

Proyecto de norma **EN 45545** de seguridad
contra INCENDIOS en VEHÍCULOS FERROVIARIOS

Pasajeros a salvo del fuego

Nuevos métodos para la
selección de materiales
y requisitos de diseño
y protección activa contra
las llamas en los trenes

El proyecto de norma europea EN 45545 está llamado a ser un elemento clave en el campo de la seguridad contra incendios para el futuro del transporte ferroviario de pasajeros en Europa. En este artículo se describe este proyecto que, conjugando factores como el diseño del vehículo o una novedosa selección de materiales, pretende elevar la seguridad de los pasajeros en caso de incendio en un tren.

Por **PROFESOR JORGE A. CAPOTE ABREU; INGENIERO INDUSTRIAL DANIEL ALVEAR PORTILLA; BORJA QUINTANA LAVÍN, GRUPO GIDAI. DEPARTAMENTO DE TRANSPORTES Y TECNOLOGÍA DE PROYECTOS Y PROCESOS. UNIVERSIDAD DE CANTABRIA.**

Con el objeto de armonizar los aspectos relacionados con la seguridad contra incendios como marco futuro del transporte ferroviario en Europa, hace más de diez años se iniciaron las actividades de un grupo de trabajo (WG1 del Comité Técnico CEN/TC256) con el fin de elaborar una norma que garantizase la máxima seguridad en caso de incendio para los pasajeros y personal de los vehículos ferroviarios: el proyecto de norma prEN 45545.

Este proyecto de norma, en el que participa GIDAI, ha resultado uno de los más largos. Estaba previsto terminar el trabajo de elaboración de la norma a finales del año 2003; sin embargo, parece muy poco probable que ésta se encontrase finalizada en 2005 dado el complejo proceso de consenso exigido, por lo que probablemente derive en especificación técnica¹.

Este cambio en el resultado de los trabajos del WG1 del CEN/TC 256 sobre aplicaciones ferroviarias permitirá a los organismos e instituciones públicas y privadas, relacionadas con la temática, disponer de un periodo de tiempo para tomar conciencia de las medidas de seguridad contra incendios recogidas, que suponen una gran novedad. En este artículo se recorren las principales novedades del proyecto prEN 45545 hasta la fecha, haciendo especial énfasis en los nuevos métodos para la selección de materiales y en los requisitos de diseño, compartimentación y protección activa contra incendios. →

(1) Especificación técnica: Especificación que figura en el documento en el que se definen las características requeridas de un producto, tales como los niveles de calidad, el uso específico, la seguridad o las dimensiones, incluidas las prescripciones aplicables al producto en lo referente a la denominación de venta, la terminología, los símbolos, los ensayos y métodos de ensayo, el envasado, el marcado, el etiquetado, así como los procedimientos de evaluación de la conformidad.

INTRODUCCIÓN

El proyecto de norma europeo prEN 45545 «Railway Applications – Fire Protection on Railway Vehicles» tiene por objeto establecer las medidas y requisitos de seguridad contra incendios que permitan proteger a los pasajeros y personal de los vehículos ferroviarios en caso de un incendio a bordo del tren.

El proyecto de norma consta de siete partes, en las que se presentan los criterios y requerimientos de protección pasiva y activa en los vehículos ferroviarios, que son:

- ▶ **Parte 1:** General.
- ▶ **Parte 2:** Requisitos de comportamiento al fuego de materiales y componentes.
- ▶ **Parte 3:** Requisitos de resistencia al fuego para las barreras de fuego y particiones.
- ▶ **Parte 4:** Requisitos de seguridad contra incendios para el diseño de material rodante ferroviario.
- ▶ **Parte 5:** Requisitos de seguridad contra incendios para el equipo eléctrico que incluye tranvías, autobuses guiados y los vehículos de levitación magnética.
- ▶ **Parte 6:** Sistemas de gestión y control contra incendios.
- ▶ **Parte 7:** Requisitos de seguridad contra incendios para líquidos inflamables e instalaciones de gases inflamables.

■ **Tabla 1. Niveles de riesgo de incendio según la categoría de operación y la categoría de diseño** ^[1]

Operación	NIVELES			
	Diseño			
	N	A	D	S y/o DS
1	HL1	HL2	HL2	HL2
2	HL2	HL3	HL3	⁽¹⁾
3	HL3	HL4	HL3	HL4
4	HL4	HL4	HL4	HL4

(1) Nota: Ningún vehículo en la realidad es posible con esta combinación de categorías.

