

# 18 Reunión Intermedia de los Comités Técnicos de ALAMYS

19-23 de Junio 2013

Rio de Janeiro



## NUEVAS TECNOLOGIAS EN PROTECCIÓN DE INCENDIOS Y GESTION DE EMERGENCIAS EN FFCC METROPOLITANOS

AURELIO ROJO

PRESIDENTE DE APICI(ASOCIACION DE INGENIEROS DE PCI DE ESPAÑA)

SECRETARIO GENERAL DE ALAMYS

# Gestión de Riesgos



## ¿QUÉ SITUACIONES SE PUEDEN DAR?

### ➤ Incendio

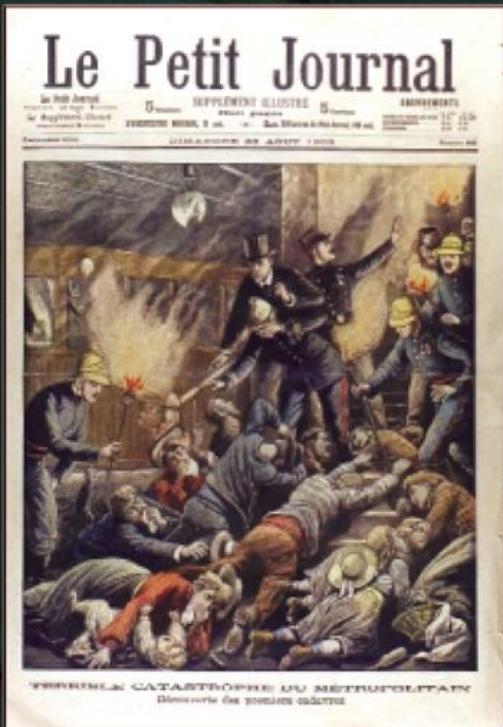
- Actos de Terrorismo ( Bombas, ataques químicos o biológicos) Averías graves de trenes e instalaciones.
- Accidentes de trenes (cada día menos frecuentes por las medidas de protección implantadas).
- Actos de vandalismo.
- Sabotajes provocados por empleados en situaciones conflictivas.
- Inundaciones.
- Terremotos.
- Atmósferas explosivas.
- Derrumbamientos o perforaciones de la superficie.

# Principales Desastres por Incendio en Redes de Metro

## París

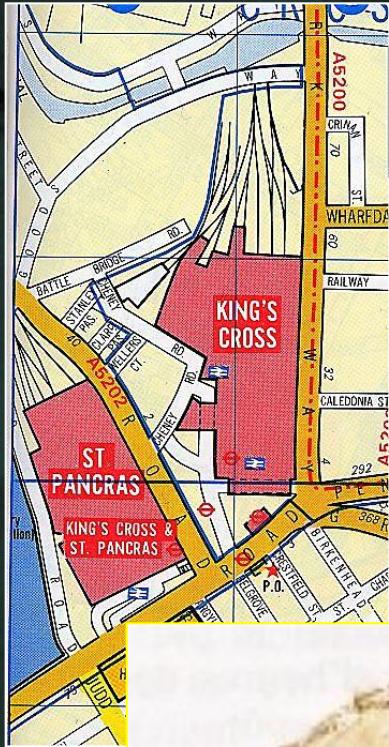
Incendio en la estación de Couronnes, uno de los primeros accidentes importantes en un Metro

Fue un punto de partida para muchas medidas actualmente en uso

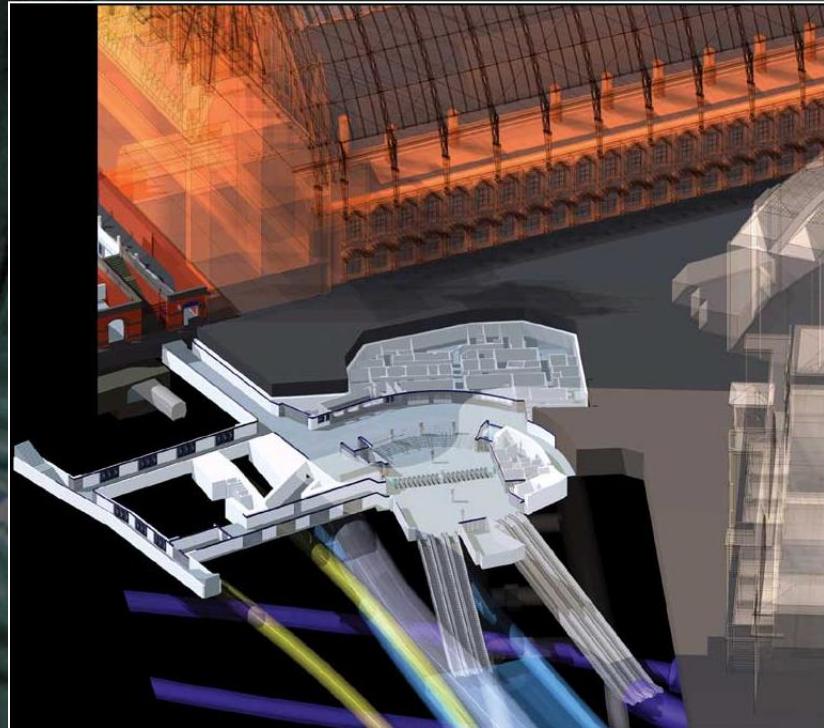


Paris – RATP : Train fire in Couronnes station (1903)

81 personas fallecieron por inhalación de humo.



# Londres King's Cross 31 muertos en 1987



London – LUL : King's Cross (1987)



18 de Febrero de 2003



Ataque con líquido inflamable

Fuego en dos trenes del Metro de Daegu  
(Corea del Sur)  
198 viajeros muertos





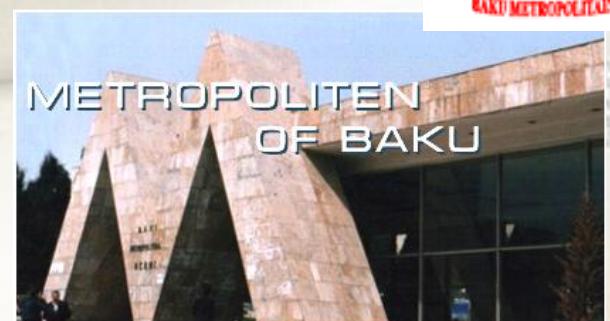
**Daegu (Corea del Sur)**

## Principales Desastres por Incendio en Redes de Metro

Baku (289 muertos en 1995)



Incendio por cortocircuito en un tren en el túnel





Dpto. de Transportes y Tecnología de Proyectos y Procesos

Ejercicio público para optar al Título de Doctor

## Tesis Doctoral

### MODELO PARA LA SELECCIÓN DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS EN UNIDADES DE TREN DE FERROCARRILES METROPOLITANOS

*Doctorando:*

**ING. IND. AURELIO ROJO GARRIDO**

*Directores de la Tesis:*

**PROF. DR. JORGE A. CAPOTE ABREU**

**DR. DANIEL ALVEAR**

Santander, 9 de Septiembre de 2010    E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos

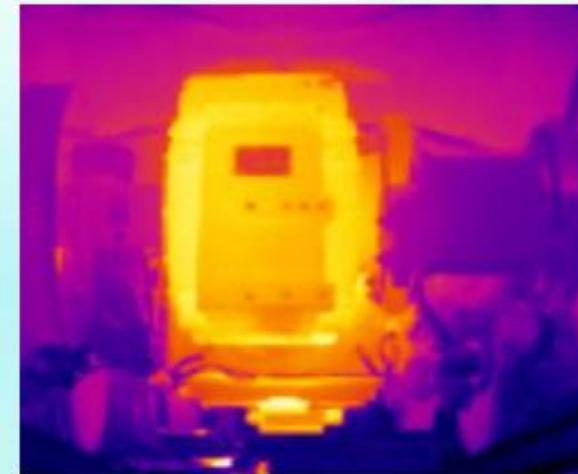
## Estudio de propagación de llama



- Recogida de muestras de los materiales más representativos de bajos
- Realización de ensayos con Cono Calorimétrico y Fire Propagation Apparatus
- Modelado y simulación computacional de la propagación de la llama

## Escenarios de Incendio en bajos del Material Rodante

### Estudio de fuentes de ignición

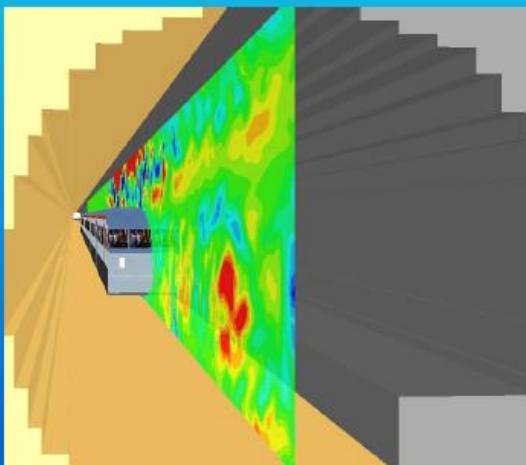


- Análisis del equipamiento instalado
- Calibración del instrumental de medida
- Recogida de datos termográficos

# Estudio de condiciones de contorno en túneles

## Estudio de condiciones de velocidades de flujo

- Diseño y Construcción de maqueta para ensayos con semejanza dimensional para el cálculo de velocidades de flujo.
- Instalación del instrumental y Desarrollo del ensayo
- Ensayo a escala real en condiciones de circulación.



# Estudio de condiciones de contorno en túneles

## Modelado y simulación computacional de escenarios de incendio en condiciones de uso final.

Servirán como primera referencia para el desarrollo del sistema, así como de estimación de los datos que se obtendrán en los ensayos a escala real.



Conservación de masa:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u)}{\partial x} = 0$$

Conservación de momento (vertical):

$$\rho \left( \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} \right) = - \frac{\partial p'}{\partial x} + g(\rho_s - \rho) + \frac{4}{3} \mu \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$$

Conservación de energía:

$$\rho C_p \left( \frac{\partial T}{\partial t} + u \frac{\partial T}{\partial x} \right) = k \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} - 4 \kappa \sigma T^4 + \int_0^T \kappa I d\omega + Q''' + \frac{\partial p}{\partial t}$$

Ecuación de estado de los gases ideales:

$$p = \rho R T$$

# Desarrollo del Sistema y Ensayo a Escala Real

## Desarrollo del sistema de seguridad contra incendios

- Diseño previo del sistema.
- Cálculo de condicionantes de resistencia estructural de los equipos.
- Definición del método de control del sistema de protección diseñado.
- Elaboración del diseño final.



# Desarrollo del Sistema y Ensayo a Escala Real

## Realización del ensayo

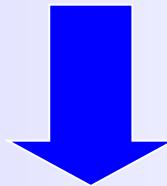
- Modificaciones en el tren y en el área de ensayo.
- Instalación y comprobación del instrumental de medida.
- Desarrollo del programa de ensayos a escala real.
- Recogida de los datos.



