



## **Modelado Físico del Movimiento de Humos en caso de Incendio en Atrios**



**Convocatoria para la concesión de Subvenciones destinadas a la realización  
de Proyectos de Investigación Científica y Desarrollo e Innovación  
Tecnológica - Orden VIV/2710/2007  
MINISTERIO DE VIVIENDA**

# Introducción

El pasado 28 de Diciembre de 2007, el Grupo GIDAI del Departamento de Transportes y Tecnología de Proyectos y Procesos de la Universidad de Cantabria fue beneficiario de una concesión destinada al desarrollo del Proyecto de Investigación sobre “Modelado Físico del Movimiento de Humos en caso de Incendio en Atrios”, al amparo de la convocatoria destinada a la realización de proyectos de investigación científica y desarrollo e innovación tecnológica en materia de sostenibilidad, innovación y calidad de la edificación y la vivienda, del Ministerio de Vivienda (Orden VIV/4123/2007 – 28 de diciembre, publicado en el BOE nº 32 del 6 de febrero de 2008).



*Atrio de entrada a una estación ferroviaria.  
Fuente: Métrica – Taller Integrado de Proyectos*

Los atrios facilitan el acceso de las personas a complejas edificaciones de pública concurrencia. Se trata de recintos especialmente transitados, en los que las tradicionales medidas de protección mediante compartimentación no son de aplicación.

En caso de incendio, los humos y sus gases tóxicos ponen en grave peligro las condiciones de vida de los ocupantes, bloquean las salidas, disminuyen los niveles de visibilidad y dificultan la evacuación, rescate y extinción.

El objeto del Estudio se centra en el desarrollo de ensayos a escala reducida para el Modelado Físico del Movimiento de los Humos en caso de Incendio en un Atrio, a fin de: (1) analizar la dinámica del movimiento de los humos, (2) evaluar la eficacia de los sistemas de control, y (3) disponer de resultados que puedan compararse con los cálculos previstos en la normativa de referencia y con el modelado y simulación computacional de los humos.



*Ensayo a escala real del movimiento de los humos en un atrio.  
Fuente: [www.sandia.gov](http://www.sandia.gov)*

El Equipo de Investigación está integrado por Profesores e Investigadores del Grupo GIDAI – Seguridad contra Incendios -, bajo la dirección del Prof. Dr. Jorge A. Capote y del Dr. Daniel Alvear.

# Modelado Físico Mediante Ensayos a Escala Reducida

La realización de ensayos de fuego a escala reducida permite disponer de una opción para el análisis de los sistemas de gestión y control de humos. Aunque este tipo de ensayos fueron los precursores del modelado numérico, en la actualidad suelen emplearse en caso que los métodos numéricos resulten inapropiados o para la validación de los mismos, tal como ocurre en la presente propuesta.

Existen diferentes aproximaciones al modelado físico del movimiento del humo en caso de incendio, tales como el modelado de Froude (que preserva 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 en el estudio del movimiento de los humos en atrios a escala. Se desarrolla en condiciones normales de presión atmosférica. Las dimensiones del modelo deben asegurar el régimen turbulento de los humos y la inexistencia de viscosidad en superficies en contacto con el fluido.

$$\text{Nº de Froude} = \frac{U^2}{gl}$$

$$x_m = x_F \left( \frac{l_m}{l_F} \right)$$

$$\Delta p_m = \Delta p_F \left( \frac{l_m}{l_F} \right)$$

$$T_m = T_F$$

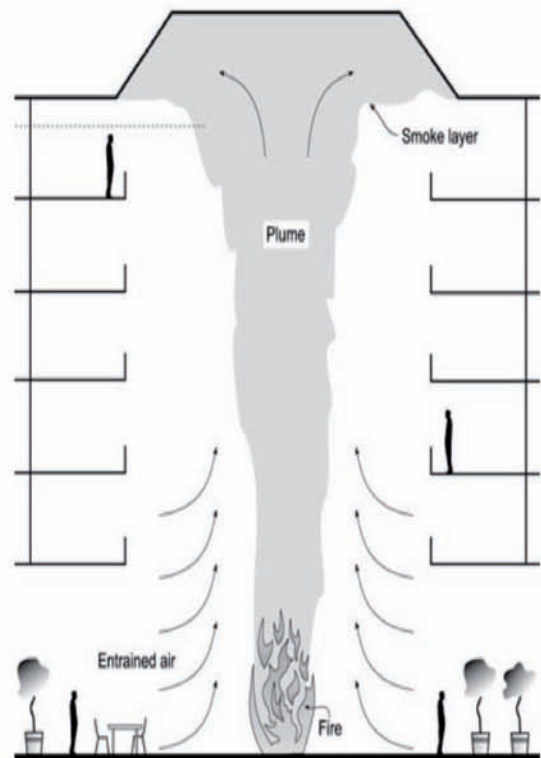
$$v_m = v_F \left( \frac{l_m}{l_F} \right)^{1/2}$$

