

**Título:** Proyecto RAILCEN: Estudio de la evolución de un incendio en vehículo ferroviario provocado por materiales de interiorismo de acuerdo a CEN / TS 45545-2.

**Title:** Project RAILCEN: Study of the evolution of fire in railway vehicle due by internal materials of agreement to CEN / TS 45545-2.

**Autores:** Marta López (marta.lopez@cidemco.es), Izaskun Martínez  
(izaskun.martinez@cidemco.es)

CIDEMCO-Tecnalia  
Área Anardi, Nº 5, Apartado 134  
Azpeitia (Guipúzcoa)

Anna Lacasta (anna@fa.upc.edu), Universidad Politécnica de Cataluña  
Pasi Nylander (pnylander@talgo.com), Patentes TALGO S.L.  
Emiliano Gallego (egallego@fainsa.com), FAINSA S.A.

**Palabras Claves:** Vehículo ferroviario, materiales de interiorismo, evolución del incendio, nuevas exigencias en seguridad incendio dentro del marco europeo.

**Keywords:** Railway vehicle, internal materials, fire evolution, new requirements in fire security in European frame.

## **RESUMEN**

La reciente aprobación de la especificación técnica CEN/TS 45545, es considerada un gran avance en lo que a requisitos de seguridad en ferrocarriles se refiere, debido a la importante necesidad actual de unificación de exigencias frente a incendio originado por la cada vez mayor red de tráfico ferroviario entre diferentes países de la UE. Así, a nivel nacional, dos empresas de importante participación en el sector como son FAINSA S.A. (fabricante de asientos) y Patentes TALGO S.L. (fabricante de vehículos ferroviarios), con trayectoria demostrable en I+D, junto al centro tecnológico CIDEMCO-Tecnalia y la Universidad Politécnica de Cataluña en colaboración con la brigada de bomberos de Cataluña, están llevando a cabo el proyecto de I+D financiado por el *Ministerio de Fomento Convocatoria 2008 de ayudas a proyectos de I+D+I del Subprograma de Transporte e Infraestructuras*,

con acrónimo **“RAILCEN. Evolución del incendio en vehículo ferroviario provocado por materiales de interiorismo de acuerdo a CEN / TS 45545-2.”** con la intención de aumentar el conocimiento acerca del comportamiento de los materiales de interiorismo empleados actualmente en la fabricación de diferentes diseños de vehículos rodantes y de su adecuación a los niveles de riesgo exigidos en la normativa de próxima entrada en vigor. Para ello, se realizará una búsqueda de materiales alternativos más respetuosos ecológicamente así como un estudio del desarrollo del incendio mediante herramientas de simulación de última generación validadas mediante ensayo real y que son empleadas en otros campos de la Ingeniería del fuego.

## **ABSTRACT**

Due to the important change as for concept of fire Security and fire requirements that derive from the approval of the present CEN/TS 45545 to European level, and therefore also national level, two national enterprises of high participation in the sector, FAINSA S.A. (manufacturer of seats) and TALGO S.L. (manufacturer of railway vehicles), with demonstrable research lines, are employed at the present project by means of the modality of group, two centres of R&TD, the Fire Engineering Area of CIDEMCO-Tecnalia (technological research centre) and the Technical University of Catalonia at collaboration with Fire brigade of Catalonia, to present the project of R&TD **“RAILCEN. Evolution of fire in railway vehicle due by internal materials of agreement to CEN / TS 45545-2.”**. This project can be divided into two interrelated work steps that take as final aim to obtain a higher degree of knowledge on the basis of the normative European requirements on the current levels of safety of the internal materials used in different designs of railway vehicles. On the other hand, the study of the minimization of its levels of risk by means of the employment of designs and alternative materials, as well as the study of the development of the fire by means of tools of simulation of last generation verified by means of real tests, will be carried out.