# **CARACTERIZACIÓN DE LA COMBUSTIÓN DE LOS MATERIALES PRESENTES EN LA SERIE DE TREN SELECCIONADA**



*Los métodos empleados en la actualidad para el análisis de la combustión de los materiales no son adecuados y carecen de parámetros cuantitativos para valorar su contribución al crecimiento del incendio*

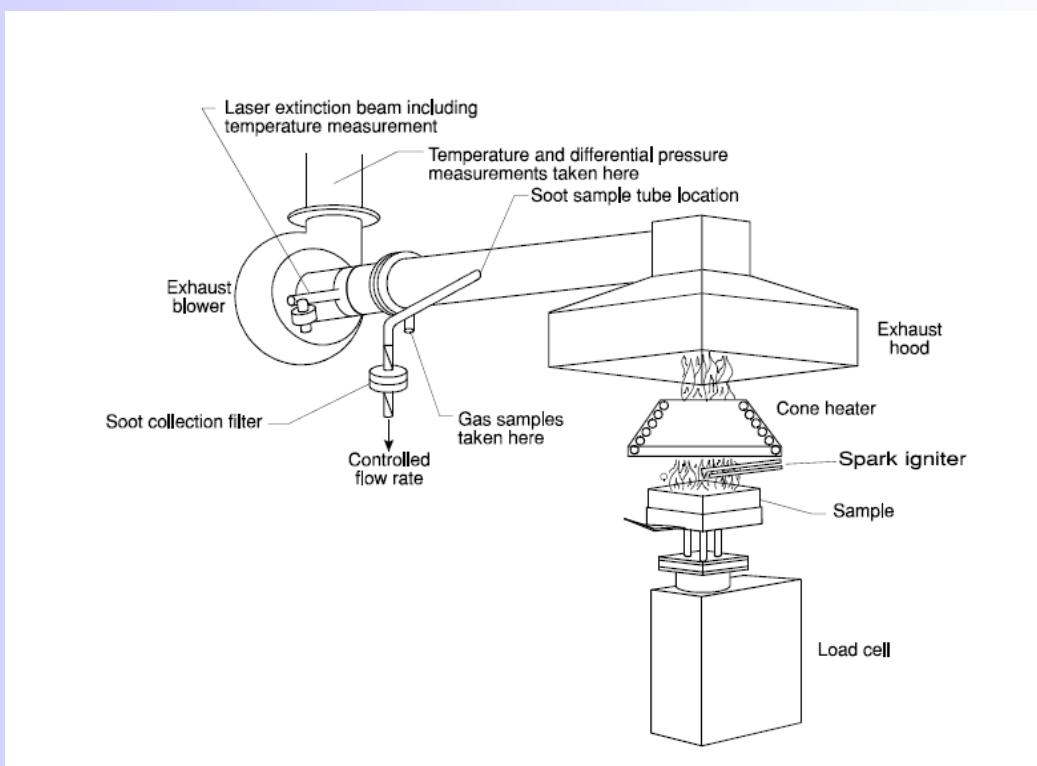


## VELOCIDAD DE CESIÓN DE CALOR (HRR)

Emplear ensayos a pequeña escala que permitan obtener la tasa con la que los materiales liberan calor durante su combustión, en correspondencia con las condiciones reales que se manifiestan durante un incendio

# CARACTERIZACIÓN DE LA COMBUSTIÓN DE LOS MATERIALES PRESENTES EN LA SERIE DE TREN 3000

## ❖ 1. FUNDAMENTOS DEL EQUIPO DE ENSAYOS A PEQUEÑA ESCALA: CONO CALORIMÉTRICO.



# CARACTERIZACIÓN DE LA COMBUSTIÓN DE LOS MATERIALES PRESENTES EN LA SERIE DE TREN 3000

## ❖ 2. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS REALES DE CONO CALORIMÉTRICO.

### Ensayos de velocidad de cesión de calor

- De 6 materiales de interiorismo de un coche de metro de la serie 3000
- Se realizaron 3 ensayos para cada material
  - 3 probetas por nivel de radiación (20, 30, 40, 50, 65, 80 kW/m<sup>2</sup>).
  - Especímenes con una superficie de 100 cm<sup>2</sup> y un espesor inferior al valor umbral de 50 mm.

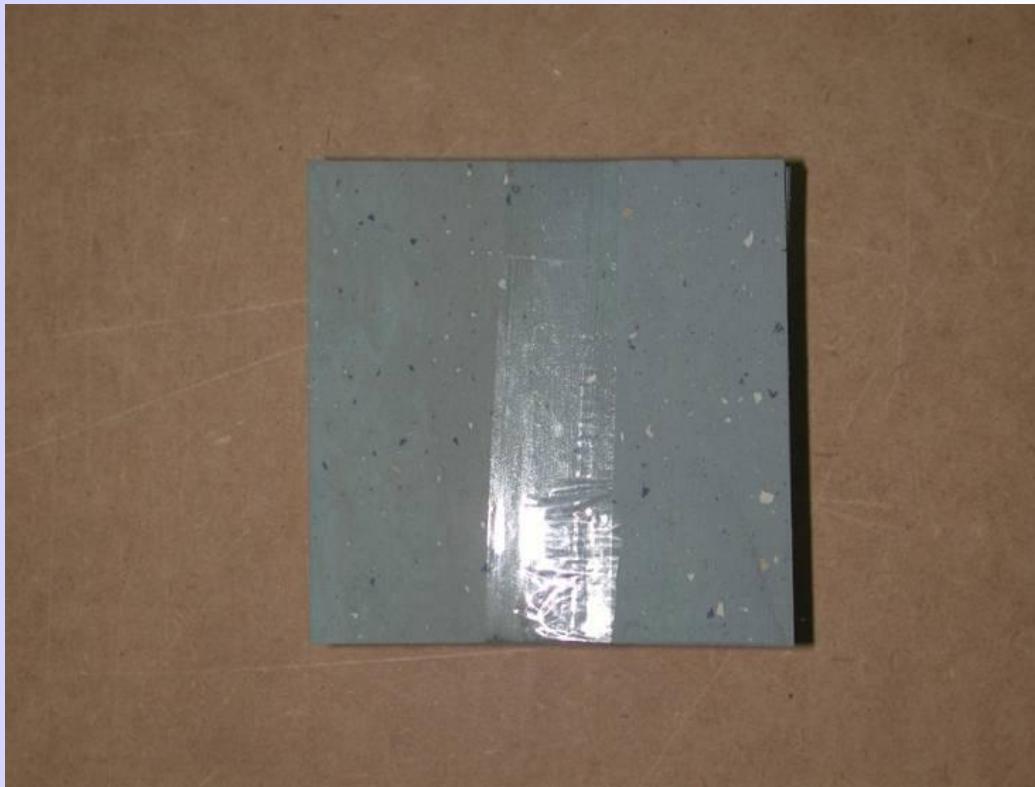
# CARACTERIZACIÓN DE LA COMBUSTIÓN DE LOS MATERIALES PRESENTES EN LA SERIE DE TREN 3000

## ❖ 2. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS REALES DE CONO CALORIMÉTRICO.

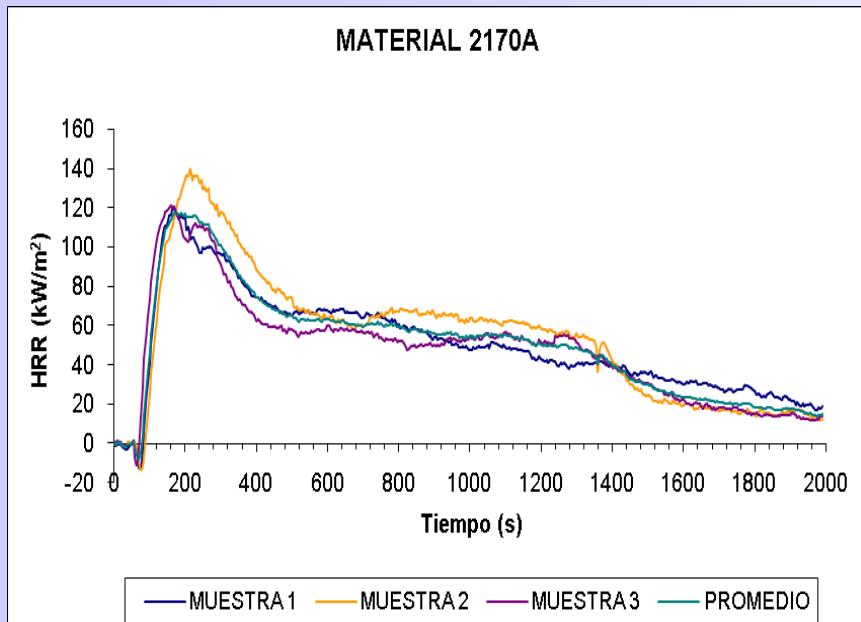
Muestra	Ubicación	Descripción del material
2170 A	<u>Suelos</u>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Tablero contrachapado de madera ignífugo</li><li>▪ Pavimento de goma ignífugo</li></ul>
2170 B	<u>Montante Vertical</u>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Laminado de poliéster ignífugo reforzado con fibra de vidrio</li><li>▪ SMC prensado</li></ul>
2170 C	<u>Asientos</u>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Laminado de poliéster ignífugo reforzado con fibra de vidrio</li><li>▪ SMC prensado</li></ul>
2170 D	<u>Montante Vertical</u>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Laminado de poliéster ignífugo reforzado con fibra de vidrio</li><li>▪ SMC prensado</li></ul>
2170 E	<u>Fuelle de unión de coches</u>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Tejido de poliamida</li><li>▪ Resina fenólica reforzada con fibra de vidrio</li></ul>

# CARACTERIZACIÓN DE LA COMBUSTIÓN DE LOS MATERIALES PRESENTES EN LA SERIE DE TREN 3000

## ❖ Suelos (2170A)



## ❖ Suelos (2170A)



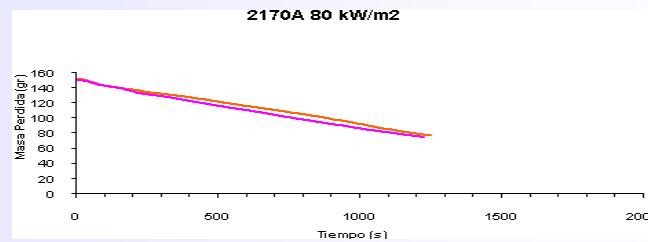
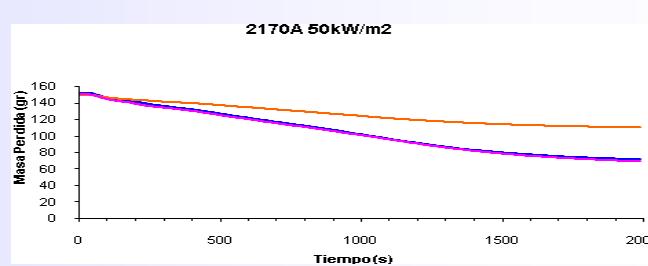
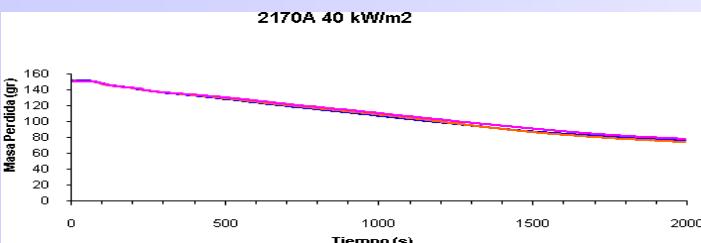
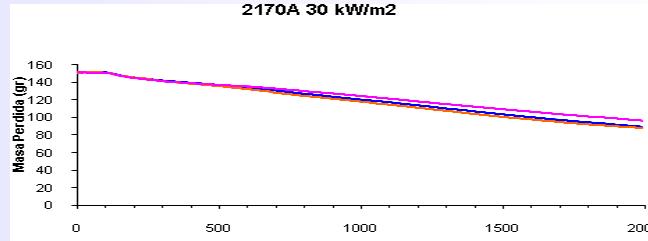
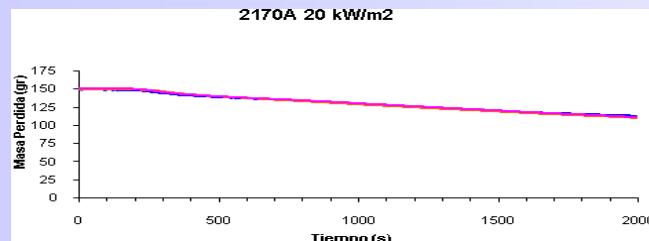
la energía total emitida :  
Supera ligeramente los 100  $\text{MJ/m}^2$

Carga de fuego calculada :  
6.6  $\text{MJ/kg}$ .

Los valores máximos de velocidad de cesión de calor no fueron elevados  
valor medio de aproximadamente unos 55.25  $\text{kW/m}^2$ .

Ensayo	$t_{ig}$ (s)	$t_{flameout}$ (s)	$HRR_{peak}$ ( $\text{kW/m}^2$ )	$t_{peak}$ (s)	$THR$ ( $\text{MJ/m}^2$ )	$HRR_{180}$ ( $\text{kW/m}^2$ )	$HRR_{300}$ ( $\text{kW/m}^2$ )
Probeta 1	45	1763	119.57	170	98.52	72.14	81.94
Probeta 2	41	1906	139.82	215	105.92	70.81	91.19
Probeta 3	42	>2000	121.33	160	94.25	81.71	87.87
Media	42.7	1834.5*	126.91	181.7	99.56	87.87	87.00

# ❖ Suelos (2170A)



Las muestras inicialmente tenían un peso aproximado de unos 150 g.

- Las velocidades de pérdida de masa alcanzaron valores iniciales de 0.049 g/s
- estabilización entorno a los 0.030 g/s
- El valor medio por unidad de área 4.4 g/(s m<sup>2</sup>).
- el tiempo que tardan las muestras en inflamar no es muy elevado, entorno a los 40 s flujo de calor del quemador de 50 kW/m<sup>2</sup>.