$$Q_m = Q_F \left( \frac{l_m}{l_F} \right)^{5/2}$$

$$Q_{c,m} = Q_{c,F} \left( \frac{l_m}{l_F} \right)^{5/2}$$

$$V_{fan,m} = V_{fan,F} \left( \frac{l_m}{l_F} \right)^{5/2}$$

$$(k\rho c)_{w,m} = (k\rho c)_{w,F} \left( \frac{l_m}{l_F} \right)^{0.9}$$



Movimiento de los humos en un atrio.  
Fuente: [www.irc.nrc-cnrc.gc.ca](http://www.irc.nrc-cnrc.gc.ca)

Durante los ensayos se analizará la interrelación existente entre tres parámetros fundamentales en los incendios en atrios: altura del atrio, temperatura y velocidad de descenso de los humos.

La contribución de la fuente de ignición se representará mediante la ignición de un combustible líquido seleccionado en una bandeja de acero. El volumen de combustible aportará una velocidad de cesión de calor equivalente a la considerada durante un tiempo de ensayo de 1800 segundos.

# Metodología

El Proyecto se desarrollará en base a un esquema metodológico propio que contempla, de manera global, los aspectos de interés sobre el Movimiento de los Humos en caso de Incendio en un Atrio. Los ensayos se realizarán en un modelo a escala reducida.

Los parámetros de interés en los ensayos consistirán fundamentalmente en la medición de temperatura, velocidades de flujo y opacidad.

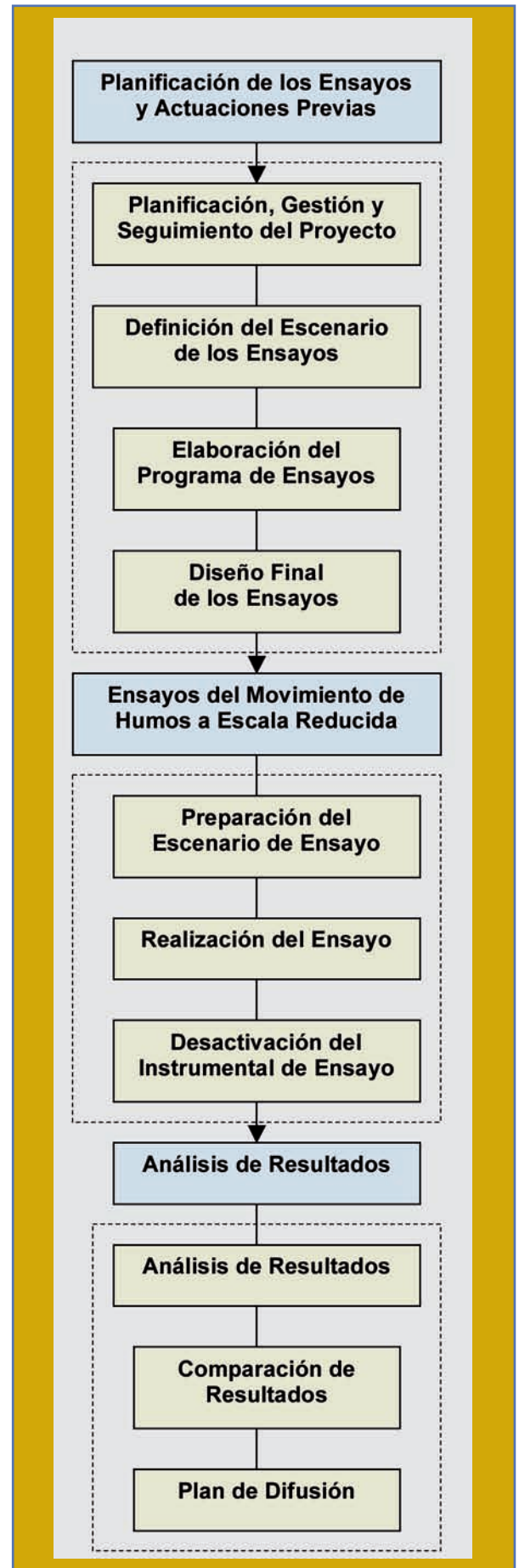
Se localizarán termopares en disposición vertical, en árboles de medida, para determinar mediante la temperatura de los humos su presencia a diferentes alturas y las manifestaciones térmicas que pudiesen provocar sobre las personas.