## **1. LA ESPECIFICACIÓN CEN TS 45545:2006**

Debido a la **necesidad de interoperabilidad del sistema ferroviario transeuropeo** convencional y de alta velocidad, y a la publicación de la Directiva 96/48/CE y

2001/16/CE, se ha hecho necesaria una **armonización de criterios de ensayo y clasificación** en todos los países miembros de la UE dentro del Sector ferroviario, al igual que ya se había dado en otros sectores. En este contexto, se ha presentado el documento CEN TS 45545:2006 que se ha preparado bajo mandato de la Comisión Europea para proporcionar medios para el cumplimiento de los requisitos esenciales de Seguridad frente incendios recogido en estas directivas europeas.

Esta especificación ha sido preparada por el Grupo de trabajo CEN TC 256 “*Aplicaciones ferroviarias*” en cooperación con el Comité Técnico CENELEC TC 9X “*Aplicaciones ferroviarias eléctricas y electrónicas*”. La aprobación de esta especificación técnica, es considerada un gran avance en lo que a requisitos de seguridad en ferrocarriles se refiere, debido a la importante necesidad actual de unificación de exigencias frente a incendio y a la cada vez mayor red de tráfico ferroviario entre diferentes países de la UE.

La CEN TS 45545:2006 se basa en los reglamentos de seguridad frente incendios ya existentes para vehículos ferroviarios de la Unión Internacional del Ferrocarril (UIC) y de distintos países (Francia, Alemania y Reino Unido) como puntos de referencia para requisitos conceptuales. Utilizando las categorías de diseño y de operación definidas en CEN TS 45545-1:2006, los requisitos establecidos en las diferentes partes de CEN TS 45545:2006 tienen en cuenta las condiciones operativas actuales del transporte público ferroviario en Europa.

Así, la especificación CEN/TS 45545:2006 se puede dividir en las siguientes partes:

- Parte 1: General, incluyendo categorías de vehículos.
- Parte 2: Requisitos del comportamiento frente al fuego de materiales y componentes.**
- Parte 3: Requisitos de resistencia al fuego de barreras cortafuegos.
- Parte 4: Requisitos de seguridad frente incendio de diseños de material rodante ferroviario.
- Parte 5: Requisitos de seguridad frente incendio para equipamiento eléctrico.
- Parte 6: Sistemas de control y gestión de incendio.
- Parte 7: Requisitos de seguridad frente incendio para líquidos e instalaciones de gas inflamables.

Entre las innovaciones más importantes de la especificación técnica CEN TS 45545:2006 se encuentra la clasificación de los vehículos ferroviarios en 4 categorías de operación o servicio dependiendo de características de circulación del vehículo (por túneles, estructuras elevadas...), si existen lugares de evacuación...

Asimismo divide los diseños de los vehículos en 4 tipos (N, A, D y S) según su finalidad y plantas de los que conste. De acuerdo con ambas clasificaciones establece unos niveles de riesgo, HL1, HL2 y HL3 que deben cumplir los materiales que forman parte de cada tipo de vehículo ferroviario, según la siguiente tabla:

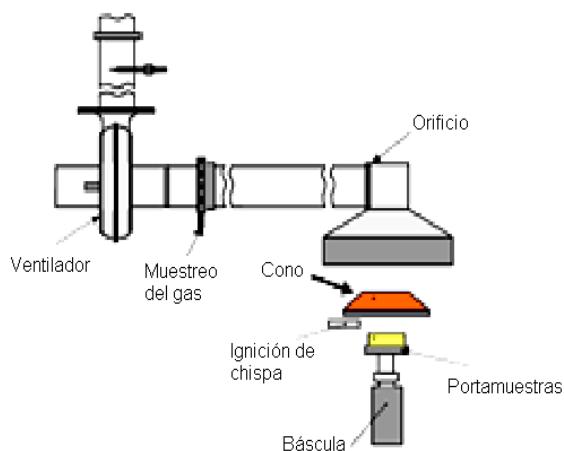
| <b>Categoría de diseño</b><br><b>Categoría de servicio</b> | <b>N: vehículos estándar</b> | <b>A: vehículos automáticos sin personal formado para emergencias</b> | <b>D: vehículo de dos plantas</b> | <b>S: vehículo con camas o literas, de una o dos plantas</b> |
|--|------------------------------|---|-----------------------------------|--|
| 1  | HL1                          | HL1   | HL1                               | HL2  |
| 2  | HL2                          | HL2   | HL2                               | HL2  |
| 3  | HL2                          | HL2   | HL2                               | HL3  |
| 4  | HL3                          | HL3   | HL3                               | HL3  |