# ❖ Suelos (2170A)

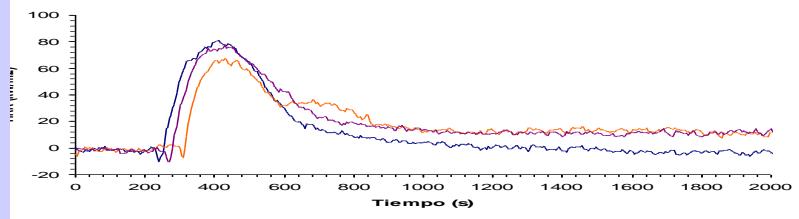
Ensayo	$m$ (inicial) (g)	$m$ (final) (g)	$\Delta m$ (g)	$MLR_{ave}$ (g/s m <sup>2</sup> )
Probeta 1	151.5	73.4	78.2	5.4
Probeta 2	149.6	111.3	38.3	2.6
Probeta 3	150.2	71.5	78.6	5.3
Media	150.4	85.4	65.0	4.4

- humo total emitido  
**1900.2 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>**
- valor medio del coeficiente de extinción específico (para medir la visibilidad)  
**275.94 m<sup>2</sup>/kg,**
- concentraciones medias
  - monóxido de carbono de 0.1454 kg/kg
  - dióxido de carbono de 2.58 kg/kg

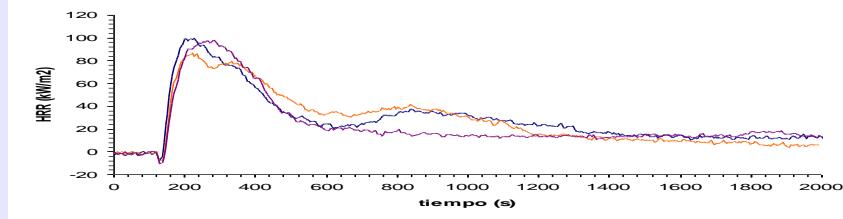


# CARACTERIZACIÓN DE LA COMBUSTIÓN DE LOS MATERIALES PRESENTES EN LA SERIE DE TREN SELECCIONADA - 3

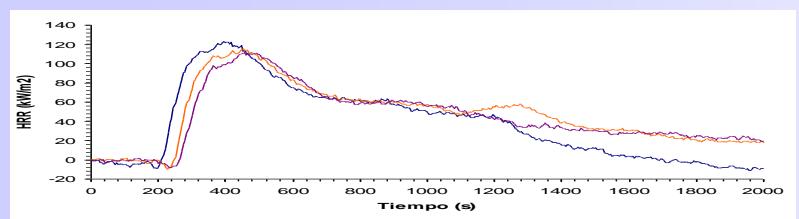
## ❖ Suelos (2170A)



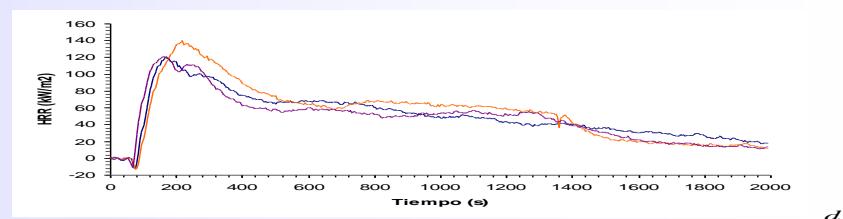
a) Flujo de Calor de  $20 \text{ kW/m}^2$



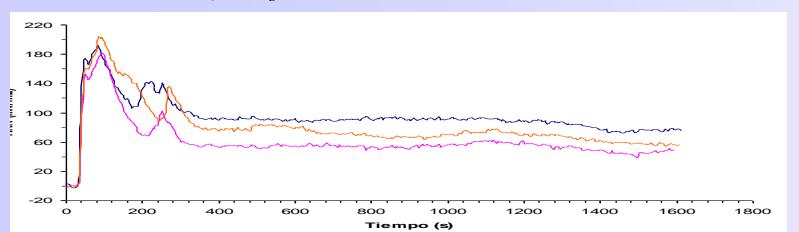
b) Flujo de Calor de  $30 \text{ kW/m}^2$



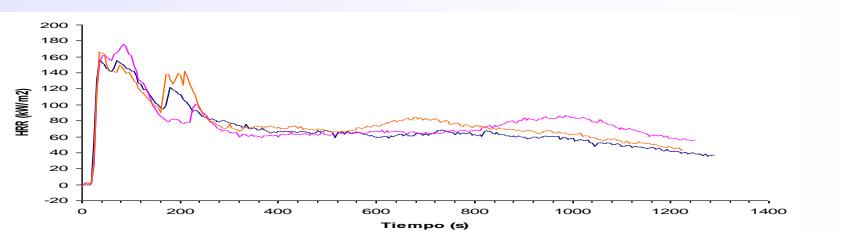
c) Flujo de Calor de  $40 \text{ kW/m}^2$



d) Flujo de Calor de  $50 \text{ kW/m}^2$



e) Flujo de Calor de  $65 \text{ kW/m}^2$

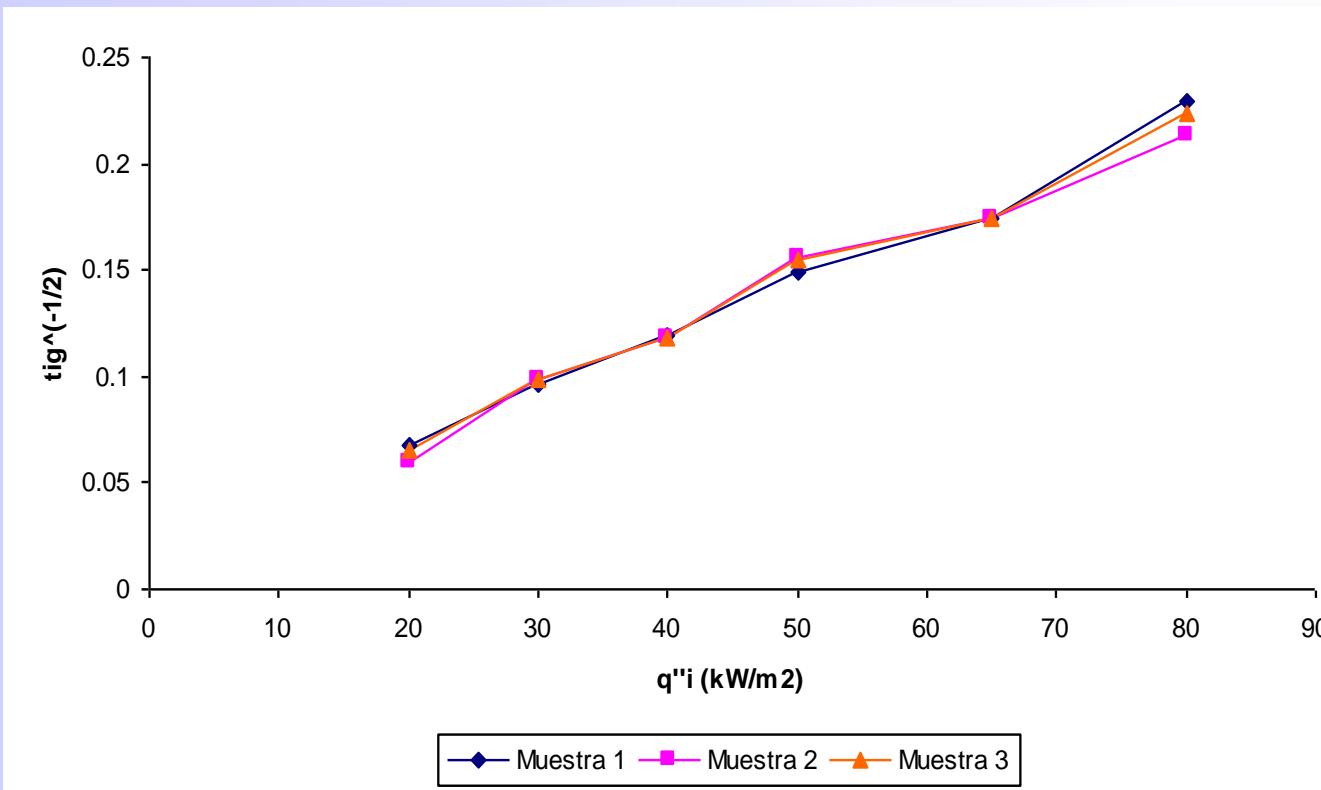


f) Flujo de Calor de  $80 \text{ kW/m}^2$

En el modelo de simulación computacional de incendios típicamente se emplea la curva obtenida a un flujo de calor de  $50 \text{ kW/m}^2$ ,

# ❖ Suelos (2170A)

Representación del Flujo de Calor  
frente a la inversa de la raíz cuadrada del tiempo de ignición

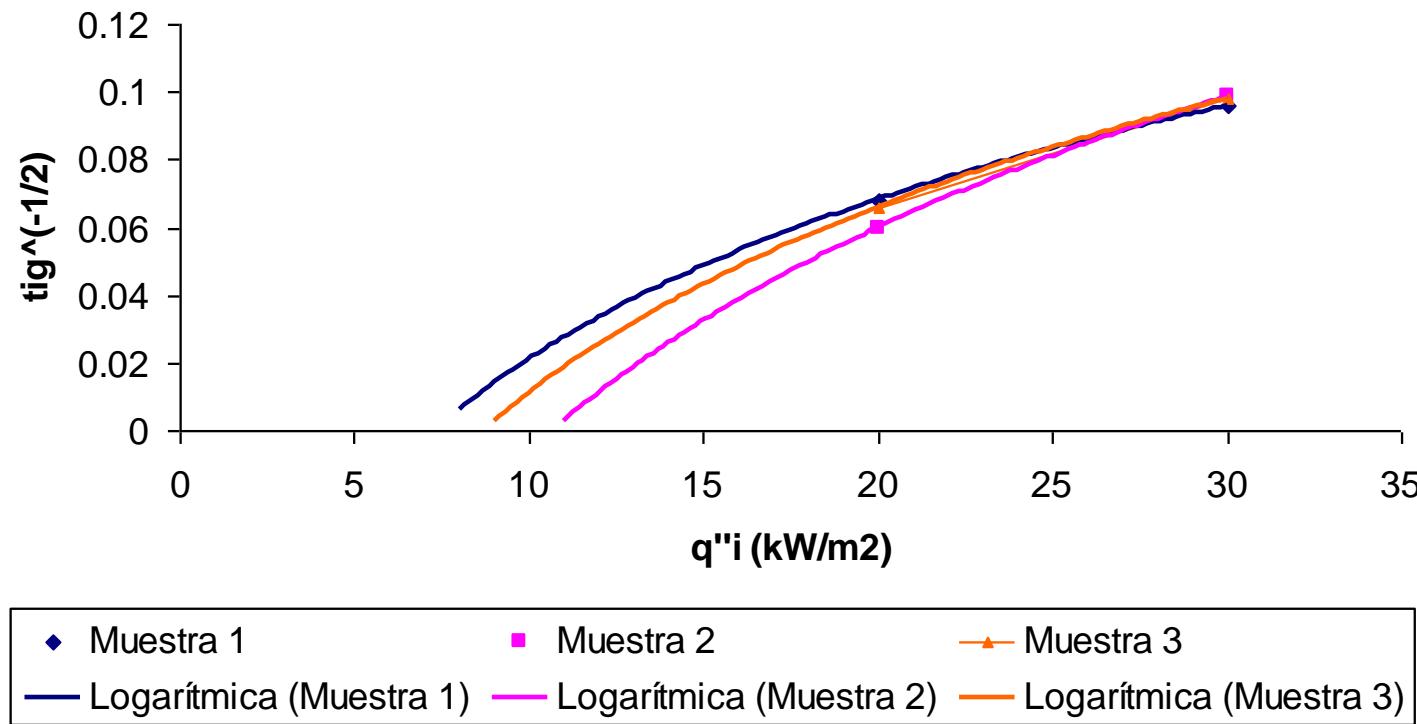


Podemos obtener de la:

- pendiente de la curva  
información para la Temperatura de ignición y la inercia térmica
- intersección de las curvas  
el valor del flujo de calor crítico

## ❖ Suelos (2170A)

*Flujo de Calor frente a la inversa de la raíz cuadrada del tiempo de ignición para el cálculo del flujo de calor crítico*



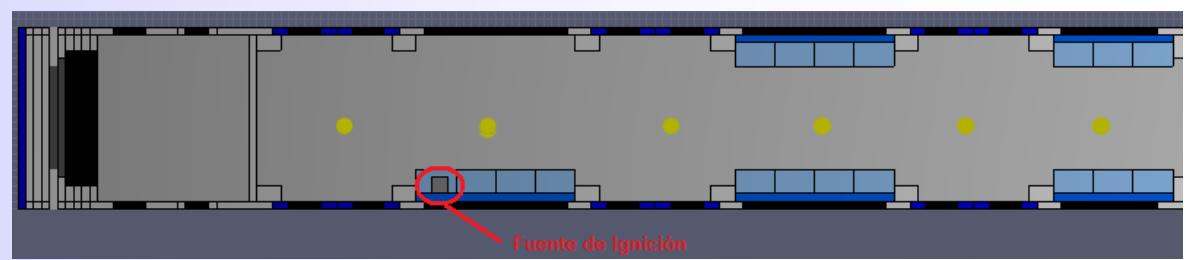
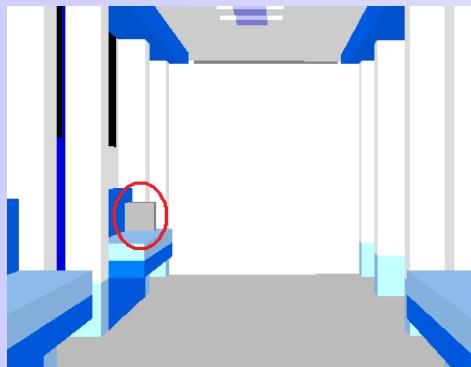
se calculó una temperatura de ignición  
550.68 °K ( 307.68 °C.)