Este proyecto prEN45545 surgió con el propósito de unificar todos los documentos y referencias normativas empleadas hasta la fecha en los diferentes países de la Unión Europea, con el fin de promover la armonización técnica entre todos los países involucrados, ya que en la actualidad sólo algunos disponen de disposiciones y reglamentaciones propias aplicables a la seguridad contra incendios en los vehículos ferroviarios.

Clasificación de los vehículos ferroviarios. Niveles de riesgo

En el prEN45545 se consideran para la clasificación de los vehículos ferroviarios según sus niveles de riesgo de incendio dos conceptos: la categoría de operación y la categoría de diseño.

En el documento, un vehículo ferroviario se clasifica según las categorías de operación en función de los siguientes aspectos:

- ▶ **Servicio:** Líneas urbanas, interurbanas, regionales, etc.
- ▶ **Infraestructura:** Secciones subterráneas, túneles, pasillos de evacuación, etc.
- ▶ **Evacuación de pasajeros y personal:** Zonas seguras para la evacuación, evacuación inmediata o demorada, etc.

Los tipos de categorías de operación de los vehículos ferroviarios vienen denominadas por los números 1 hasta 4, dependiendo de que las condiciones de servicio, la tipología de infraestructuras y las condiciones de evacuación supongan menores o mayores riesgos, respectivamente, para las condiciones de vida de los ocupantes de los vehículos.

Las categorías de diseño se han considerado en base a las características y configuración de los vehículos ferroviarios. Así, los vehículos se clasifican en:

- A:** Vehículos automáticos que no tienen personal a bordo entrenado para emergencias.
- D:** Vehículos de dos pisos.
- S:** Coches-cama y literas (o asientos que se hacen cama).
- N:** Resto de vehículos (los vehículos normales).

Combinando las dos categorías (Tabla 1) se obtiene el nivel de riesgo de incendio (*hazard levels*, HL) de los vehículos ferroviarios (p.ej., vehículo D y categoría de operación 3: HL 3).



Comportamiento al fuego de materiales y componentes

La parte 2 del prEN45545, que recoge los aspectos relacionados con los criterios, métodos de ensayo y requisitos para la selección de los materiales presentes en los vehículos ferroviarios, es la más importante de la futura norma; incluso se creó un ambicioso proyecto de investigación –FIRESTARR [2]– donde se desarrollaron numerosos ensayos de fuego a pequeña, media y a escala real, con el fin de apoyar los trabajos de esta parte de la norma. Asimismo, el consenso sobre los resultados y su aplicación entre los expertos ha resultado muy complicado.

La aprobación de esta compleja parte de la norma supondría una importante transformación de los criterios empleados hasta la fecha en España, por lo que resulta necesario que todas las entidades vinculadas (operadores, fabricantes, laboratorios, etc.) se preparen técnica y materialmente para su aplicación.

1. Clasificación de los materiales y componentes

Para la clasificación de los materiales y los componentes presentes en los vehículos ferroviarios, el proyecto de norma establece una lista con los materiales más relevantes. Como consecuencia, el resto de los materiales y los componentes que no están recogidos en dicha lista forman otro grupo que podemos denominar de «materiales y componentes no listados».

Componentes listados

Incluye 48 componentes, agrupados en función de si es un elemento de acabado interior (IN), exterior (EX), de mobiliario (F), equipamiento eléctrico (E) o equipamiento mecánico (M).

Cada componente de un determinado grupo (por ejemplo, revestimientos interiores de paredes y techos: IN1) tiene

asociado uno de los 26 requisitos establecidos (en este caso IN1: R1) donde se recogen, según el nivel de riesgo de incendio del vehículo, los criterios a alcanzar en función de los métodos de ensayo definidos, que se comentan más adelante.

