4	R4 ISO 5660-1	S4 ISO 5660-2 ISO 5659-2 IEC 1034-1, 2	T4 DIN 53436 UITP-E6-E7
Tipo 5. Equipo electrotécnico	F5 IEC 695-2-1/1 IEC 695-2-4/2	I5	R5 ISO 5660-1	S5 ISO 5660-2 ISO 5690-2	T5 DIN 53436 UITP-E6-E7
Tipo 6. Equipo mecánico	F6 IEC 695-2-1/1 IEC 695-2-4/2	I6	R6 ISO 5660-1	S6 ISO 5660-2 ISO 5659-2	T6 DIN 53436 UITP-E6-E7
Materiales sin clasificar	F7 prEN ISO 11925-2 UIC 564-2	I7 ISO 5658-2	R7 ISO 5660-1	S7 ISO 5660-2 ISO 5659-2 IEC 1034-1, 2	T7 DIN 53436 UITP-E6-E7

Procedencia: Draft prEN 45545, parte 2, basado en la propuesta FIRESTARR.



dad, derivadas del *Manual de seguridad de la red*, cada estación o instalación tiene su plan específico de seguridad, contemplando medidas personalizadas. Las soluciones pasan por la adopción de medidas clásicas en seguridad contra incendios, pero no siempre fácilmente aplicables a las instalaciones ferroviarias: señalización, evacuación, alumbrado de emergencia y material para extinción, tanto en las estaciones como en los túneles (junto con los extintores habituales, ya se han generalizado las instalaciones de columna seca y/o húmeda), comunicaciones y acceso de los servicios de emergencia.

Las instalaciones fijas (escaleras, subestaciones) disponen en muchos casos de equipos de detección, y en bastantes, de extinción automática. Las instalaciones de ventilación (extracción/impulsión), si son reversibles y se conoce la situación real en el túnel, pueden ser aprovechadas para ayudar a la evacuación, disminuir el calor acumulado y sectorizar la zona del incendio.

#### Personal de servicio

Es un aspecto importante que no debe descuidarse. Entre los viajeros tendremos siempre representantes de colectivos como:

- Personas enfermas o mayores.
- Personas con movilidad reducida.

- Padres y/o madres con niños muy pequeños.
- Niños pequeños, que pueden dificultar el control.

La primera actuación, por ser la más próxima al momento y lugar del siniestro, debería provenir del personal de la red. La formación como evacuadores y en tareas de equipos de primera e incluso segunda intervención puede permitir ganar un tiempo precioso. También es el personal que primero hablará con los viajeros afectados, por lo que las tareas de formación en la comunicación son básicas.

El metro de Copenhague, inaugurado en octubre de 2002, es de conducción automática (sin conductor), pero los pasajeros verán a los denominados auxiliares de metro, personal convenientemente formado para garantizar la seguridad y comodidad de los viajeros.

También recientemente, en julio de 2002, el Metro de Madrid ha presentado su escuela de formación, donde se han instalado simuladores que recrean visualmente todo el suburbano y funcionan exactamente igual que los trenes reales. En lo referente a seguridad contra incendios, y entre otras posibilidades, el simulador cuenta con un sistema de desalojo y extinción de incendios: la reproducción del tren incluye el uso de escaleras y plataformas portátiles, pasillo de desalojo de emergencia y sistemas de extinción de incendios.

El personal de seguridad de la red organiza simulacros periódicamente. Si no existe un Cuerpo de Bomberos propio, se suele impartir una formación en el uso de los medios de extinción más habituales bajo la dirección de los Cuerpos profesionales. Otra gran actividad es el establecimiento e implantación de los planes de emergencia y autoprotección para cada instalación, realizando periódicamente auditorías de seguridad. Otro aspecto que no debe olvidarse es la investigación de siniestros (afortunadamente cada vez menos) para adoptar las medidas correctoras oportunas.

#### Cuerpo de bomberos

La actuación de los equipos de salvamento y extinción en un túnel ferroviario presenta grandes dificultades. Además de las propias de extinción de incendios, hay problemas de visibilidad y de humos y gases en el lugar del siniestro, lo que obliga a trabajar con equipos de protección respiratoria e iluminación artificial. Dificultades casi siempre, en muchos casos de imposibilidad, para el acceso de sus vehículos, de ahí que algunas redes dispongan de vehículos ferroviarios específicos contra incendios.

Ya hay numerosos grupos de trabajo red ferroviaria/Cuerpo de Bomberos. Sus tareas incluyen la ayuda en la creación de nuevas infraestructuras (esta-



Coche de la Serie 5.000 de WMATA (Metro de Washington).

ciones y túneles) y la adopción de medidas de seguridad en las viejas; la realización de simulacros; el entrenamiento del personal de la red; conocimiento de los resultados de las auditorías de seguridad, actuando si fuera necesario como auditores externos, y conocimiento permanente de las modificaciones técnicas que se produzcan en los coches, en el servicio y en las instalaciones y que puedan afectar a la seguridad contra incendios. Este grupo de trabajo puede ser el núcleo de la acción coordinada para emergencias con otros servicios como Protección Civil o Policía.

