



METRO DE MADRID, S.A.



BORRADOR



Fuente: METRO DE MADRID

Desarrollo de un Sistema de Seguridad Contra Incendios para el Equipamiento Situado Debajo del Bastidor de Ferrocarriles Metropolitanos



Subvencionado por **MINISTERIO DE FOMENTO**
Convocatoria del año 2008 de las ayudas del Programa Nacional de Cooperación Público-Privada, Subprograma de proyectos relativos a transporte e infraestructuras, dentro de la línea instrumental de articulación e internacionalización del sistema. Proyecto P17/08

Introducción

El pasado 5 de Enero del 2009 fue publicada la resolución del Ministerio de Fomento (BOE Núm. 4 - Orden FOM/3864/2008) de la convocatoria de ayudas del Programa Nacional de Cooperación Público-Privada, del Subprograma de proyectos relativos a transporte e infraestructuras, en el marco del Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica 2008-2011, en la que se concedió una ayuda para la realización del Proyecto de Investigación titulado "Desarrollo de un Sistema de Seguridad Contra Incendios para el Equipamiento Situado Debajo del Bastidor de Ferrocarriles Metropolitanos".



El Proyecto de I+D tiene por objeto determinar los factores de diseño para el desarrollo de un nuevo sistema de extinción en los bajos de los trenes de Metro y evaluar experimentalmente las prestaciones del sistema desarrollado, de forma específica, frente a unos ensayos de fuego a escala real en un tren de pasajeros en el que se hayan instalado estos sistemas de protección.

Los resultados permitirán incrementar, en la medida de lo posible, los niveles de Seguridad de los actuales Trenes en explotación por la incorporación de este sistema.

Para alcanzar este propósito se realizarán una serie de trabajos de investigación experimentales y de modelado numérico, cuyos fines serán: (a) Determinar fuentes de ignición y condiciones de propagación de llama en los elementos presentes bajo bastidor, (b) Calcular las condiciones de contorno a las que se verá sometido el agente extintor en caso de incendio real, (c) Desarrollar una propuesta de instalación del sistema de extinción en base a agua nebulizada de alta presión y (d) Validar el sistema desarrollado analizando las prestaciones alcanzadas por el mismo en condiciones de escenarios de uso final.



Fuente: Archivo GIDAI

Estos trabajos se basarán en el empleo de diferentes herramientas, tales como experimentos no destructivos mediante termografía infrarroja, ensayos de fuego destructivos a pequeña escala de elementos presentes en los bajos, ensayos a escala reducida mediante semejanza dimensional, ensayos de fuego mediante modelos físicos a escala real, modelos de simulación computacional de incendios basados en fluidodinámica computacional (CFD), etc.

El Proyecto de Investigación liderado por el Dr. Francisco Javier González Fernández (Metro de Madrid), se abordará, de forma coordinada por las 4 entidades que conforman el consorcio o agrupación: Metro de Madrid, el Grupo GIDAI de la Universidad de Cantabria, Marioff HI-FOG y la pyme Modelado y Simulación Computacional, S.L.

Metodología

El equipo investigador está compuesto por un grupo de investigadores y profesionales directamente relacionados con la Seguridad en Ferrocarriles Metropolitanos, y la Ciencia de la Seguridad contra Incendios y otros campos del saber imprescindibles para la culminación exitosa de esta iniciativa.

Las tareas y actuaciones necesarias para el desarrollo del Proyecto están divididas en los seis subproyectos que se describen a continuación:



Secuencia temporal de las diferentes fases del proyecto

En primer lugar se realizará un análisis de las fuentes de ignición de los bajos del tren mediante el empleo de termografía infrarroja. Estas mediciones permitirán analizar los equipos y elementos situados en los bajos y localizar los puntos más calientes o cualquier anomalía térmica a través de la instalación de cámaras termográficas en los mismos.