Componentes no listados

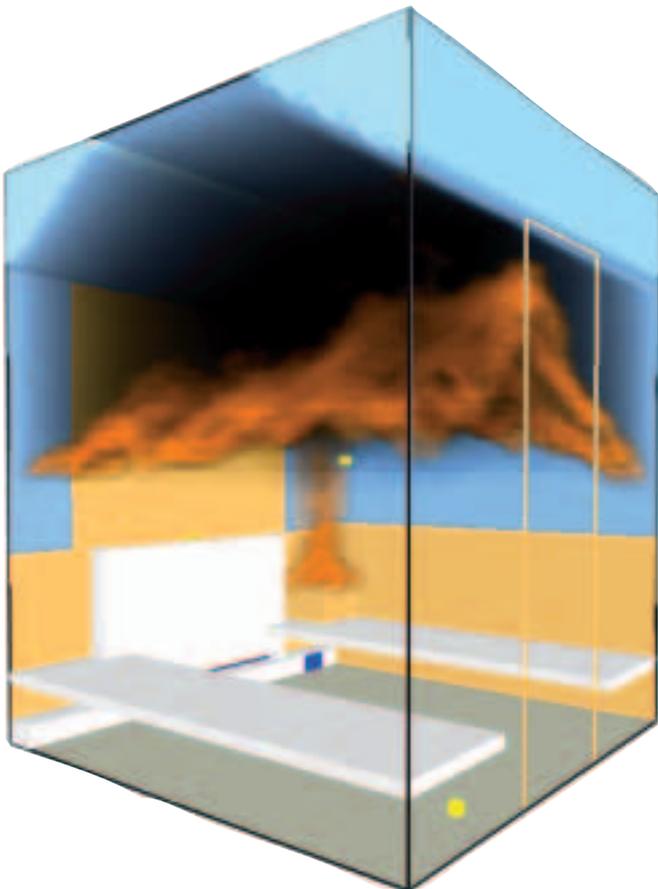
En el caso de los componentes no listados, una opción es elegir alguno de los materiales que se consideran de mejores propiedades de comportamiento al fuego, por lo que se permite su utilización sin necesidad de verificar que alcanzan los requisitos anteriores.

Si se desea emplear otros materiales, los componentes no listados se clasificarán según su área expuesta y la localización en el vehículo, y deberán cumplir los correspondientes requisitos según la Tabla 2 [4]:



■ **Tabla 2. Requisitos que deben cumplir los componentes no listados según su localización y área expuesta**

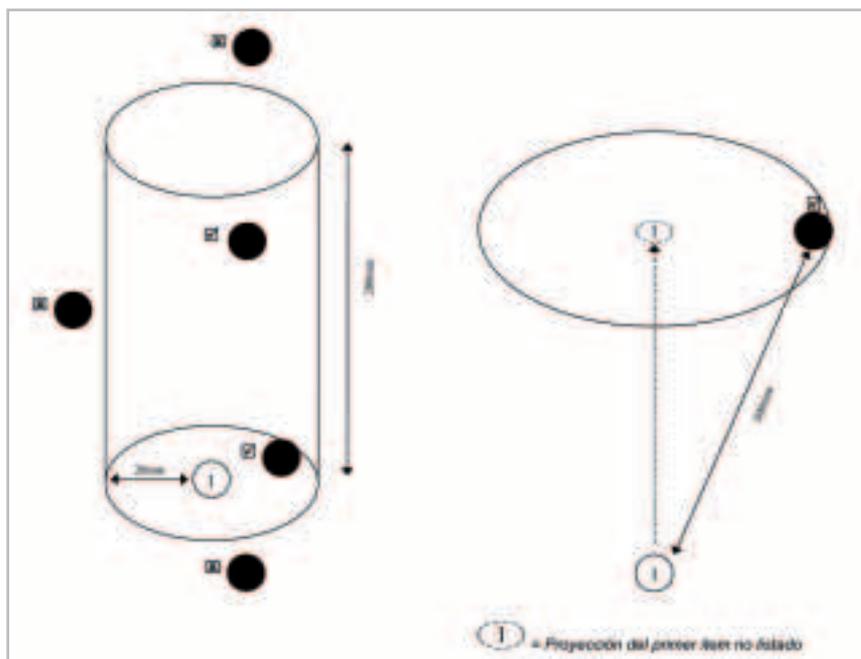
Área expuesta	Localización	Requisito
> 0.25 m ²	Interior	R 1
≤ 0.25 m ²	Interior	R 25
> 0.25 m ²	Exterior	R 6
≤ 0.25 m ²	Exterior	R 26



■ FIGURA 1

Simulación computacional de los ensayos a escala real realizados para el análisis de la contribución al desarrollo del incendio de materiales de revestimientos de techo y paredes en el proyecto FIRESTARR. [3]

El proyecto de norma, que ha resultado más largo y complejo de lo esperado, puede derivar en una especificación técnica



NOTA: x = no agrupado; v = agrupado; 1 = primer ítem no listado; ● = segundo ítem no listado

FIGURA 2

Zonas de exclusión, estándar y especial respectivamente, a tener en cuenta en las reglas de agrupamiento de los componentes no listados.