## MEDIDAS DE PROTECCIÓN ACTIVA

### Extinción

Dadas las limitaciones habituales de peso y espacio, los vehículos suelen disponer casi exclusivamente de extintores manuales. A pesar de la gran eficacia de los extintores de polvo polivalente, debería estudiarse su sustitución por un agente más adecuado para un recinto tan limitado como es el de un vehículo ferroviario. En el Reino Unido suelen ser de agua o de espuma.

Las experiencias obtenidas en alguna red metropolitana, a principios de los ochenta, con sistemas de rociadores convencionales en los coches, aunque prometedoras, no se han generalizado posiblemente por el consumo de agua y la vandalización de los elementos.

Más general ha sido la protección de armarios y cuadros eléctricos mediante equipos de detección automática y extinción gaseosa por inundación. Otra situación frecuente ha sido la detección automática en las cabinas de conducción, ya que éstas no son visibles en los sistemas de CCTV embarcados. En todos los casos es obligada la realización de pruebas de eficacia extintora para valorarlos con esta aplicación.

Como novedad reciente, en los coches de la nueva Serie 8.000 del Metro de Madrid hemos instalado sistemas de detección automáticos por aspiración y de extinción por agua nebulizada (*water mist*).

### Detección

La aplicación de sistemas de detección de incendios, que pueden ser excelentes en sus campos habituales, en los vehículos ferroviarios debe hacerse con enorme cuidado dadas sus peculiaridades. Las sensibilidades de detección de los sistemas y las grandes exi-

gencias de la electrónica embarcada derivadas del servicio: vibraciones, choques, temperaturas extremas, insensibilidad a las interferencias electromagnéticas, deben ser cuidadosamente analizadas antes de su instalación para mantener sus características ante esas duras exigencia.

Además de los sistemas y equipos de detección de incendios propiamente dichos, las nuevas técnicas ayudan y mejoran la detección. La presencia ya habitual de monitores de TV en los pupitres de conducción empleados por los equipos electrónicos/informáticos colocados en los coches permite, gracias a la actual miniaturización de las cámaras de TV y de la existencia de aparatos grabadores de muy larga duración, al conductor y al puesto de mando tener un conocimiento en tiempo real de lo que sucede, tanto a los efectos de fuego como de control del vandalismo y de la violencia en los vehículos. Recientemente se ha citado el empleo de cámaras infrarrojas en metros para el control del vandalismo.

En comunicación con los servicios de seguridad se puede permitir el control de situaciones extremas, disponiendo a la vez de las necesarias pruebas por si el caso llegara a tener un tratamiento judicial.

### Alarma

La alarma a los viajeros suele darse mediante los sistemas de megafonía instalados. Se pueden diseñar sistemas que eviten la diafonía y se mantengan en servicio (audibles) durante el tiempo requerido.

Al hablar de las alarmas, debe prestarse especial atención al capítulo de comunicaciones. La longitud de la cadena de transmisión de la alarma desde el coche siniestrado hasta los Cuerpos de Bomberos (coche/tren/estación o puesto de mando/bomberos) puede conducir a un retraso de las mismas. Pero ese retraso no debe ser, en cuanto a su duración, mayor que el mínimo posible, y además, debemos asegurar que la alarma se produce.

Otro tema, técnicamente solucionable, es la opacidad de los túneles e instalaciones subterráneas a las señales electromagnéticas: teléfono o radio. Se encuentran en estudio normas que permitan disponer de equipos capaces de funcionar en esos lugares, y, además, los túneles e instalaciones recientes se han construido de tal modo que permiten esas comunicaciones.

### Evacuación

Como ayudas a la evacuación se dispone ahora de señalización fotoluminiscente en el interior de los coches, indicando los sentidos de evacuación, la situación de las puertas, de los extintores y de los dispositivos de desbloqueo de las puertas. Junto a esa señalización «pasiva» se dispone de tubos fluorescentes, también fotoluminiscentes, que se pueden colocar distribuidos entre el alumbrado ordinario.

En general, los coches disponen de rampas portátiles de evacuación para pasar de un tren a otro, de escaleras manuales para descender a la vía y últimamente de escaleras o pasillos que se despliegan automáticamente, bien desde un costado o desde la cabina, que permiten un desalojo rápido y seguro de los viajeros.

## LA NORMALIZACIÓN EUROPEA

### Seguridad contra incendios

La futura, pero próxima, norma europea EN 45545, titulada **Aplicaciones ferroviarias. Seguridad contra incendios en vehículos ferroviarios**, ha sido preparada por el Comité Técnico 256 del CEN (CEN/TC 256 *Railway applications*) y se ha dividido en siete partes, cuyos títulos reflejan los distintos aspectos significativos de los vehículos ferroviarios en su lucha contra el fuego.