# MODELADO COMPUTACIONAL DE LOS ESCENARIOS DE INCENDIO EN CONDICIONES DE USO FINAL EN EL TREN

## ❖ 1. DESCRIPCIÓN DEL ESCENARIO DE INCENDIO

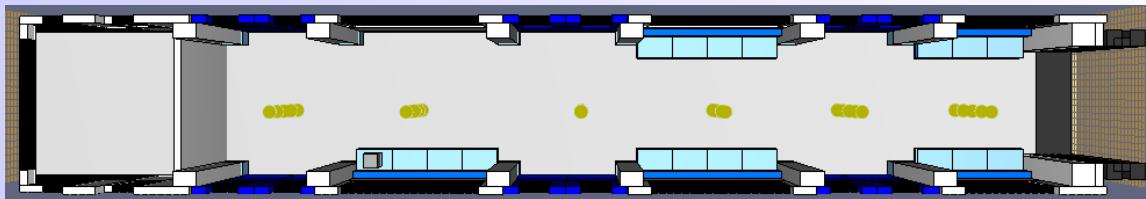
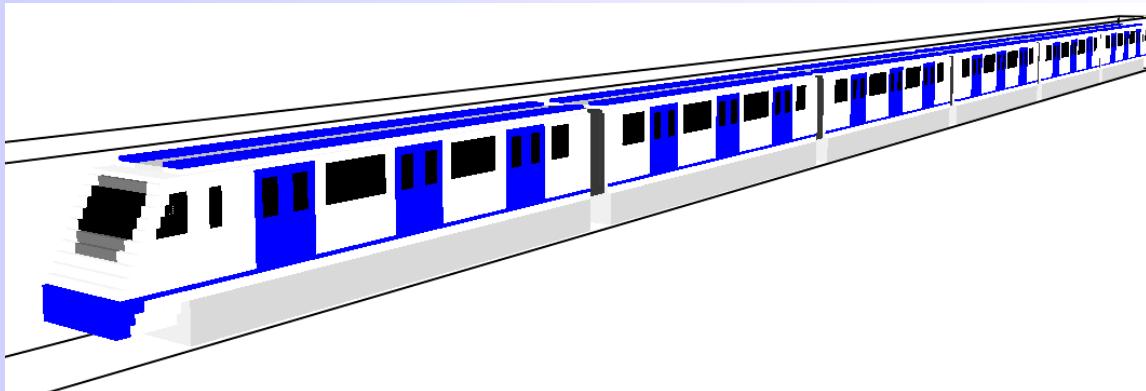
□ Se consideraron **tres casos de fuente de ignición**

- **chaquetas** en asiento coche motor con cabina
- **mochila** en asiento coche motor con cabina
- **dos bolsas** de mano
  - fuelle de separación entre coches
  - Sobre asiento coche motor con cabina
  - Bajo asiento coche motor con cabina



# MODELADO COMPUTACIONAL DE LOS ESCENARIOS DE INCENDIO EN CONDICIONES DE USO FINAL EN EL TREN

## ❖ 1. DESCRIPCIÓN DEL ESCENARIO DE INCENDIO

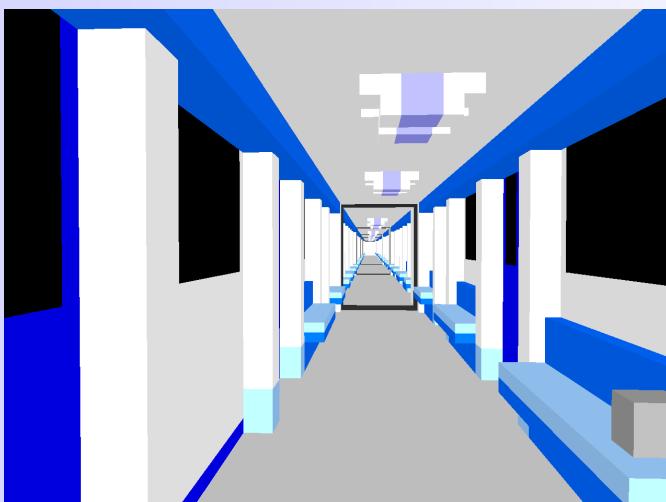
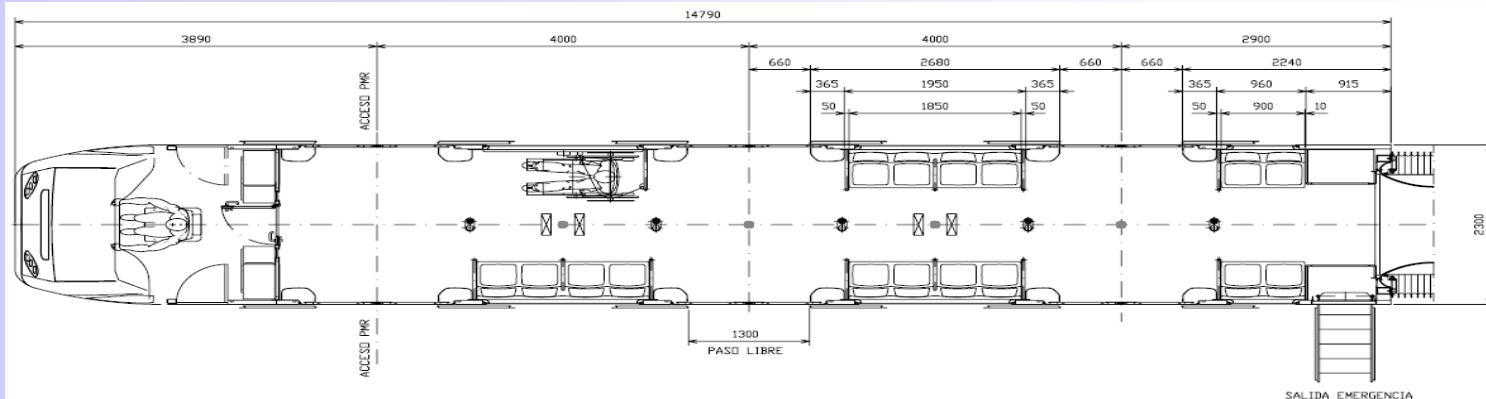