En caso de no cumplir estos requisitos se pueden agrupar los componentes en función de unas reglas de agrupamiento según inflamabilidades (existen unas zonas de exclusión para la agrupación, p.ej., la zona que origina el penacho en caso de incendio de uno de los ítems). (Figura 2)

2. Ensayos de comportamiento frente al fuego de los materiales

En la actualidad, se dispone de un gran número de métodos para el ensayo del comportamiento al fuego de los materiales empleados en vehículos ferroviarios, tales como ASTM E 162 [5] (con una variante, ASTM D 3675 [6] para materiales celulares) y la ASTM E 662 [7], NF P 92501 – NF P 92 510 [8], o DIN 4102 part 1 [9].

Basados en este gran número de ensayos se podría llegar a la conclusión de que los métodos de ensayo son sumamente afinados, que están bien definidos para áreas específicas y que, por

tanto, sólo hay que encontrar el área de aplicación. La realidad resulta algo diferente, ya que muchos de los métodos publicados actualmente fueron desarrollados hace 40 años y no cuentan con una buena comprensión de la física del fenómeno que están representando [10].

Durante los últimos años, el desarrollo de la ciencia y tecnología del incendio ha originado la aparición de un nuevo enfoque para la caracterización del comportamiento frente al fuego de los materiales, basado en la medición de la velocidad de cesión de calor (*heat release rate* – HRR).

En este sentido, una de las principales novedades de la parte 2 del proyecto de norma es que incorpora este nuevo concepto, principalmente a través del ensayo a pequeña escala ISO 5660 [11] (cono calorimétrico), y del ensayo a gran escala (*large scale*) de cono de mobiliario para el análisis del comportamiento al fuego de un asiento completo de pasajeros.

Asimismo, para la determinación de la generación y toxicidad de los humos, se propone el ensayo EN-ISO 5659-2 [12], con la novedad del análisis de gases con la tecnología FTIR. Este método consiste en un procedimiento de mues-

treo y análisis de los gases presentes en los efluentes de un fuego de forma discontinua usando un espectroscopio con la técnica infrarroja de la transformada de Fourier, que identifica y cuantifica los compuestos mediante la emisión de un haz de luz que pasa a través del recinto de ensayo, recogido mediante un interferograma que es convertido en un espectro de absorción. Posteriormente se calcula la concentración de los gases presentes en la muestra comparando el espectro con los obtenidos en las mezclas de gases de referencia.

3. Criterios para la selección de materiales

Para la clasificación de los materiales y componentes se han definido 5 efectos clave del incendio (sintetizados en el acrónimo FIRST): inflamabilidad (*ignitability*-I), propagación de llama (*flame spread*-F), velocidad de cesión de calor (*rate of heat release*-R), opacidad de humos (*smoke opacity*-S) y toxicidad de los efluentes del incendio (*toxicity*-T).

Los parámetros empleados para establecer los requisitos anteriores en la selección del comportamiento frente al fuego de los componentes son los siguientes:

- ▶ *Maximum Average Rate of Heat Emisión* (MARHE), parámetro que resulta del ensayo de ISO 5660-1, que es el valor máximo de la curva de velocidad de cesión de calor media (ARHE) en el periodo desde $t=0$ hasta $t=t_{end}$.
- ▶ CIT - General (CIT), que se obtendrá del ensayo ISO 5659-2, a partir de la suma de la relación entre la concentración de cada gas resultante del incendio analizado (CO_2 , CO , HF , HCl , HBr , HCN , NO_2 , y SO_2) y su concentración de referencia correspondiente.
- ▶ La densidad óptica específica $D_s(n)$ (a los «n» minutos del ensayo), que también se obtiene del ensayo ISO 5659-2, que es la densidad óptica desarrollada cuando se dispersa el humo de $1m^2$ de material dentro del cubo de $1m$ de lado. →

- El Valor de Oscurecimiento del Humo a los 4 minutos (VOF4), que se calcula a partir del área bajo la curva Ds-tiempo.