Para los ensayos de fuego a escala reducida se emplearán los dos equipos más significativos en este campo: el Cono Calorimétrico y el Fire Propagation Apparatus. Estos equipamientos científico-técnicos tienen una gran versatilidad, que facilita la Medición de multitud de propiedades que definen el comportamiento frente al fuego de los materiales, tales como: flujo de calor crítico, temperatura de ignición, inercia térmica, velocidad de pérdida de masa, velocidad de cesión de calor química y convectiva, tiempo de ignición, flujo de calor crítico de ignición, calor efectivo de combustión, velocidad de producción de humos, generación de gases tóxicos, etc.

A continuación, las actividades de Modelado Físico a Escala, utilizando los principios de Semejanza Dimensional, realizarán un análisis de las condiciones de contorno en el túnel, constituyendo una fuente de referencia para los Procesos de Validación frente a los resultados de los Modelos Computacionales de Simulación de Incendio.

Finalizados los trabajos precedentes se procederá al desarrollo del sistema de extinción en los bajos del tren

donde se comenzará por el diseño previo donde se definirán el tipo de agente, las boquillas a emplear, layouts, etc. Posteriormente, se realizará la definición del sistema de distribución y el equipo impulsor y se calcularán las condicionantes de resistencia estructural de los equipos de extinción en el tren. Todo esto permitirá la definición del sistema de control del Sistema de Extinción y la elaboración del diseño final.

Finalmente, se realizará el programa de ensayos a escala real en un tren de pasajeros facilitado por Metro de Madrid, localizándose el mismo en una zona adaptada para tal finalidad. METRO trasladará el tren seleccionado a la zona de ensayos, donde se le acondicionará adecuadamente para las actividades necesarias de los ensayos, procediéndose a la realización de las mismas y el análisis de los resultados con el propósito de validar el sistema diseñado.

Escenarios de Incendios y estudio de propagación de llama en los Bajos del Material Rodante

Las actividades a realizar en esta fase incluyen el estudio de las fuentes de ignición y de la propagación de llama en los bajos del material rodante. Para el cumplimiento de estas actividades se emplearán cámaras termográficas y ensayos de fuego a pequeña escala.

La termografía es un método de inspección y análisis mediante la obtención de imágenes de la distribución de la temperatura en los elementos a medir. Se basa en que la mayoría de los componentes de un sistema muestran un incremento de temperatura en condiciones de mal funcionamiento, con lo que el comportamiento térmico de los mismos puede emplearse para detectar los defectos y las causas de una manera rápida y sin interferir en el sistema.



Fuente: Archivo GIDAI

Mediante el empleo de cámaras termográficas incorporadas a los bajos de los coches de metro se analizará el espectro de temperaturas de los diferentes equipos y componentes que conforman los bajos en las condiciones de explotación de los mismos, de tal forma que se puedan detectar comportamientos fuera de lo habitual, y que pudieran dar lugar a posteriores fallos o conatos de incendio.

Como segunda etapa, se procederá a seleccionar los materiales, muestras de cables y componentes críticos más significativos de los presentes en los bajos que contribuyan a la propagación de llama a fin de la realización de los ensayos a pequeña escala.

Los ensayos de pequeña escala se realizarán principalmente con un Cono Calorimétrico y un Fire Propagation Apparatus. El principio de medición de estos equipos se basa en que la velocidad de cesión de calor emitida por los materiales en combustión es directamente proporcional a la cantidad de oxígeno empleada en el proceso de combustión.