TREN SERIE 3000 DE METRO DE MADRID

# MODELADO COMPUTACIONAL DE LOS ESCENARIOS DE INCENDIO EN CONDICIONES DE USO FINAL EN EL TREN

## ❖ 1. DESCRIPCIÓN DEL ESCENARIO DE INCENDIO

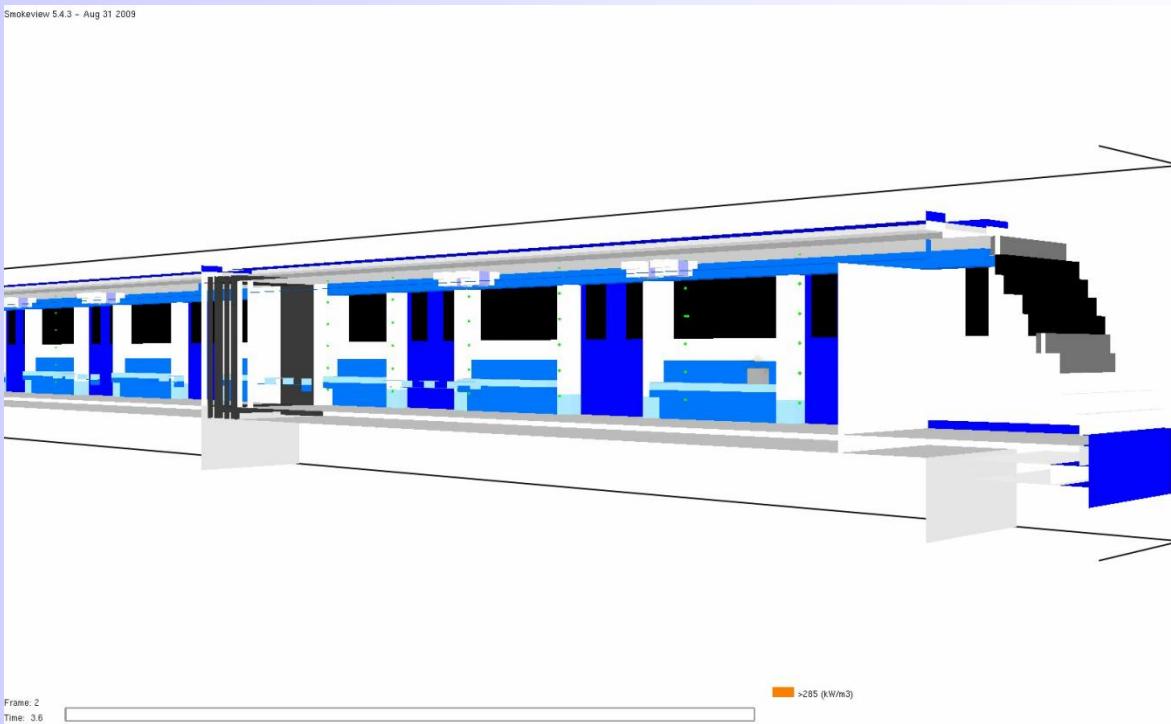
### □ 1.1 GEOMETRÍA



# MODELADO COMPUTACIONAL DE LOS ESCENARIOS DE INCENDIO EN CONDICIONES DE USO FINAL EN EL TREN

## ❖ 2. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DEL MODELO EN EL ESCENARIO DE INCENDIO 1

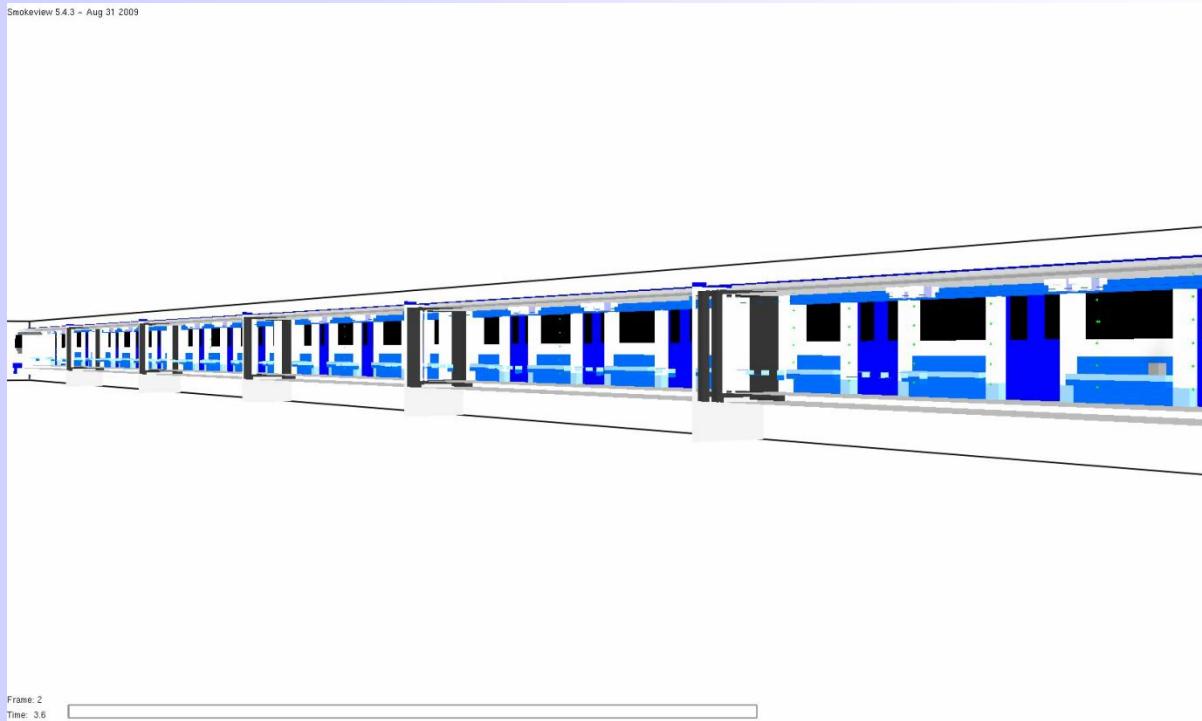
### □ 2.1 Propagación del Incendio



# MODELADO COMPUTACIONAL DE LOS ESCENARIOS DE INCENDIO EN CONDICIONES DE USO FINAL EN EL TREN

## ❖ 2. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DEL MODELO EN EL ESCENARIO DE INCENDIO 1

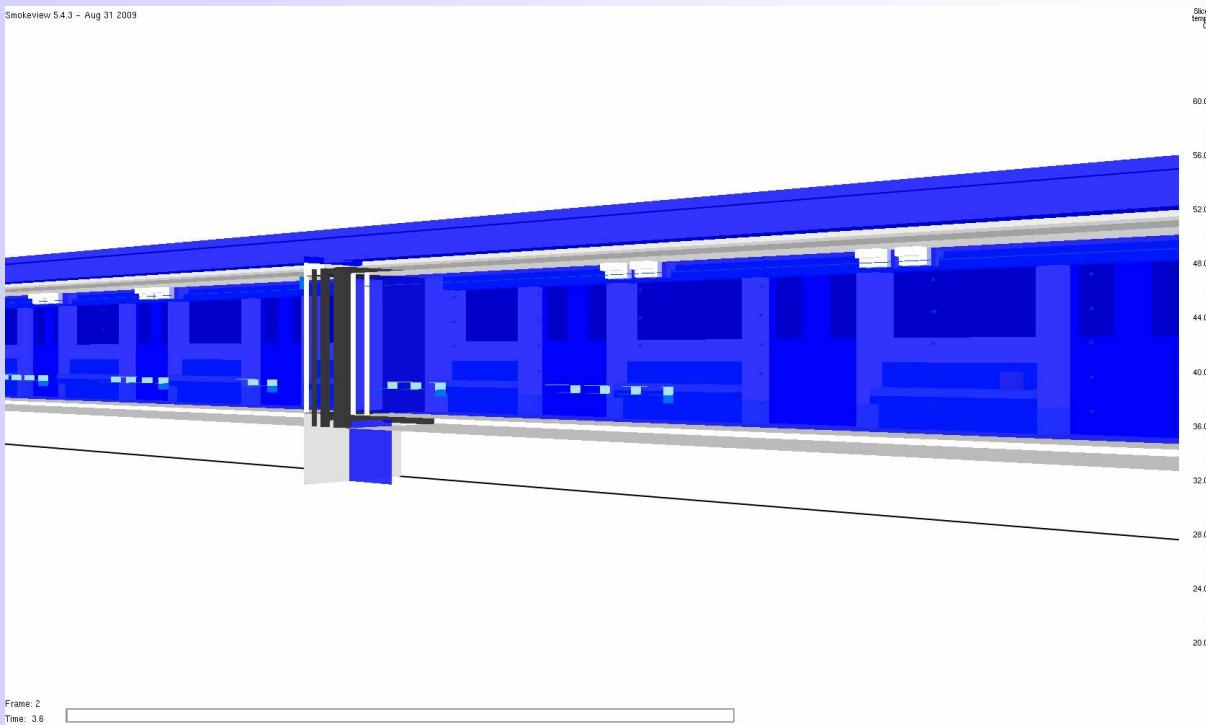
### □ 2.2 Movimiento de Humos y Niveles de Visibilidad



# MODELADO COMPUTACIONAL DE LOS ESCENARIOS DE INCENDIO EN CONDICIONES DE USO FINAL EN EL TREN

## ❖ 2. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DEL MODELO EN EL ESCENARIO DE INCENDIO 1

### □ 2.3 Temperaturas



# MODELADO COMPUTACIONAL DE LOS ESCENARIOS DE INCENDIO EN CONDICIONES DE USO FINAL EN EL TREN

## ❖ 2. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DEL MODELO EN EL ESCENARIO DE INCENDIO 1

### □ 1.4 Niveles de Oxígeno y Monóxido de Carbono



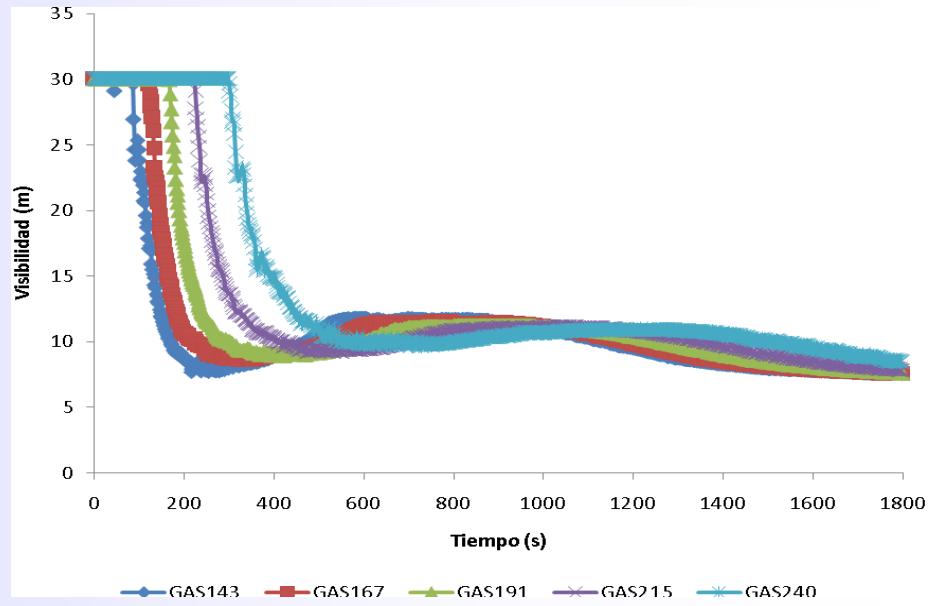
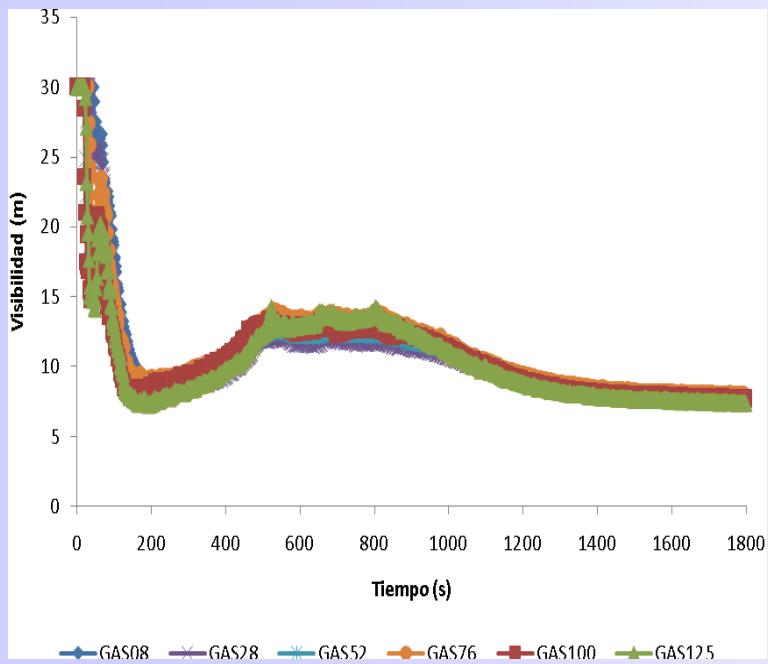
# MODELADO COMPUTACIONAL DE LOS ESCENARIOS DE INCENDIO EN CONDICIONES DE USO FINAL EN EL TREN

## ❖ ESCENARIO DE INCENDIO 3 - CASO 1

### ❖ . Niveles de visibilidad

*coche origen*

*resto coches*



# MODELADO COMPUTACIONAL DE LOS ESCENARIOS DE INCENDIO EN CONDICIONES DE USO FINAL EN EL TREN

## ❖ 5. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DEL MODELO EN EL ESCENARIO DE INCENDIO 3 - CASO 2

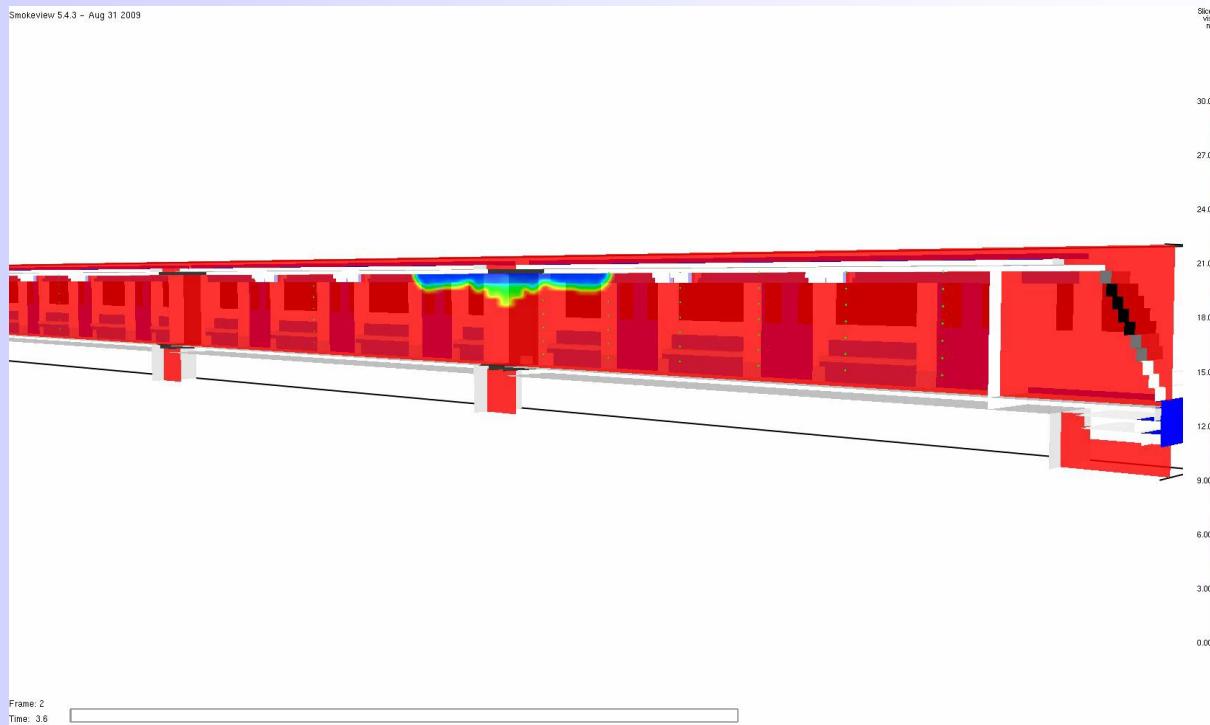
### □ 4.1 Propagación del Incendio



# MODELADO COMPUTACIONAL DE LOS ESCENARIOS DE INCENDIO EN CONDICIONES DE USO FINAL EN EL TREN

## ❖ 5. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DEL MODELO EN EL ESCENARIO DE INCENDIO 3 - CASO 2

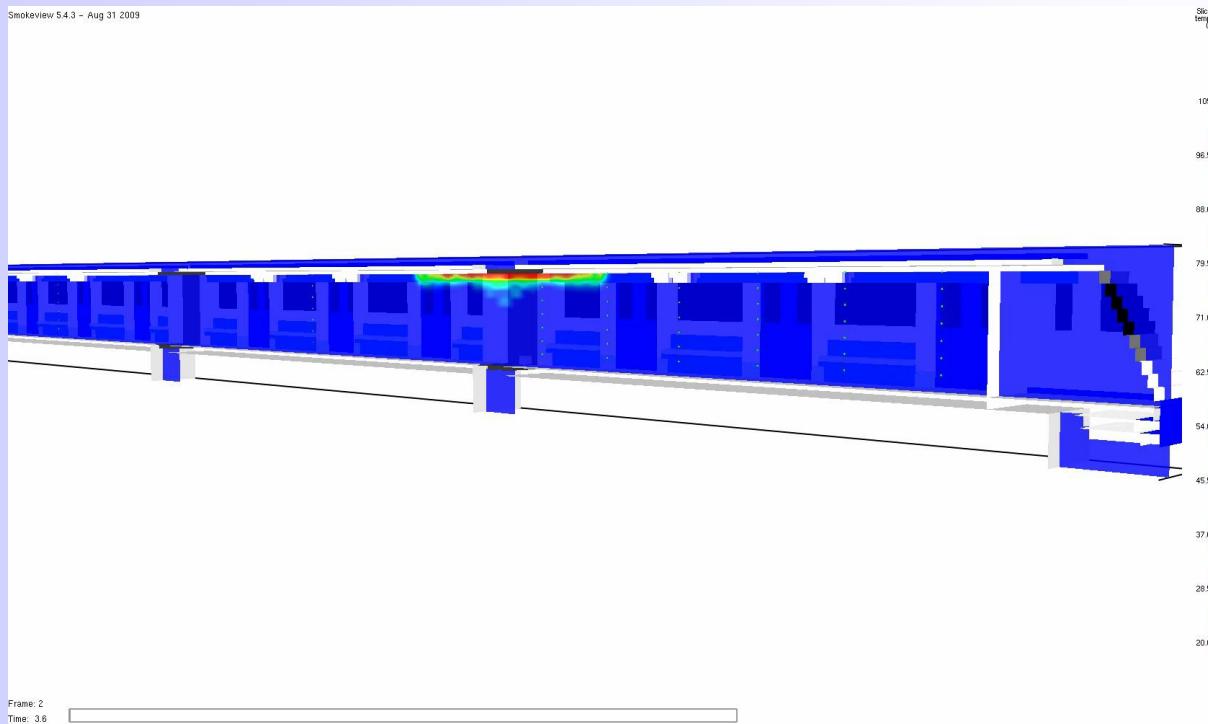
### ❑ 4.2 Movimiento de Humos y Niveles de Visibilidad