Es decir, según la anterior tabla, vehículos estándar cuya categoría de servicio sea considerada de clase 4 (máximo riesgo) deberán estar compuestos por materiales y componentes clasificados como HL3 (altas prestaciones frente incendio). Para establecer la clase de riesgo de un material, primeramente es necesario conocer su uso, porque dependiendo de su uso, los ensayos para caracterizarlo serán diferentes. Por ejemplo, un material que se use para tapizar un asiento será sometido a diferentes ensayos si su colocación es en la superficie inferior ó superior del reposabrazos. La filosofía de los análisis también varía, puesto que hasta ahora los materiales se consideraban de manera independiente. Con la introducción de la CEN/TS 45545-2:2006 deberán considerarse los materiales en su conjunto (por ejemplo: apoyabrazos con carcasa/tejido/espuma) para someterse a los análisis. De esta manera la caracterización será más fiel a la realidad pero provocará que el nivel y dificultad de caracterización frente al fuego de los materiales que

componen un vehículo ferroviario aumente de manera significativa respecto a los métodos que se emplean hasta ahora para hacerlo de acuerdo a la Directriz Técnica de RENFE.

Además, el desarrollo de la ciencia y tecnología del incendio en los últimos años, 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 de ensayos a escala **ISO 5660** (como calorimétrico (**Fig. 1a-b**)) para el cálculo de la velocidad de cesión de calor, y del ensayo a escala real (**EN ISO 9705-2**) para el análisis del comportamiento al fuego de un asiento completo de pasajeros (**Fig. 2a-b**). Además, para la determinación de la generación y toxicidad de los humos, se ha propuesto el ensayo **EN-ISO 5659-2**, utilizando la cámara de valoración de densidad óptica de humos con la novedad del análisis de gases mediante FTIR, método que consiste en el análisis de los gases presentes en los efluentes de un fuego de forma discontinua usando un espectroscopía de transformada de Fourier (**Fig. 3a-b**).

Sin embargo tal y como ha sido reflejado en diferentes jornadas organizadas a nivel nacional sobre el tema de la aplicación de la especificación, existe un gran desconocimiento e incertidumbre en el sector ferroviario respecto a los cambios que va a suponer la implantación de esta nueva reglamentación, respecto a la necesidad o no de materiales alternativos con prestaciones mejoradas, el incremento de los costes de fabricación que ello derivará, los consiguientes cambios en los diseños de material rodante etc.



**Fig. 1a-b.** Cono calorimétrico (ISO 5660).

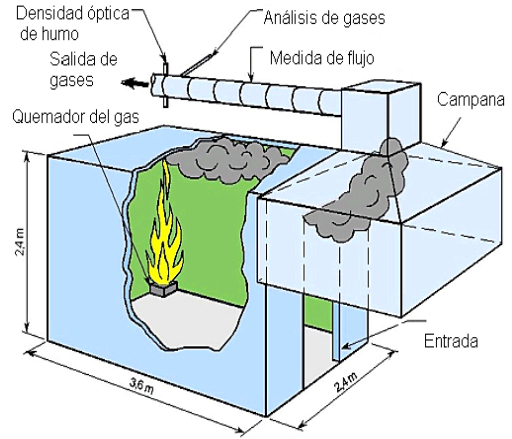


Fig. 2a-b. CEN/TS 45545-2:2006 Anexo B (fuente: SP Technical Research Institute of Sweden).



Fig. 3a-b. Cámara de valoración de densidad óptica de humos con FTIR acoplado (ISO 5659).