Resistencia al fuego para barreras de fuego y tabiques

En la normativa internacional no es frecuente que se recojan requisitos para la compartimentación por medio de barreras cortafuegos en los diferentes espacios de los vehículos ferroviarios con el objeto de minimizar el impacto del incendio.

En este sentido, la parte 3 [13] de la norma, especifica los requisitos de resistencia al fuego y métodos de ensayo para barreras cortafuegos y tabiques, con el objetivo de proteger a los pasajeros y personal en caso de incendio a bordo, conteniendo el fuego y sus efluentes [14].

Las barreras cortafuegos se designan con la letra A y el tiempo requerido de resistencia al fuego vendrá dado según la norma EN1363-1 [15]. Las barreras se definen en dos clases, que son:

Clase A1: Deben satisfacer los requisitos de estabilidad al fuego, integridad al fuego y aislamiento térmico.

Clase A2: Deben satisfacer únicamente los requisitos de estabilidad al fuego e integridad al fuego.

Los tiempos que se definen como requisitos serán 15 minutos, 30 minutos o un tiempo mínimo que deberá ser especificado por el proveedor, debido a las condiciones específicas de servicio del vehículo ferroviario.

Los tabiques se designan por la letra B. Para este caso no se hace necesario verificar las propiedades en un ensayo de resistencia al fuego, pero deben estar fijados de forma segura y sellados en su perímetro alrededor de cualquier cortocircuito de cables o conductos, con la excepción de las partes móviles.

En el proyecto de norma se detallan, en función de la categoría de operación y de la localización dentro del vehículo, los diferentes requisitos de compartimentación que se deben cumplir. (Figura 3)

Seguridad contra incendios en el diseño de material rodante ferroviario

Los aspectos relacionados con la seguridad contra incendios deben ser considerados en el diseño de forma que se minimice el riesgo de inicio del incendio y se evite la propagación en el interior y hacia el exterior del vehículo en el mínimo tiempo posible, siempre contando con las condiciones particulares de seguridad de las diferentes categorías de diseño y operación.

El proyecto de norma exige que donde sea factible, las áreas de alto riesgo de incendio se separen de aquellas de bajo riesgo para posibilitar la aplicación de

La parte 2 del prEN 45545, que recoge aspectos sobre criterios y requisitos para la selección de materiales, es la principal de la futura norma

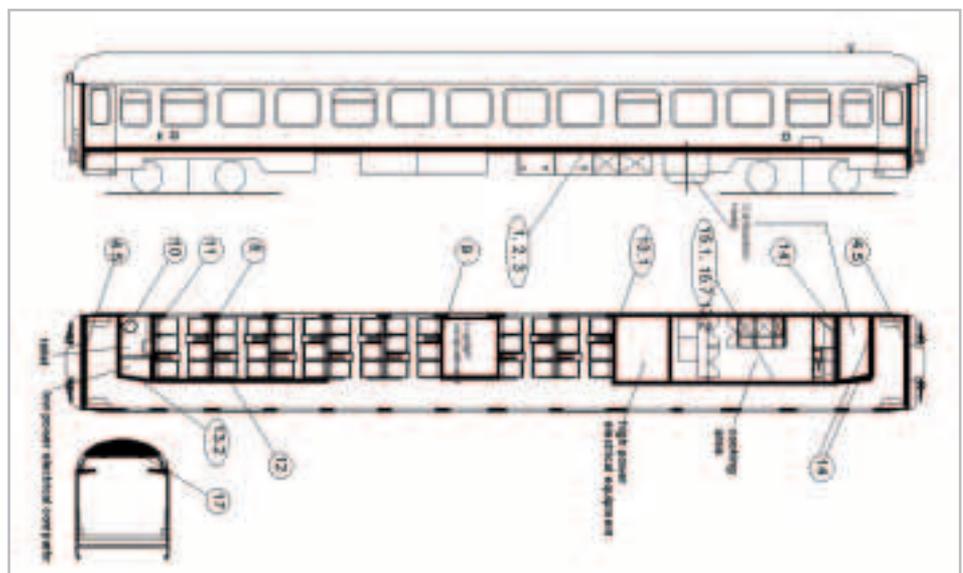
las medidas de protección con la mayor eficacia posible. Los pasajeros no tendrán permitida la entrada en las áreas de alto riesgo de incendio, y en las zonas normalmente ocupadas se dispondrá de dispositivos que permitan a los pasajeros, personal y servicios de emergencia salir, o en su caso llegar, de todos los vehículos en caso de emergencia.