# MODELADO COMPUTACIONAL DE LOS ESCENARIOS DE INCENDIO EN CONDICIONES DE USO FINAL EN EL TREN

## ❖ 5. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DEL MODELO EN EL ESCENARIO DE INCENDIO 3 - CASO 2

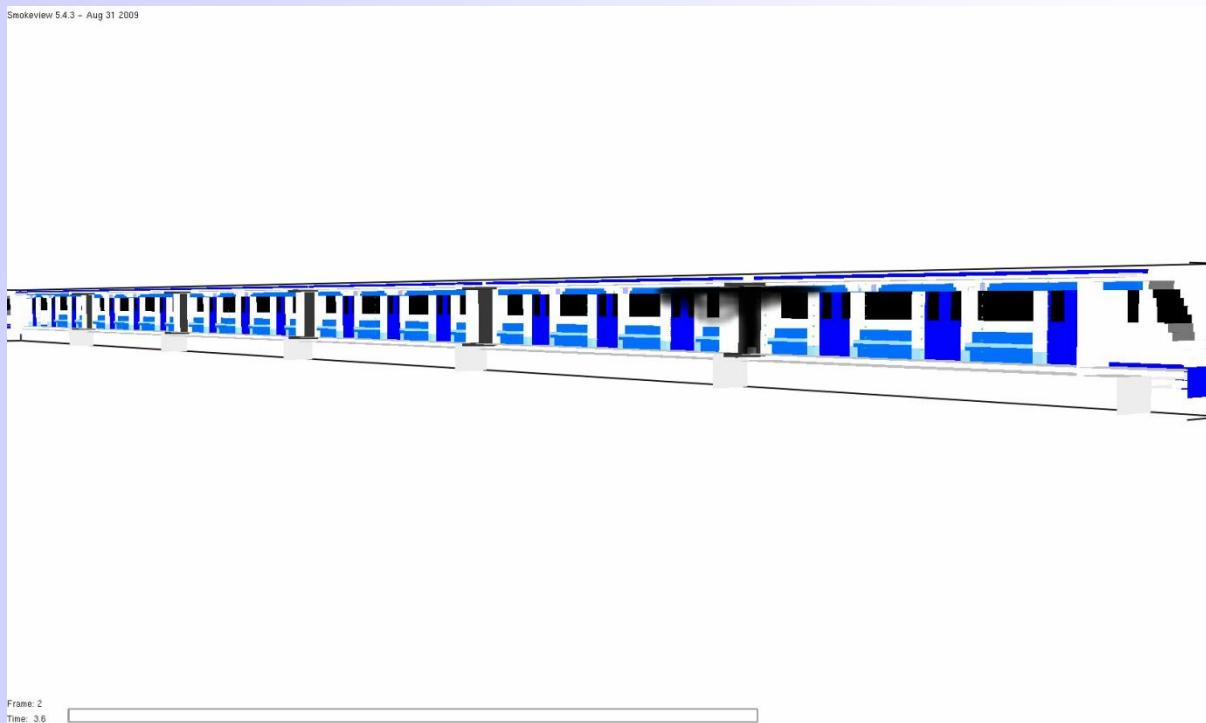
### ❑ 4.3 Temperaturas



# MODELADO COMPUTACIONAL DE LOS ESCENARIOS DE INCENDIO EN CONDICIONES DE USO FINAL EN EL TREN

## ❖ 5. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DEL MODELO EN EL ESCENARIO DE INCENDIO 3 - CASO 2

### ❑ 4.4 Niveles de Oxígeno y Monóxido de Carbono

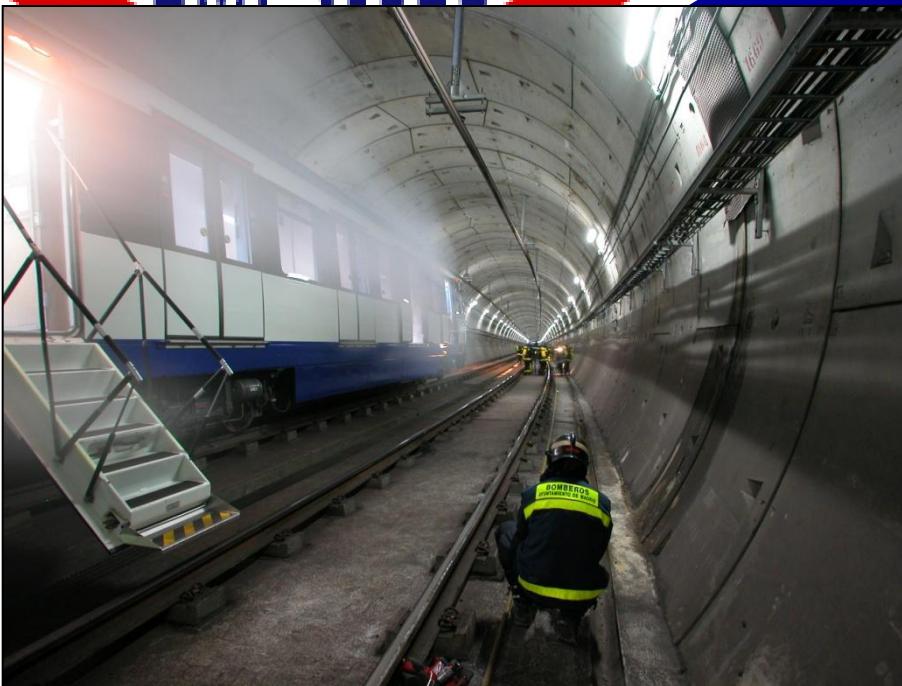




Metro

# ENSAYOS Y SIMULACROS

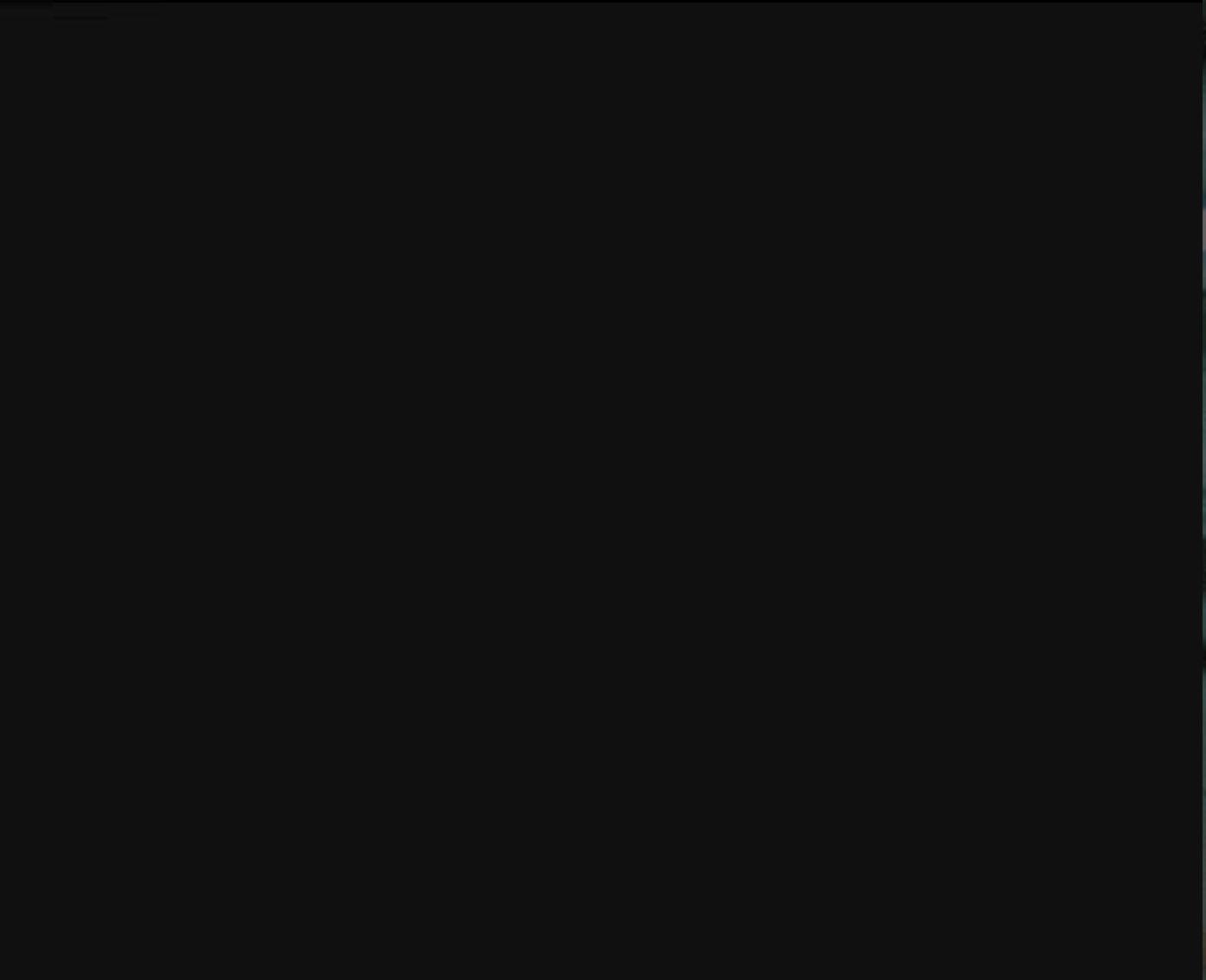
# *Simulacros*



# Ensayos



# ENsayo - 1



## ENsayo - 3





**INFORME DE LAS PRUEBAS REALIZADAS  
EN EL DEPÓSITO 7 DE METRO DE MADRID  
“EL SACEDAL”  
EN UN COCHE DE LA SERIE 300**

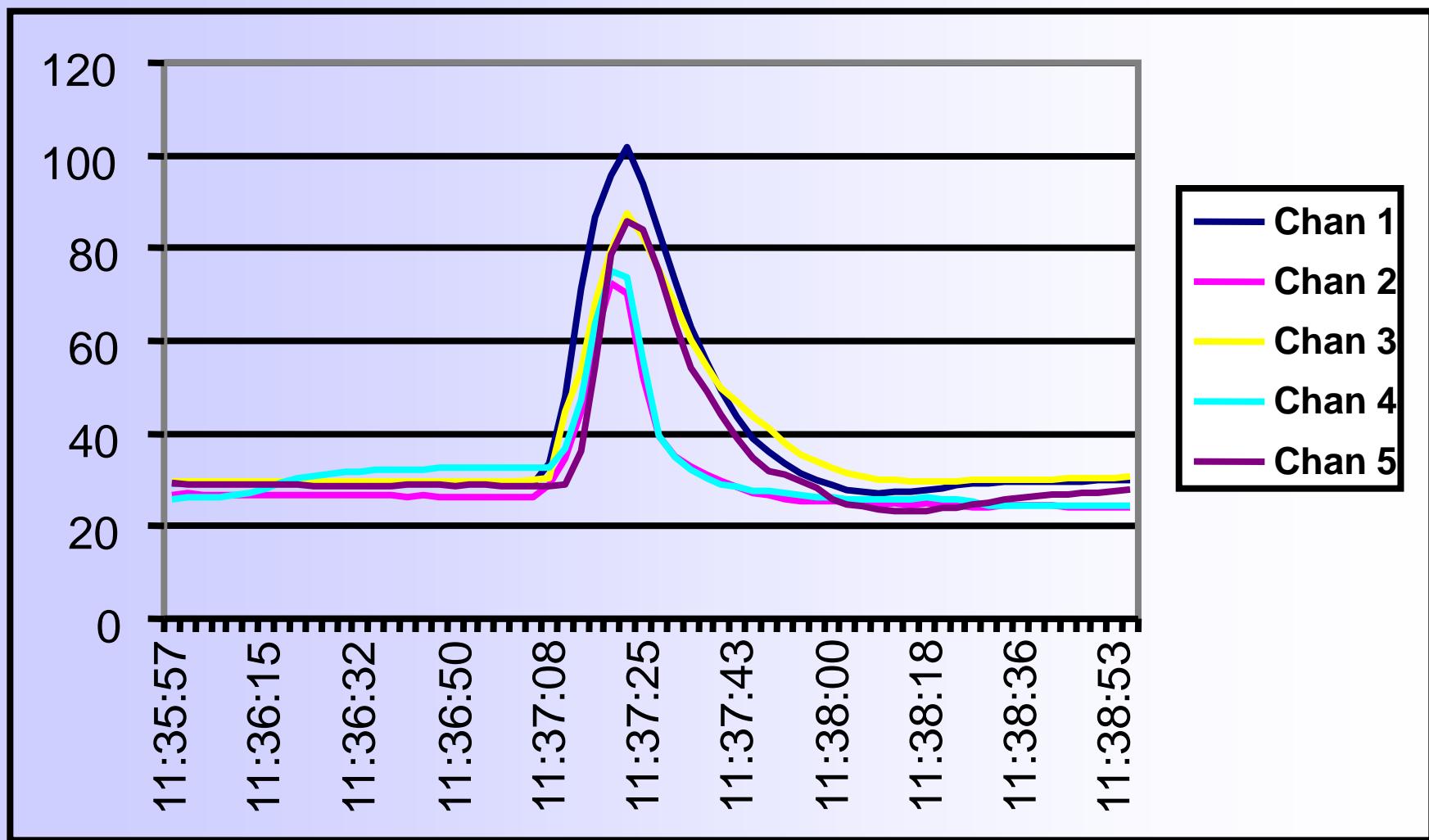
**24/06/04**

**PRUEBAS EQUIPOS MARIOFF SOBRE COCHES S 300 EN DEPÓSITO "EL SACERAL"**
**Nº 3**
**EQUIPO: GPU 3 L**
**FECHA: 24/06/04**
**HORA: 11:35**
**Nº CABEZAS: 18**
**FACTOR K TOTAL: 17,5**
**DIST: sala: 6 cabina: 1 bajobast: 11**
**HOGARES:DERRAME SOBRE EL SUELLO**
**PRECALENTAMIENTO (seg): 20"**
**POS. PUERTAS: ABIERTAS**
**RESULTADOS**
**EXTINCIÓN: SI**
**SUPRESIÓN:**
**CONTROL:**
**TIEMPO: 9"**
**TIEMPO:**
**TIEMPO:**
**PRESIÓN DE FUNCIONAMIENTO (bar) :**
**OBSERVACIONES:**
**min**
**1**
**80**
**2**
**3**
**4**
**5**
**6**
**7**
**8**
**9**
**10**
**11**
**12**
**COMBUSTIBLE: 3 l GASOLINA**
**TEMPERATURAS (ºC): (1)**
**TIEMPO TOTAL DE DESCARGA (min): 20"**
**(1) Según los datos obtenidos en el registrador Fluke Hydra con 5 termopares**

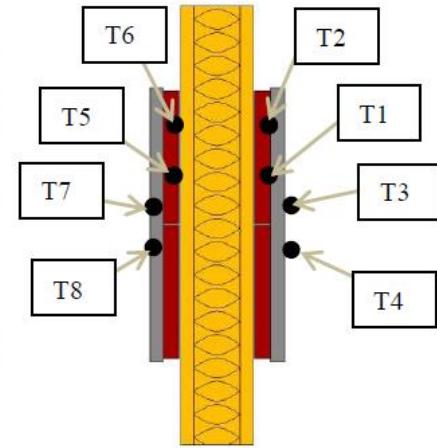
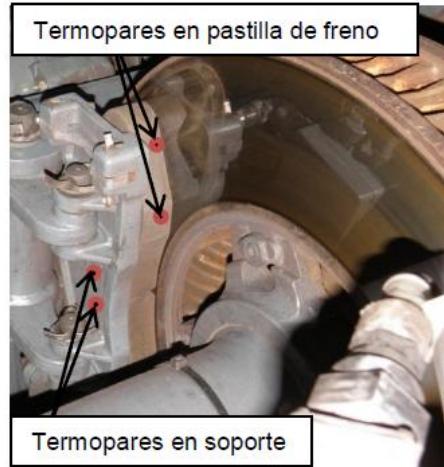
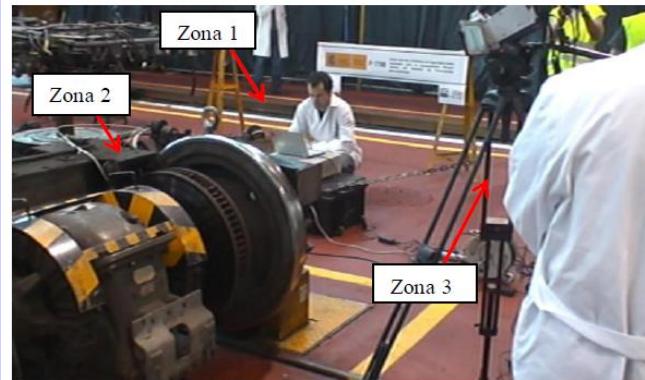


## PRUEBA 3 – GPU 3 L

**MARIGOF**  
HI-FOG® S. A.