## 2. EL PROYECTO RAILCEN

La empresa FAINSA S.A., que ha estado involucrada en la elaboración de dicha especificación y dispone de conocimiento de primera mano sobre la misma (especialmente de sus partes más conflictivas de implantación como es la parte 2 de la CEN TS 45545 relativa a *Requisitos de seguridad contra incendios de materiales y componentes*), llevó a

cabo junto a CIDEMCO-Tecnalia un estudio preliminar en Junio de 2007 para la *III Jornada en Seguridad en Ferrocarril*, sobre la clasificación en niveles de riesgo de ciertos materiales comúnmente utilizados en asientos cuando son sometidos a los requisitos normativos aplicables en la actual Directriz Técnica de RENFE DT PCI/5 A y en la próxima CEN TS 45545-2. Conclusiones de este estudio hacían referencia a que materiales que son considerados con comportamiento de baja inflamabilidad (clasificación M1) según la directriz RENFE DT PCI/5 A, se clasificarían como HL1 y no sería permitida su instalación en cualquier categoría de servicio de vehículo ferroviario según CEN TS 45545.

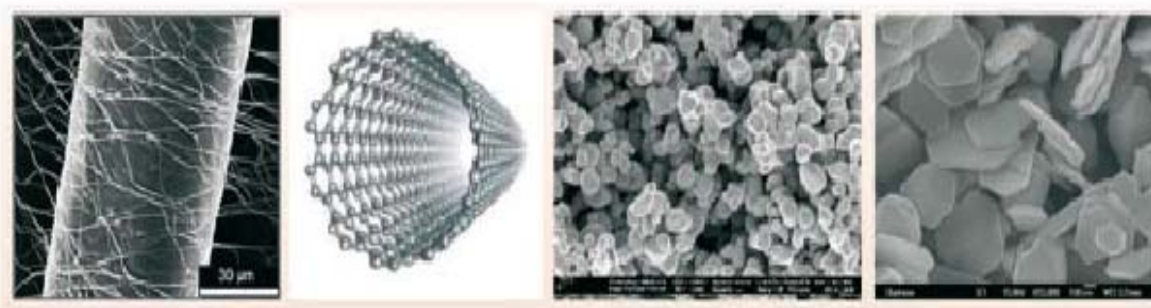
Por lo tanto, debido a estas preocupantes conclusiones originadas por el cambio en cuanto a concepto de Seguridad frente incendio que supone dicho documento, FAINSA S.A. y CIDEMCO-Tecnalia deciden formar una agrupación junto con EPSEB-UPC y TALGO S.L. para presentar el proyecto **“RAILCEN. Evolución del incendio en vehículo ferroviario provocado por materiales de interiorismo de acuerdo a CEN / TS 45545-2.”**, con el fin de adelantarse a la incorporación de la especificación CEN TS 45545-2 e ir adecuando sus diseños al requisito de Seguridad frente incendio que próximamente entrará en vigor.

La parte de la norma que da lugar a la primera fase de estudio del presente proyecto es la parte 2, es decir, la que afecta a cualquier material de interiorismo en vehículos ferroviarios, entre los cuales se encuentran de manera importante los asientos, al considerarse éstos de manera aproximada un 70% de la posible carga combustible en un vagón de pasajeros.

El proyecto RAILCEN se puede desglosar en dos fases de trabajo interrelacionadas que tienen como objetivo final el conseguir un mayor grado de conocimiento en base a las exigencias normativas europeas de próxima entrada en vigor sobre los niveles de seguridad frente incendio actuales de los materiales de interiorismo empleados en diferentes diseños de vehículos ferroviarios, la minimización de sus niveles de riesgo mediante el empleo de diseños y materiales alternativos, así como el estudio del desarrollo del incendio mediante herramientas de simulación de última generación validadas mediante ensayo real que son empleadas en otros campos de la Ingeniería del fuego.