Los medidores de flujo, localizados bajo los aireadores, obtendrán información de la velocidad de evacuación de los humos.

Los opacímetros recogerán el nivel de oscurecimiento en el atrio, mediante el registro del coeficiente de extinción, indicador del nivel de visibilidad.

Se evaluará, para diferentes alturas de cubierta, la velocidad de descenso de la capa caliente de humos y la eficacia de diferentes estrategias para la gestión y el control de los humos, tratando de estudiar las condiciones más adecuadas en cada caso.

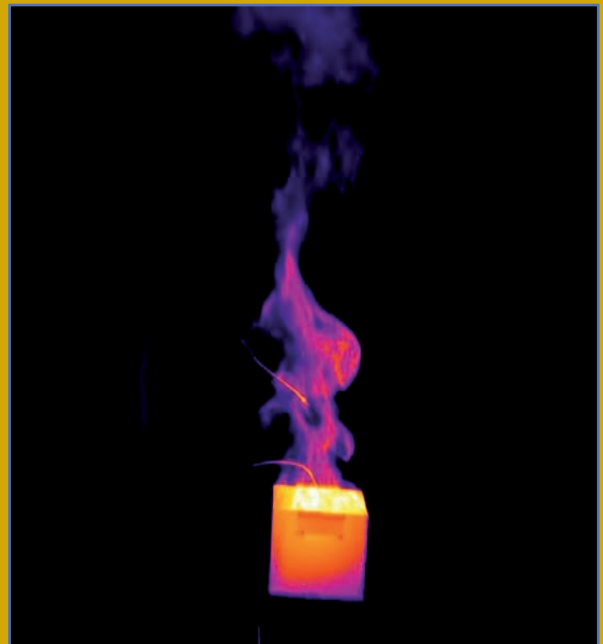
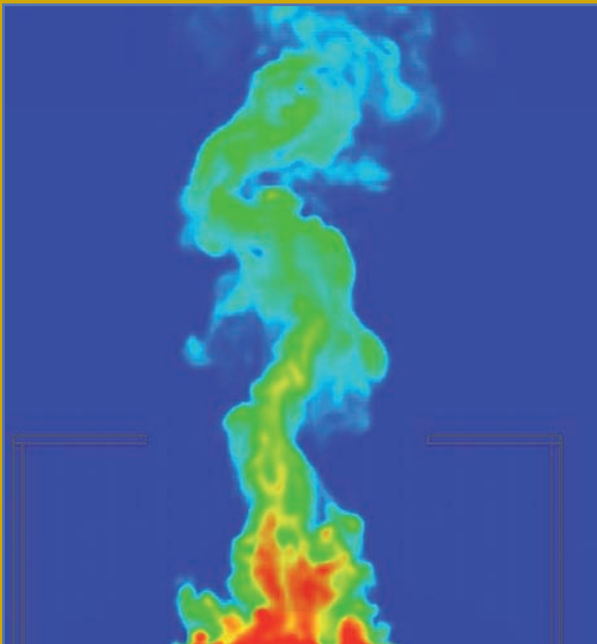
Los resultados de cada ensayo podrán ser comparados con los obtenidos mediante el empleo de herramientas de modelado y simulación computacional, de zona (CFAST, OZONE, ASMET) y de campo (FDS).



# Estudio del Escenario de Ensayo

Uno de los aspectos más relevantes para el desarrollo del Estudio es el dedicado a la selección del escenario de ensayo y de la fuente de ignición.

Las actividades previas a la realización de los ensayos, incluyen (1) una adecuada selección del combustible a emplear, (2) la caracterización de la fuente de ignición – dimensiones, duración del ensayo, etc. -, (3) la evaluación de la precisión y calibración del instrumental necesario para realizar las mediciones, y (4) la realización de cálculos analíticos previos que permitan aproximarnos al orden de magnitud de las condiciones de desarrollo de los ensayos.