En la parte 4 [16] del proyecto de norma se detallan unas «medidas generales de protección» que contribuyan al cumplimiento de estos requisitos de seguridad deseados para los vehículos ferroviarios. Entre estas medidas se incluyen la limitación de acceso a determinadas áreas, el diseño de las entradas y salidas de aire de manera que se minimice la inserción de objetos, la preparación del interior y exterior de los vehículos para minimizar la acumulación de materiales combustibles (grasas, aceites, etc.) o la protección de los materiales combustibles que pueda haber cerca de un equipo que emita calor o pueda operar a altas temperaturas (p.ej., zapatas de freno).

También podemos encontrar exigencias sobre «medidas de retraso», tales →

FIGURA 3

Ejemplo de las localizaciones de las barreras y tabiques en un vehículo ferroviario. Los números indican las diferentes localizaciones, a las que en la norma se les asigna unos valores de resistencia al fuego.





El proyecto divide los materiales del vehículo ferroviario en 48 componentes relevantes y el resto de componentes no listados

como dispositivos de cierre para conductos de ventilación, los elementos de sectorización y la desconexión de equipos específicos (ventilación de calefacción, refrigeración y aire acondicionado).

Asimismo, en esta parte del proyecto de norma se presta especial atención a los asientos, baldas y otras áreas que pueden retener materiales combustibles de desecho, de forma que puedan quitarse fácilmente durante la limpieza y mantenimiento.

Una de las áreas más conflictivas es siempre el de hostelería y cocina, en el que para minimizar el riesgo de comienzo de un incendio se recomienda tomar medidas preventivas, entre las que destacan el diseño e instalación de los aparatos de cocina y hostelería para evitar la transferencia de calor a las superficies y equipos adyacentes, o la limitación de la temperatura de las superficies a 60° C.

Los ceniceros, papeleras y similares (p.ej., dispensadores de toallas de papel y los recipientes para papeles usados) serán diseñados para que no se propague un incendio interno.

Dentro de los riesgos de incendio que sufre un vehículo ferroviario no se deben olvidar los incendios provocados o intencionados, para los que el proyecto de norma prevé varias indicaciones sobre la protección de espacios ocultos, así como limitar el acceso a áreas no autorizadas, tales como la cabina del conductor, compartimientos de personal, área de cocina, compartimientos de motor diésel, etc.

También se presta atención en el proyecto de norma a las «medidas de evacuación», para ayudar a la evacuación segura de pasajeros y personal. Estas medidas contemplan la evacuación a otro coche distinto del incendiado, el uso de las puertas de pasajeros y personal como puertas de emergencia, el escape a través de puertas externas (con equipos para salvar el desnivel al suelo) y otras salidas de emergencia tales como ventanas de emergencia.

Seguridad contra incendios para el equipamiento eléctrico

Las medidas y requisitos especificados en la parte 5 [17] cumplen los objetivos de proteger a los pasajeros y personal en caso de un incendio a bordo, de forma

que se minimice el riesgo de comienzo de un incendio en los coches durante el funcionamiento y como resultado de un defecto técnico y/o mal funcionamiento del equipo eléctrico, de la misma manera que debemos asegurar que el equipo eléctrico de emergencia continua disponible hasta que se completa la evacuación.

Se presentan unos requisitos de diseño en lo referente a protección contra sobretensiones, integridad de la conexión, cableado, cerramientos, conductos de cable, baterías y circuitos de alimentación de baterías, interruptores, equipos eléctricos de emergencia, resistores y equipos de calefacción y, por último, mantenimiento.

Sistemas de control y de gestión de incendios

La parte 6 [18] expone los requisitos para la detección de incendios, sistemas de alarma, equipos de cierre, sistemas de comunicación e información, iluminación de emergencia y sistemas de lucha contra incendios para cumplir los objetivos definidos por la norma. Las medidas y requisitos especificados en la misma se proponen proteger a los pasajeros y personal en los vehículos en caso de incendio a bordo alertando a los mismos del incendio, retrasando el desarrollo del incendio y controlando el movimiento del humo.