A continuación se procederá a la realización de las valoraciones previas mediante cálculos analíticos de las manifestaciones de las fuentes de ignición, y a partir de estos resultados se realizará el modelado y simulación computacional de las condiciones de propagación de llama mediante el uso del modelo 'Fire Dynamics Simulator (FDS)', desarrollado por el National Institute of Standards and Technology – NIST (USA). Este modelo de dinámica de fluidos computacional (CFD) resuelve numéricamente un tipo de ecuaciones de Navier-Stokes apropiadas para baja velocidad y flujo considerado desde un punto de vista térmico con énfasis en el transporte de humo y calor derivados de los incendios. FDS calcula en las superficies sólidas la temperatura, los flujos de calor, la velocidad de combustión, la velocidad de pérdida de masa, etc. y en la fase gas la temperatura, la velocidad de los fluidos, la concentración de especies presente (CO , CO_2 , N_2), la concentración de los humos y la estimación de la visibilidad, la presión, la velocidad de cesión de calor, la fracción de mezcla, la densidad de los gases, etc.

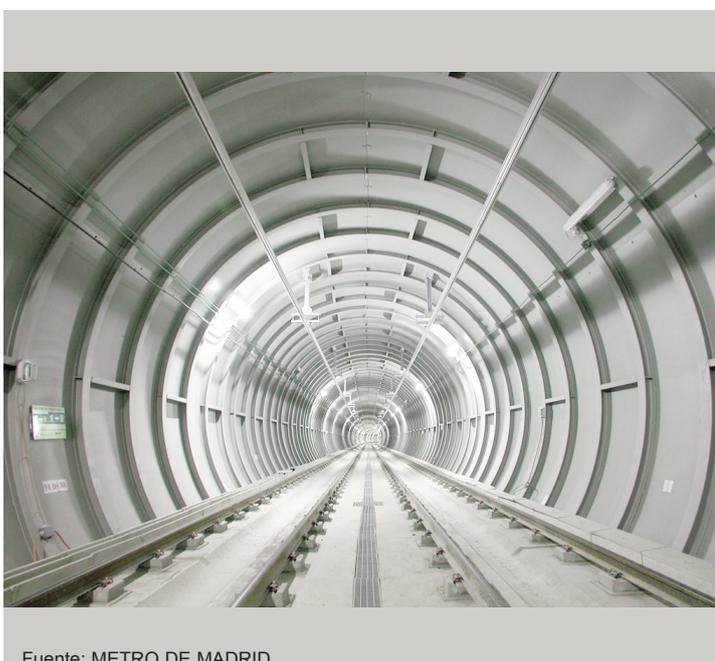
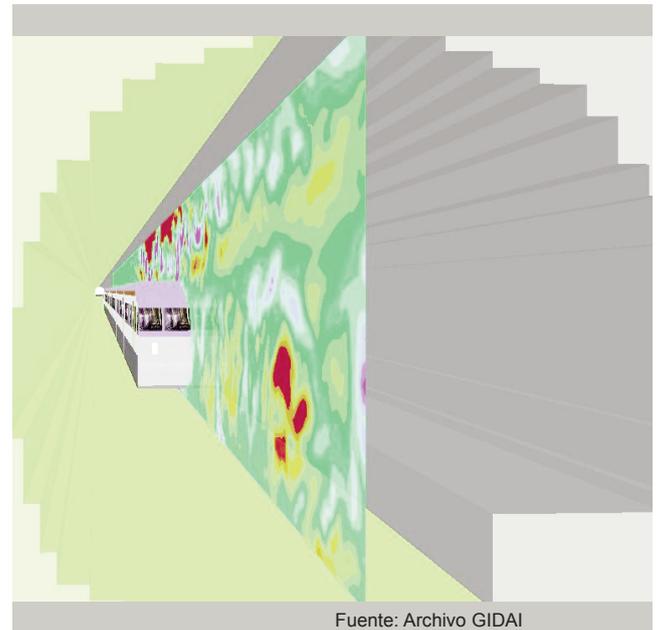
Finalmente se procederá a la realización de los ensayos previos de propagación de llama comenzando con la realización de pruebas de propagación de llama en áreas reducidas, e incluso realizando dichas pruebas mediante ensayos adimensionales.