## Cargas Térmicas en el Banco de Pruebas



	Zona de ensayos
Temperatura ambiente ( $T_{amb.}$ )	23.4 °C
Humedad relativa (HR)	45 %
Temperatura aparente reflejada ( $T_{refl.}$ )	22.3 °C
Emisividad del material	0.96 <sup>1</sup>



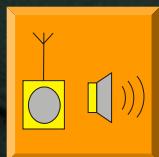


Metro de Madrid, S.A.



LA SOLUCIÓN DE METRO DE MADRID A  
LA PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS EN  
TRENES DE FERROCARRILES  
METROPOLITANOS





RADIOFONÍA  
MEGAFONÍA



AIRE  
ACONDICIONADO



INDICADORES  
INFORMATIVOS



C.C.  
TELEVISIÓN



ACCESO  
MINUSVÁLIDOS



CAJA NEGRA



PASILLO DE  
DESAZOJO

## Equipamiento

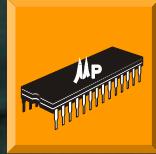
SISTEMA INFORMÁTICO  
DE AYUDA A LA  
CONDUCCIÓN  
Y MANTENIMIENTO



TRANSMISIÓN DE  
INFORMACIÓN Y  
ÓRDENES POR BUS  
DE DATOS



EQUIPOS DE CONTROL  
MEDIANTE  
MICROPROCESADOR



FACTURACIÓN  
DE EQUIPAJES (L-8)



FOTOLUMINISCENCIA



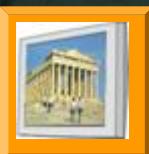
EQUIPOS DE  
CONDUCCIÓN  
DE TREN  
Y PROTECCIÓN  
AUTOMÁTICA



SISTEMA  
ANTICLIMBER



VIDEO  
ENTRETE-  
NIMIENTO



PASILLO DE  
INTERCIR-  
CULACIÓN  
ENTRE COCHES



EQUIPO DE  
ELECTRÓNICA  
DE POTENCIA  
POR IGBT



DETECCIÓN  
Y EXTINGCIÓN  
DE INCENDIOS

# ENFOQUE Y APROXIMACIÓN AL PROBLEMA DE LA SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS EN VEHÍCULOS FERROVIARIOS

## SISTEMA DE DETECCIÓN Y PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS (SDPI)

### Objeto SDPI

- detectar **precozmente**
- comunicar suceso
- activar la extinción

### Características

- Robusto de construcción.
- Simple de funcionamiento.
- Bajo costo de mantenimiento.
- Eficaz

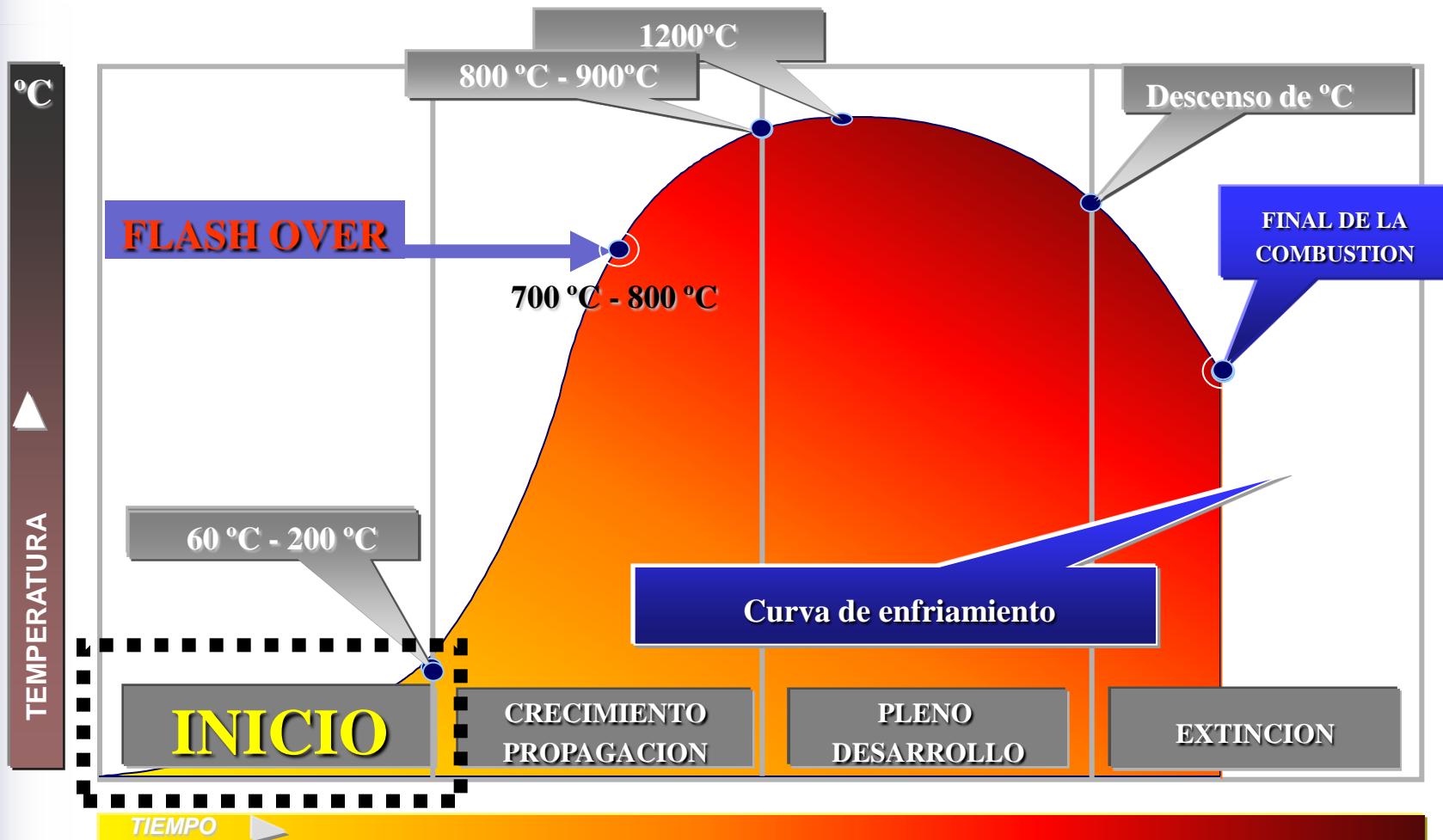
### Elementos del sistema

- Central de Control y Gestión del SDPI
- Sistema de Detección.
- Sistema de Extinción.