Todos los vehículos deben ir provistos de un sistema de alerta operable por los pasajeros, para informar al personal de a bordo y/o al centro de control sobre un incendio detectado por aquéllos. También es requisito de esta norma llevar a bordo en los trenes un sistema de iluminación de emergencia que tenga la suficiente intensidad y duración como para que, en caso de incendio, se pueda evacuar el vehículo en condiciones seguras. En el documento también se hace referencia a los sistemas de información pública que faciliten un medio para las comunicaciones a los pasajeros desde el personal o el centro de control.

■ **Tabla 3. Espesor mínimo de los tanques para líquidos inflamables**

Volumen	Acero	Aluminio
≤ 2000 l	2,0 mm	3,0 mm
> 2000 l	3,0 mm	4,0 mm

Requisitos de seguridad contra incendios para líquidos inflamables e instalaciones de gas inflamable

Por último, la parte 7 [19] especifica los requisitos para líquidos inflamables e instalaciones de gas de petróleo líquido, como las usadas, por ejemplo, para la tracción, unidades auxiliares de energía, cocina o calentamiento. Estos requisitos pretenden evitar que se pro-

duzca un incendio por un escape de líquidos o gases inflamables.

Entre los requisitos generales de diseño destacan los relativos a los espesores de los tanques de líquidos y gases inflamables, que se muestran en la Tabla 3.

CONCLUSIONES

La norma europea EN 45545 ha sido considerada la clave en los aspectos relacionados con la seguridad contra incendios para el futuro del transporte ferroviario de pasajeros en Europa. El grupo de trabajo del proyecto de norma ha realizado un importante esfuerzo encargado de la elaboración de los borradores incorporando elementos técnicos de relevancia; sin embargo, la complejidad de la misma ha provocado dificultades para alcanzar el consenso, por lo que el proceso de la norma se ha dilatado en el tiempo respecto al que convencionalmente se suele emplear por

otros grupos de trabajo de CEN. Por ello, se está considerando que el documento resultante probablemente derive en especificación técnica en lugar de norma CEN.

La participación española en las diferentes fases del proyecto de norma, desde los proyectos de investigación complementarios, así como en la elaboración y debate de los borradores, ha tenido un peso específico bastante bajo. Esto, junto a la ausencia de antecedentes científico-técnicos, marcos normativos vinculados a la temática, etc., provoca que seguramente nuestro país requiera de un importante esfuerzo para adaptarse a las novedosas exigencias que se proponen en este proyecto.

El largo proceso de elaboración no ha sido suficiente para nuestra adaptación, por lo que la conversión de la norma a especificación técnica puede ser una oportunidad que permita a los organismos e instituciones públicas y privadas relacionadas con la temática disponer de un →

degussa.
creating essentials

¡Déjese asesorar por el especialista en protección cutánea!

Las afecciones cutáneas son el nº 1 de las enfermedades laborales

Sin una protección cutánea adecuada - demasiadas manos sufren diariamente agresiones cutáneas.
¡Ponga la piel de sus colaboradores en el punto de mira!
Solamente un programa de protección cutánea adaptado mantiene la piel sana de sus operarios.

... la piel que trabaja en el punto de mira

Degussa
Stockhausen GmbH • STOKO® Skin Care
Tel.: 93-86 42 158 • Fax: 93-86 42 161
e-mail: stoko-es@degussa.com • www.stoko.com

STOKO®
SKINCARE

El proyecto propone medidas para prevenir el fuego, minimizar su impacto, proteger al pasajero y apoyar la extinción



Age Fotostock

periodo de tiempo para tomar conciencia de las medidas de seguridad contra incendios previstas.

El proyecto de norma trata de abordar la seguridad contra incendios en los vehículos ferroviarios de pasajeros desde un enfoque sistémico, considerando aspectos tales como el diseño del vehículo, selección de materiales, sistemas de detección y extinción, etc., con el propósito de alcanzar los objetivos generales de: (1) prevenir el inicio del incendio o demorar su crecimiento y propagación, (2) proteger a los ocupantes de los efectos del incendio, (3) minimizar el impacto del incendio, y (4) apoyar a las operaciones de los servicios de extinción.