Estudio de las condiciones de contorno en túneles

Las actividades necesarias para la realización de este subproyecto estarán coordinadas por la Universidad de Cantabria y se centrarán en la obtención de datos experimentales en base a ensayos de semejanza dimensional a escala reducida y la posibilidad de disponer de valores en explotación. Se realizará un estudio previo del instrumental de medida a emplear incluyendo un análisis del estado del arte de dichos equipos, realización de la calibración correspondiente según las normas establecidas, así como el diseño de los ensayos a escala reducida mediante semejanza dimensional para el cálculo de las velocidades del flujo de aire.

Existen diferentes aproximaciones al modelado físico en caso de incendio, tales como el modelado de Froude (que preserve el número de Froude), el modelado de presión (bajo una presión que mantenga los números de Froude y Reynolds) o el modelado de analogía con diferentes fluidos para simular el efecto de flotabilidad de los gases calientes. La conservación del número de Froude es la teoría más empleada para casos semejantes a los del estudio planteado. Se debe considerar que las dimensiones del modelo deben asegurar el régimen turbulento de los humos y la inexistencia de viscosidad en las superficies en contacto con el fluido.

Siguiendo los cálculos anteriores, se procederá a la construcción de una maqueta para la realización de los ensayos a escala reducida, de tal forma que mediante este ensayo se permita simplificar el estudio de cualquier fenómeno en el que estén involucradas muchas magnitudes físicas en forma de variables independientes. El análisis dimensional es la base de los ensayos con maquetas a escala reducida utilizados en muchas ramas de la ingeniería, tales como la aeronáutica, la automoción la ingeniería civil, etc. A partir de dichos ensayos se obtiene información sobre lo que ocurre en el fenómeno a escala real cuando existe semejanza física entre el fenómeno real y el ensayo.



Una vez construida la maqueta se realizará la instalación del instrumental en la misma y se procederá al desarrollo del ensayo a escala reducida y a la recogida de los datos. Adicionalmente se realizarán pruebas a escala real, en condiciones de circulación, a fin de poder disponer de datos para contrastar los resultados.

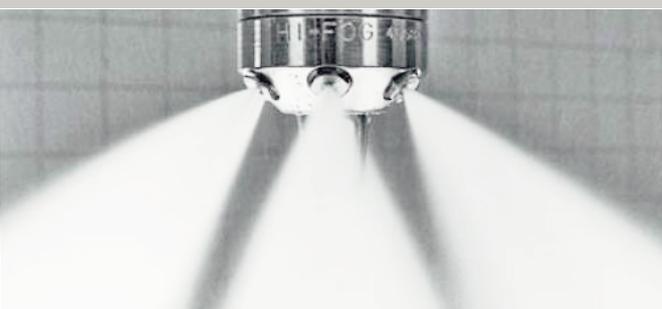
Complementariamente, se compararán los resultados frente a los cálculos proporcionados por Modelos de Simulación Computacional de Incendios, de tal forma que se pueda validar el mismo para estos análisis. Una vez validado, el Modelo servirá como primera referencia para el desarrollo del sistema de seguridad contra incendios, así como para la estimación de los resultados que se obtendrán en los ensayos a escala real.

Desarrollo del sistema de extinción

Los trabajos a realizar a lo largo del presente subproyecto conllevan el desarrollo de un Sistema de Extinción de Incendios en bajos de los trenes metropolitanos. Para el desarrollo del mismo se comenzará por realizar un diseño previo en el cual se establezca el tipo de agente a emplear, la definición de las boquillas, layout, etc.

Se definirá el sistema de distribución y el equipo impulsor, realizándose el cálculo de condiciones de resistencia estructural de los equipos de extinción en el tren y definiendo el sistema de control del sistema de extinción. A partir de estos elementos se obtendrá el diseño final del mismo.