Penacho de los humos en los ensayos de caracterización de la fuente de ignición obtenido mediante simulación computacional con FDS (Izda.) y termografía infrarroja (Dcha.)

Finalmente se realizarán los ensayos a escala reducida en el modelo físico del atrio seleccionado – una vez calibrados los instrumentos de medida - para diferentes alturas de cubierta, estrategias para el control de los humos y condiciones de temperatura exterior.

Número de Ensayos	Tipo de Ensayo	
1-3	Caracterización de la fuente de ignición	Se desarrollarán diferentes ensayos con objeto de seleccionar el combustible a emplear, en base a las propiedades de los humos de su combustión y a parámetros científicos de interés.
3-5	Calibración de los diferentes dispositivos de medición empleados durante los ensayos	Se realizará la prueba, verificación y calibración de los instrumentos de medida y equipos de toma de datos que se utilizarán frente a diferentes ensayos.
7-9	Ensayos a escala reducida del movimiento de humos	Se medirá mediante ensayos la eficacia de las distintas estrategias – ventilación natural, ventilación forzada y <i>smoke filling</i> - para el control de los humos en atrios de diferentes alturas.

# Ensayos de Movimiento de Humos a Escala Reducida

Se desarrollarán diferentes pruebas y ensayos experimentales a realizar para la determinación de la eficacia de las distintas estrategias – ventilación natural, ventilación forzada y *smoke filling* - para el control de los humos en atrios de diferentes alturas.

Con este objetivo se realizarán las modificaciones y adaptaciones necesarias en el modelo físico a escala a ensayar: montaje de los elementos de cerramiento del recinto de ensayo, aberturas, sistema de evacuación de humos, instalación y puesta a punto de los equipos de medida y acondicionamiento de los puestos de control, seguridad y observación. El modelo físico consiste en un recinto de 3x1.5x2.5 m que representa un espacio diáfano de un atrio de una edificación en escalas de 1/10 a 1/8.

Según las relaciones de la semejanza de Froude, se representa el escenario de incendio a escala reducida. En el recinto se medirá mediante instrumental específico los valores de temperaturas, opacidad, y velocidades de flujo en diferentes árboles de termopares y sensores.

La fuente de ignición seleccionada y caracterizada en ensayos previos representa un incendio de diseño, y proporcionará la velocidad de cesión de calor requerida. Los humos generados serán evacuados al exterior mediante los dispositivos de ventilación instalados en el modelo en el área de ensayos.



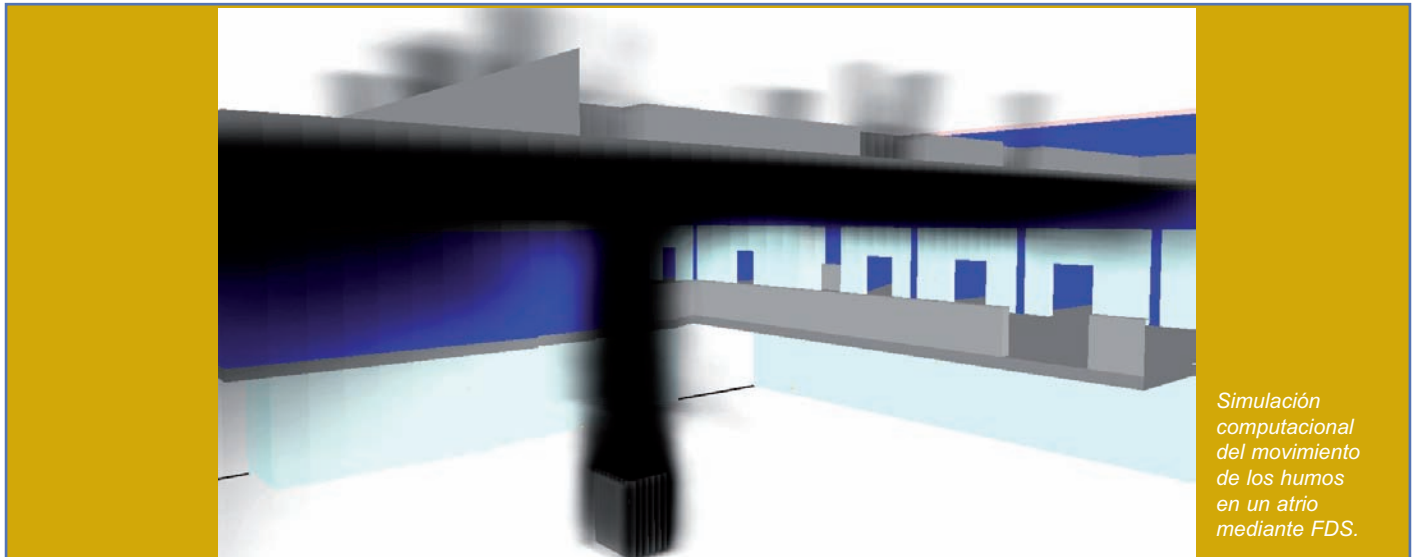
Ensayo de caracterización de la fuente de ignición.