- Parte 1. General.
- Parte 2. Requisitos de comportamiento al fuego de materiales y componentes.
- Parte 3. Requisitos de resistencia al fuego para barreras de fuego y particiones.
- Parte 4. Requisitos de seguridad contra incendios en el diseño de material móvil ferroviario.
- Parte 5. Requisitos de seguridad contra incendios en el diseño de equipos eléctricos.
- Parte 6. Sistemas de gestión y de control de fuego.
- Parte 7. Requisitos de seguridad contra incendios para instalaciones de gases o líquidos inflamables.

La parte 1 de ese proyecto de norma, de la que ya hemos ido avanzando detalles, tipifica los niveles de riesgo de incendio de los coches ferroviarios en función de dos categorías: la de operación y la de diseño.

La categoría de operación de un coche se define por la relación entre el tipo de servicio, la infraestructura por donde circula y por las condiciones de evacuación. Se numeran del 1 al 4, siendo la 4 la más complicada.

La categoría de diseño es función del tipo de vehículo: se clasifican como A (automático sin personal), D (dos niveles), S (camas) y N (los demás vehículos).

En una tabla de doble entrada, las combinaciones realistas de ambas categorías (hay algunas combinaciones que no se consideran como tales) establecen unos niveles de riesgo de incendio, denominado HL, y que van desde el HL 1 hasta el HL 4 (el más desfavorable). Estos niveles son fundamentales para establecer los requerimientos de seguridad contra incendios en vehículos ferroviarios de pasajeros.

## OTRAS ACTIVIDADES RELACIONADAS

CENELEC (el organismo europeo de normalización en temas eléctrico/electrónicos) tiene un comité, el CLC/TC 9, y tres subcomités, los CLC/SC 9XA, 9XB y 9XC, dedicados a aplicaciones para ferrocarriles. Hay varios proyectos de norma europeos relacionados con la seguridad en general de los sistemas y equipos: señalización, detección, comunicaciones.

En concreto, el subcomité 9XB está elaborando una guía técnica de aplicación de seguridad en ferrocarriles con participación del CEN/TC 256, que es el autor del citado prEN 45545.

## CONCLUSIONES

– Los trenes son, en estos momentos, elementos importantísimos en la ordenación y vertebración del territorio. Su función real, y de ahí su éxito, es mayor que la de un simple medio

de transporte y es previsible que, junto a un buen servicio, se le pidan todavía muchas más cosas.

– La seguridad en general y la seguridad contra incendios, exigible en medios de transporte colectivo ha mejorado enormemente en los últimos diez años. Las cifras de siniestralidad que presenta el ferrocarril son ínfimas comparadas con las de la carretera.

– Las mejoras de todo tipo: instalaciones fijas, personal, servicio, trenes, etc., han reducido los incendios ferroviarios a categorías en las que los incidentes destacan más que antes por producirse de modo extraordinario.

– Queda mucho camino por recorrer. Son de prever, conforme estén disponibles, la paulatina incorporación a los vehículos ferroviarios de numerosas mejoras: en materiales, en equipos, en funcionalidades, etc., derivadas de otros medios de transporte (marina, aviación) y de otras actividades (construcción, industria).

– Parece que, al fin, vamos a tener unas normas únicas para la Unión Europea en materia de seguridad contra incendios en vehículos ferroviarios. El que escribe, junto a una gran satisfacción por las enormes ventajas para fabricantes, Administraciones y usuarios que se derivan de tal hecho, manifiesta una cierta nostalgia por la pérdida irreversible de una época «histórica» en la que la seguridad, no menos rigurosa para su tiempo que la futura, tenía bastante de artesanía, de «hecho a medida».



Uno de los vehículos más modernos y mejor preparados en lo referente a la seguridad contra incendios de los pasajeros: la nueva Serie 8.000 para el Metro de Madrid.

## BIBLIOGRAFÍA

Documentación de las Jornadas Internacionales Seguridad contra Incendios en el Metro, organizadas por la Asociación Profesional de Técnicos de Bomberos (APTb). Bilbao (1993), Madrid (1996), Barcelona (1999) y Valencia (2002).

Documentación de trabajo del CEN/TC 256/WG1.

«Sistemas de extinción por agua nebulizada» GABRIEL SANTOS. *Revista Prevención de Incendios*. Nº 3 (4º trimestre de 1999) y 4 (1º trimestre de 2000).

*Novedades en la detección y extinción de incendios*. Sistemas más eficaces y respetuosos con el medio ambiente. J. M. LACOSTA. REVISTA MAPFRE SEGURIDAD nº 79 (3º trimestre de 2000).

Norma UNE-EN ISO 13943: 2000. Seguridad contra incendios. Vocabulario.

Revistas técnicas del sector ferroviario: *Vía Libre, Trenes, TecniRail*.

Documentación de proveedores de equipos y sistemas de detección y extinción: AirSense, Fogtec, ICAM, Marioff, Vesda.