Entre las novedades del proyecto de norma destaca el empleo de 5 efectos clave del comportamiento frente al fuego de los materiales (sintetizados en el acrónimo FIRST); inflamabilidad (*ignitability-I*), propagación de llama (*flame spread-F*), velocidad de cesión de calor (*rate of heat release-R*), opacidad de humos (*smoke*

opacity-S) y toxicidad de los efluentes del incendio (*toxicity-T*). El empleo de la velocidad de cesión de calor (HRR) supone un nuevo enfoque para la caracterización del comportamiento frente al fuego de los materiales, a través del ensayo a pequeña escala ISO 5660 [21] (cono calorimétrico), y del ensayo a gran escala (*large scale*) de cono de mobiliario.

También se pueden resaltar la introducción de aspectos poco tratados hasta la fecha en la normativa internacional, tales como la compartimentación, los sistemas de detección y extinción de incendios, consideraciones de diseño, etc.

Autores

D. Jorge A. Capote Abreu.

Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Prof. Titular y Director del Grupo GIDAI, Departamento de Transportes y T.P.P., Universidad de Cantabria.

D. Daniel Alvear Portilla.

Ingeniero Industrial. Coordinador de la Línea de Investigación del Grupo GIDAI, Doctorando del Departamento de Transportes y T.P.P., Universidad de Cantabria.

D. Borja Quintana Lavín

Becario de Investigación. Grupo GIDAI, Departamento de Transportes y T.P.P., Universidad de Cantabria.

Para saber más

[1] prEN45545. Parte 1: General. Traducción: Grupo GIDAI.

[2] Final Report. Fire Standardisation Research in Railways – FIRESTARR Project. Contract n°SMT4-CT97-2164 Commission of the European Communities, (2001).

[3] Informe resumen de la investigación (investigation report) «Simulación computacional de los ensayos de comportamiento al fuego de los materiales empleados en los vehículos ferroviarios». Grupo GIDAI, Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cantabria 84-8102-393-0. (2005).

[4] y [20] prEN45545. Parte 2: Requisitos de comportamiento al fuego de materiales y componentes. Traducción: Grupo GIDAI.

[5] ASTM E 162 «Surface Flammability of Materials Using a Radiant Energy Source».

[6] ASTM D 3675 «Test Method for Surface Flammability of Flexible Cellular Materials Using a Radiant Heat Energy Source».

[7] ASTM E 162 «Surface Flammability of Materials Using a Radiant Energy Source».

[8] NF P 92501 – NF P 92 510 «Building Materials, Reaction to Fire Test».

[9] DIN 4102 part 1 «Fire behaviour of Building Materials and Building Components; Building Materials Concepts, Requirements and Test».

[10] Peacock, R. D.; Braun, E. Fire Safety of Passenger Trains.

Phase 1: Material Evaluation (Cone Calorimeter). NISTIR 6132; DOT/FRA/ ORD-99/01; DOT-VNTSC-FRA-98-26; 197 p. March 1999.

[11] y [21] ISO 5660-1: Fire Test-Reaction to fire. Part 1: Rate of heat release (Cone calorimeter method).

[12] EN ISO 5659-2 «Determination of optical density by a single-chamber test».

[13] Fuente: EN45545. Parte 3: Requisitos de resistencia al fuego para las barreras de fuego y particiones. Traducción: Grupo GIDAI.

[14] prEN 45545: Parte 3: Requisitos de resistencia al fuego para las barreras de fuego (fire barriers) y particiones. Traducción: Grupo GIDAI.

[15] UNE-EN 1363-1. Ensayos de resistencia al fuego. Parte 1. Requisitos generales. 2000.

[16] prEN45545: Parte 4: Requisitos de seguridad contra incendios para el diseño de material rodante ferroviario. Traducción: Grupo GIDAI.

[17] prEN45545. Parte 5: Requisitos de seguridad contra incendios para el equipo eléctrico que incluye tranvías, autobuses guiados y los vehículos de levitación magnética. Traducción: Grupo GIDAI.

[18] prEN45545. Parte 6: Sistemas de gestión y control contra incendios. Traducción: Grupo GIDAI.

[19] Fuente: prEN45545. Parte 7: Requisitos de seguridad contra incendios para líquidos inflamables e instalaciones de gases inflamables. Traducción: Grupo GIDAI.