Ensayo en el modelo físico a escala.

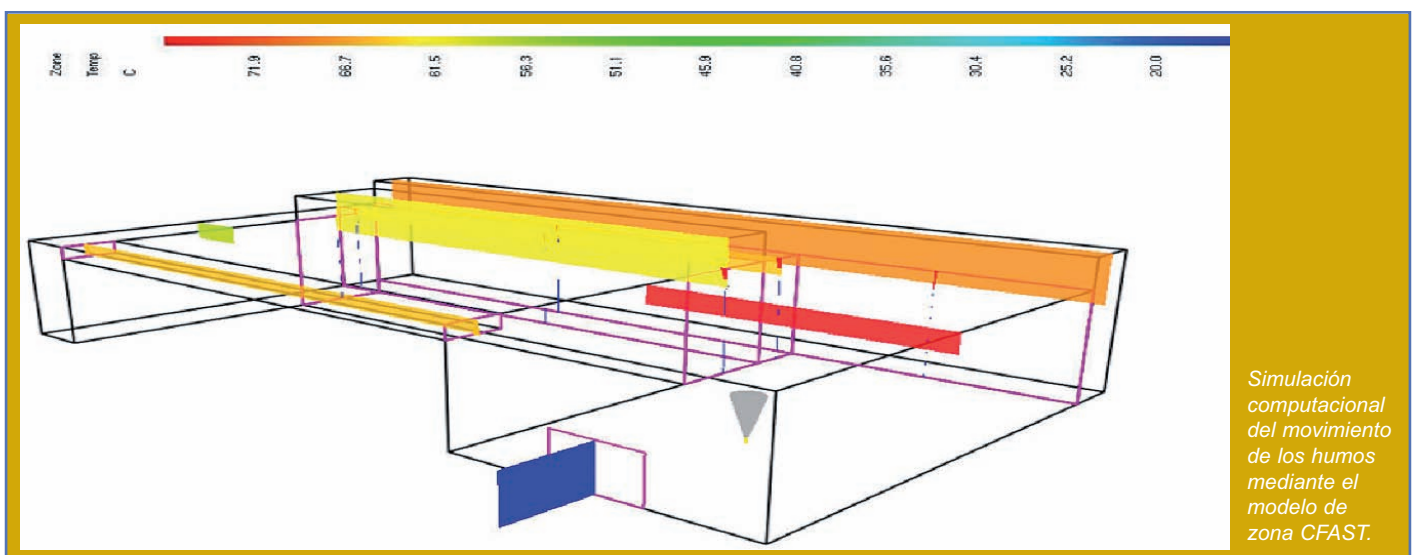
# Modelado y Simulación Computacional

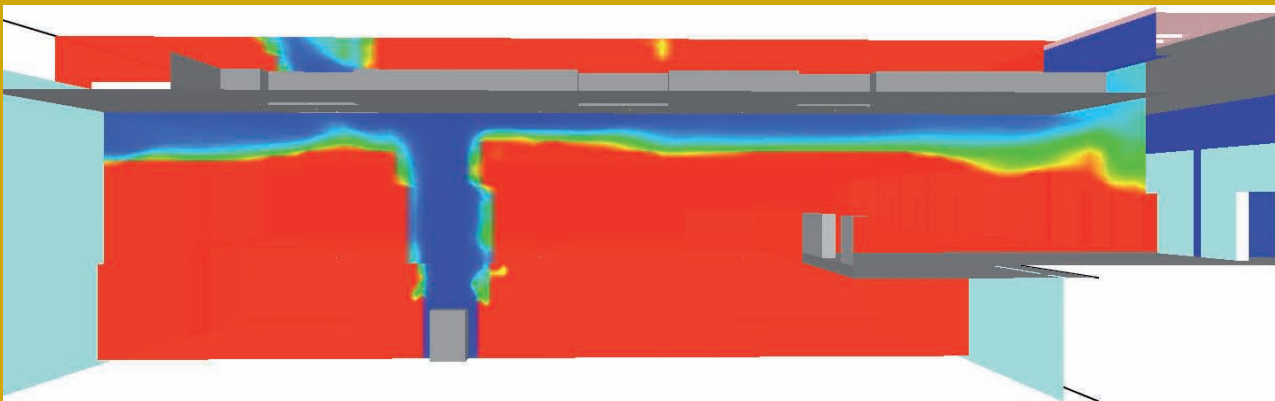
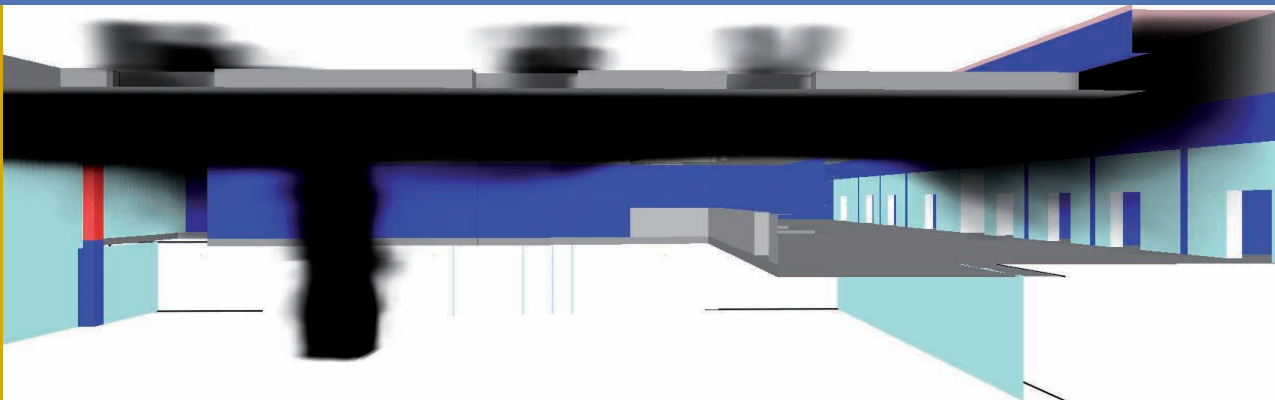
El Modelado y Simulación Computacional de Incendios desempeña un papel fundamental en el estudio de los aspectos científicos y tecnológicos, posibilitando la aparición de nuevos métodos de diseño para las estrategias de gestión y control del Movimiento de los Humos del Incendio en grandes atrios.



**GIDAI** realiza actividades en el campo de la Ciencia y Tecnología del Incendio, desarrollando diversos Proyectos I+D en el ámbito de la Seguridad contra Incendios utilizando herramientas de Modelado y Simulación Computacional. Mediante modelado y simulación computacional de incendios se analiza la eficacia e idoneidad de las diferentes estrategias para controlar los humos del incendio en atrios de diferentes alturas, así como la influencia que la temperatura ambiental ejerce sobre los sistemas de ventilación natural.

Empleando tanto modelos de zona (CFAST, OZONE, ASMET), como modelos de campo (FDS) paralelamente al desarrollo de los ensayos a escala, se procederá a realizar una serie de cálculos en base a estas herramientas, de modo que los resultados obtenidos a partir de los ensayos puedan ser comparados frente a los obtenidos a partir del Modelado y la Simulación Computacional del escenario de incendio.





**GIDAI - Seguridad contra Incendios - Investigación y Tecnología**  
**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
E.T.S. Ing. Industriales y de Telecomunicación  
*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 22 76  
E-mail: [gidai@unican.es](mailto:gidai@unican.es)  
<http://grupos.unican.es/GIDAI>



**Convocatoria para la concesión de Subvenciones destinadas a la realización de Proyectos de Investigación Científica y Desarrollo e Innovación Tecnológica - Orden VIV/2710/2007**  
**MINISTERIO DE VIVIENDA**