En la primera parte de este proyecto, y a la luz de los resultados obtenidos del análisis de

los niveles de riesgo de los materiales de interiorismo actuales, puede ser necesaria una implantación de materiales alternativos con propiedades frente al fuego mejoradas cuyo coste económico sea muy superior a los materiales convencionalmente empleados en el sector. Se hará especial hincapié en la inclusión de componentes cuya dispersión sea a nivel nano, tales como **nanoarcillas, nanotubos o nanofibras de carbono** en conjunción o no, con otros retardantes de llama habituales que parece que es una línea que puede ser interesante para la fabricación de nuevos materiales para la construcción de trenes y más resistentes al incendio exterior.



**Fig. 4.** Diferentes clases de Nanoaditivos: Nanofibras, Nanotubos, Nanopartículas de Plata, Kaolinita.

De hecho, si durante el desarrollo de la tarea 3 del proyecto, relativa al “*empleo de materiales alternativos con prestaciones frente al fuego mejoradas*”, se concluye que el incremento en el coste de materia prima para la fabricación de los diseños estándar es superior a un 20-30%, FAINSA S.A. plantea abrir una nueva línea de investigación junto con sus fabricantes suministradores de material de asiento (textiles, barreras, carcasas envolventes etc), para intentar minimizar este coste.

Respecto a la simulación computacional, cabe destacar que este tipo de herramientas se utilizan en muchos campos de la investigación básica y en aplicaciones tecnológicas avanzadas. En el caso de la propagación de fuego, el desarrollo del conocimiento sobre los procesos fisicoquímicos involucrados y los modelos matemáticos que los describen, así como disponibilidad de ordenadores con potencia de cálculo cada vez mayor, han posibilitado que los programas de simulación sean cada vez más utilizados. Las simulaciones permiten analizar y visualizar los efectos que un hipotético incendio puede tener en un determinado espacio como por ejemplo un edificio, un túnel o un vagón de tren.



Aunque existen diferentes tipos de simuladores, posiblemente el más utilizado a nivel mundial es el **FDS (Fire Dynamics Simulator)** desarrollado por el National Institute of Standards and Technology (NIST). Sus aplicaciones incluyen una amplia variedad de problemas, desde investigación básica hasta análisis siniestral de casos reales, pasando por el diseño de soluciones constructivas, espacios interiores o sistemas de ventilación. Son ya muchos los grupos de investigación que trabajan en el desarrollo y validación de este programa, y es de prever que en un futuro sean todavía más utilizados. Además, como última etapa, se ha propuesto la validación de la modelización mediante un ensayo a escala real del incendio de un vagón.

Este proyecto se considera estratégico no únicamente para FAINSA S.A. y TALGO S.L., sino en general para todo el sector ferroviario tal y como refleja el hecho de que esta línea de investigación sea marcada como prioritaria en la Agenda Estratégica de investigación del Sector Ferroviario elaborada por la Plataforma Nacional del Ferrocarril (PTFE).

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Especificación técnica CEN/TS 45545.
- Final Report. Fire Standardisation Research in Railways- FIRESTARR Project.
- Polymer Nanocomposites: How to Reach Low Flammability? S. Bourbigot, S. Duquesne, C. Jama, Macromol. Symp., 233, 180–190 (2006).
- Nanoparticle networks reduce the flammability of polymer nanocomposites, T. Kashiwagi, F. Du, J. F. Douglas, K. I. Winey, R. H. Harris Jr, J. R. Shields, Nature Materials, 4 (2005).
- Using clay in PA-based intumescent formulations. Fire performance and kinetic parameters. F. Dabrowski, M. Le Bras, R. Delobel, J.W. Gilman, T. Kashiwagi, Macromolecular Symposium, 194, 201–206 (2003).
- Fire retardant systems in poly(methyl methacrylate): interactions between metal oxide nanoparticles and phosphinates, A. Laachachi, M. Cochez , E. Leroy , M. Ferriol, J.M. Lopez-Cuesta, Polymer Degradation and Stability, 92, 61-69 (2007).