El sistema de extinción se basará en el uso de Sistemas de Detección Temprana de Humos por Aspiración y Extinción por Agua Nebulizada. Los Sistemas de Detección Temprana funcionan tomando aire continuamente dentro de una red vía aspirador de alta eficiencia. Cuando existe humo, la luz esparcida dentro de una cámara es identificada instantáneamente por un sistema receptor altamente sensible. La señal es entonces procesada y es presentada en forma de gráfico en un visualizador y/o en indicadores de alarma. Adicionalmente se puede comunicar esta información al panel de aviso, al sistema de software, al sistema de control del tren vía reles o a una interfaz de alto nivel (HLI). En lo relativo a los sistemas de extinción, su fundamento es el de agua nebulizada a alta presión con tamaño de gota entre 50 y 120 micrómetros, lo que crea una neblina de agua que utiliza los beneficios de ser semigaseosa para llegar a los lugares más difíciles.



Fuente: MARIOFF

Ensayos de verificación

Las actividades a realizar en esta fase serán coordinadas por Metro de Madrid, contando con la colaboración de la Universidad de Cantabria y Marioff. Para la definición de los procedimientos de ensayo, plan de seguridad y coordinaciones, se aprovechará la experiencia del programa de ensayos “Full Scale Fire Tests on a Reinforced Concrete High Rise Structure in Glasgow” liderado por el BRE/Centre for Fire Safety Engineering, en el que el Grupo GIDAI de la Universidad de Cantabria colaboró activamente, así como del proyecto “Ensayos de Fuego a Escala Real en Trenes de Pasajeros de Alta Velocidad” realizado por el Grupo GIDAI de la Universidad de Cantabria y la Dirección General de Servicios de Alta Velocidad - Larga Distancia de Renfe Operadora.

Las actividades correspondientes a este subproyecto incluyen, previa la realización del ensayo, la preparación del escenario, realizándose las modificaciones y/o adaptaciones necesarias en el tren seleccionado y en el área de ensayo, la instalación del instrumental necesario para la realización del ensayo, la puesta en marcha y calibración del instrumental y de los equipos adquisición, la puesta en marcha del plan de seguridad y de protección medioambiental.

A continuación, se realizará el Ensayo de verificación del sistema de seguridad contra incendios para el equipamiento situado bajo bastidor en los escenarios seleccionados y la recogida de datos. Esta fase es crítica para el desarrollo del proyecto, ya que permitirá comprobar el buen funcionamiento del sistema diseñado o la necesidad de realizar modificaciones al mismo.

Concluidos los ensayos se procederá a la desactivación del mismo, lo cual comprende el desmontaje de las instalaciones en el coche de los ensayos y la retirada del equipamiento de medida, el procesamiento informatizado de los datos capturados y el análisis de resultados de los ensayos.

La última fase de este subproyecto comprende la comparación de los resultados obtenidos con lo que se obtendrán de las labores de Modelado y Simulación Computacional, concluyendo con el análisis de los resultados obtenidos y exponiendo las conclusiones preliminares.





Fuente: METRO DE MADRID



METRO DE MADRID, S.A.



AUTC Fire & Security Company



Modelado y Simulación Computacional, S.L.



SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS
INVESTIGACIÓN Y TECNOLOGÍA

METRO DE MADRID, S. A.

C/ Cavanilles nº 58
28007 - MADRID
Telf.: +34 91 379 88 00
Fax.: +34 91 501 78 00
<http://www.metromadrid.es>

GIDAI - Seguridad contra Incendios - Investigación y Tecnología UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

Dpto. Transportes y Tecnología de Proyectos y Procesos

Avda. Los Castros, s/n
39005 - SANTANDER
Tel.: +34 942 20 18 26
Fax.: +34 942 20 18 73
<http://www.gidai.unican.es>



Subvencionado por **MINISTERIO DE FOMENTO**
Convocatoria del año 2008 de las ayudas del Programa Nacional de Cooperación Público-Privada,
Subprograma de proyectos relativos a transporte e infraestructuras, dentro de la línea instrumental de
articulación e internacionalización del sistema. Proyecto P17/08