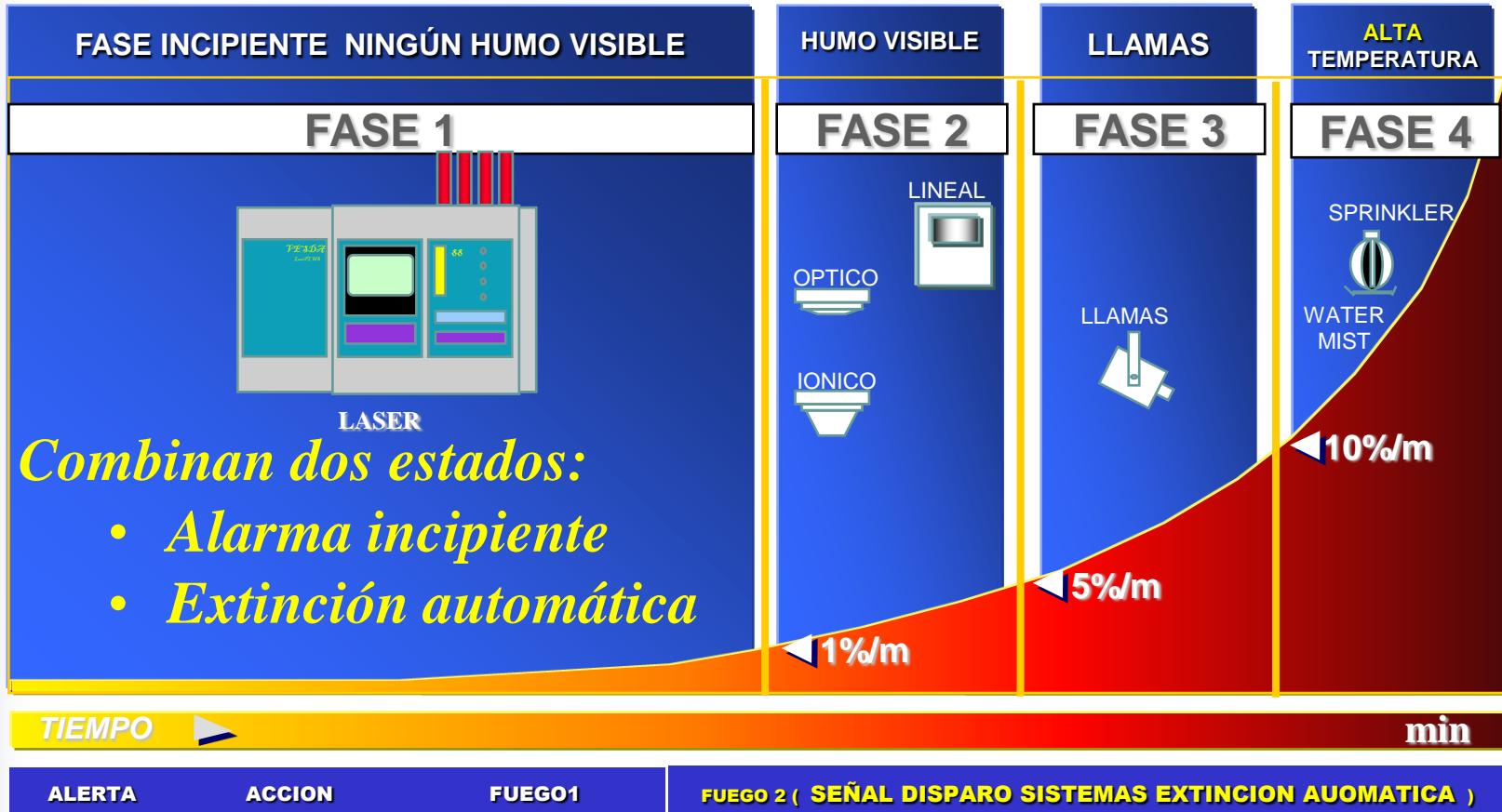


**Metro**

**Sistemas de Detección**



DENSIDAD HUMO % /m



20%/m

5%/m

10%/m

1%/m

- Combinan dos estados:*
- Alarma incipiente
  - Extinción automática

ALERTA

ACCION

FUEGO1

FUEGO 2 ( SEÑAL DISPARO SISTEMAS EXTINCIÓN AUTOMÁTICA )

## *Activación de elementos de detección*

*Incendio int. del Tren*

*Cabina Par*

*Recintos de viajeros*

*Cabina Impar*

*Sistema de detección*

**Varias zonas de detección  
Un solo sector de incendio**

## **Dificultades**

*Discriminar zona de extinción*

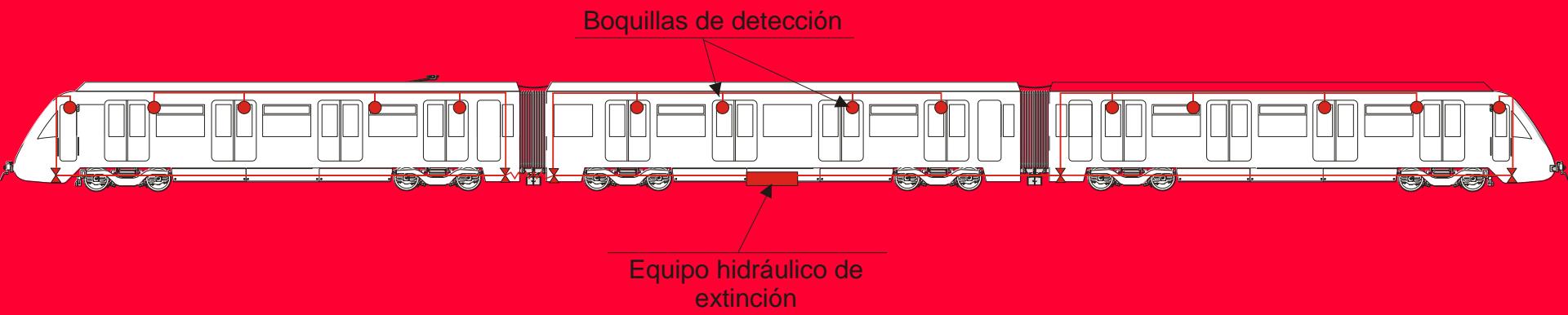
*Procesos automáticos de disparo de extinción asociado a zonas ( Hay que ponderar grandes volúmenes )*

## **Dificultades**

*No se plantean especiales consideraciones:*

*Los sectores de incendio corresponden a las mismas zonas detección - extinción*

# La unidad de aspiración de alta sensibilidad



# ENFOQUE Y APROXIMACIÓN AL PROBLEMA DE LA SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS EN VEHÍCULOS FERROVIARIOS

## SISTEMAS DE DETECCIÓN DE INCENDIOS

### EQUIPO DE DETECCIÓN EN RECINTOS HABITADOS

El sistema de detección es el de aspiración, con cámara láser para análisis del aire continuo.(DETECCIÓN PRECOZ)

### DETECCIÓN EN EQUIPOS ELÉCTRICOS BAJO BASTIDOR

Protege los siguientes equipos eléctricos:

- Motores
- Convertidor auxiliar
- Ondulador de tracción
- Cofre AT
- Seccionador
- Disyuntor



**Metro**

**Sistemas de Extinción**

# ENFOQUE Y APROXIMACIÓN AL PROBLEMA DE LA SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS EN VEHÍCULOS FERROVIARIOS

## SISTEMA DE EXTINCIÓN

Por inundación total : agua nebulizada a alta presión.

## Protege CABINAS CONDUCTOR Y RECINTO VIAJEROS

### Composición del equipo

- Un grupo de bombeo
- Agente propulsor aire comprimido
- Agente extintor agua potable
- Un conjunto de válvulas
- Un conjunto de boquillas nebulizadoras abiertas.
- Un colector y red de tuberías
- Boquillas nebulizadoras

## ACTIVACIÓN DEL SISTEMA

- Disparo automático.
- Disparo de emergencia.
- Extinción en cabina de conductor (con presencia de conductor).

# *Caracterización de los riesgos*

*¿Qué riesgos hay que proteger?*



## *Cabinas de conducción*

*Solo 2 sectores de incendio*

*( Las zonas de extinción  $R_c$  par +  $R_c$  impar coinciden con las de detección )*

## *Recinto de viajeros*

*Sectores de incendio únicos con varias zonas ( Simultaneidad de disparo )*

*Inundación total ( Tiempo descarga )*

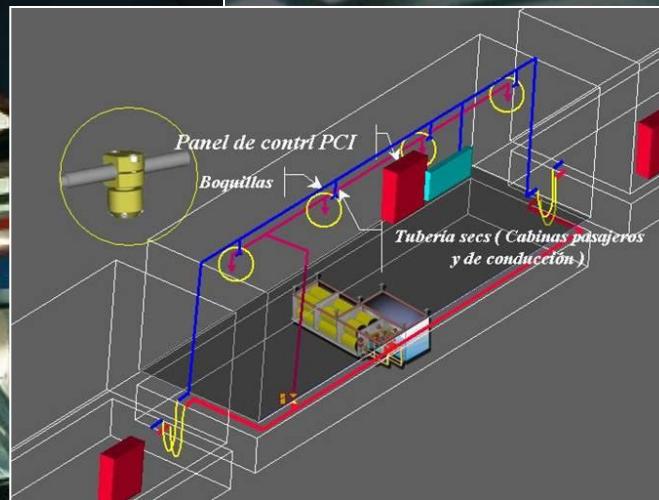
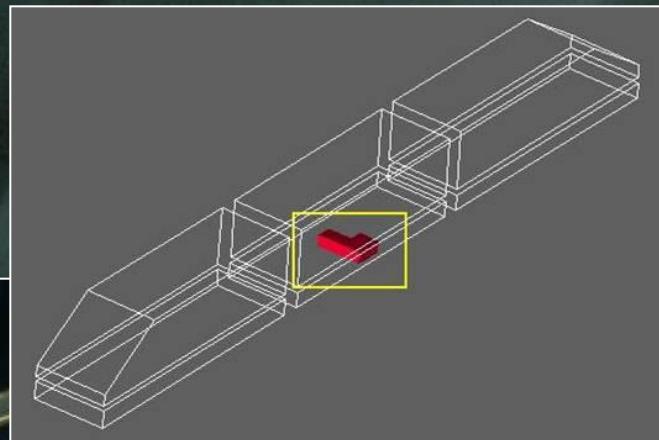
## *Zona bajo bastidor*

*¿Es necesario un sistema de detección y/o extinción ?*

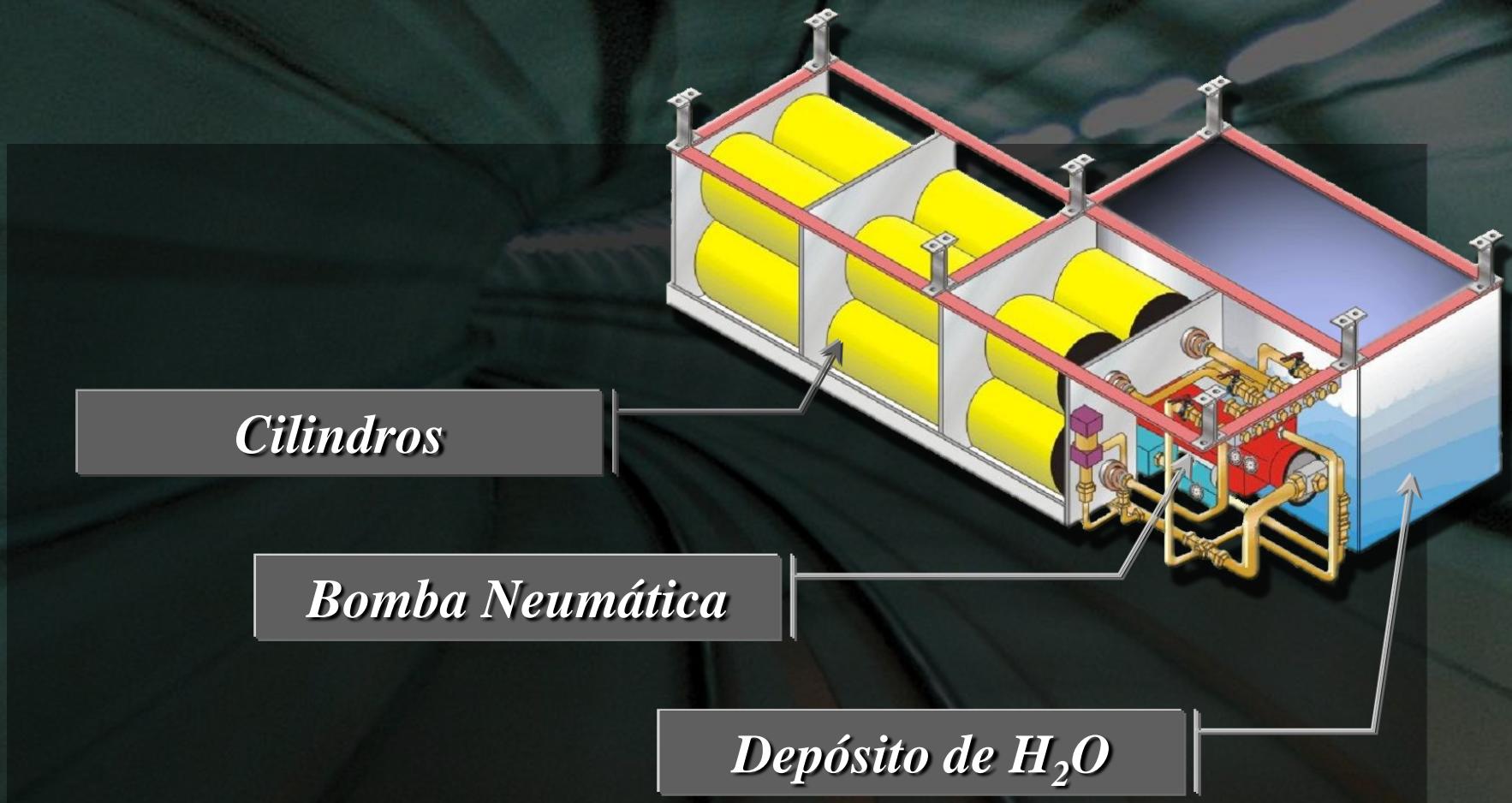
*¿Son viables ?*

*Otras medidas ( Recirculación aire recinto viajeros )*

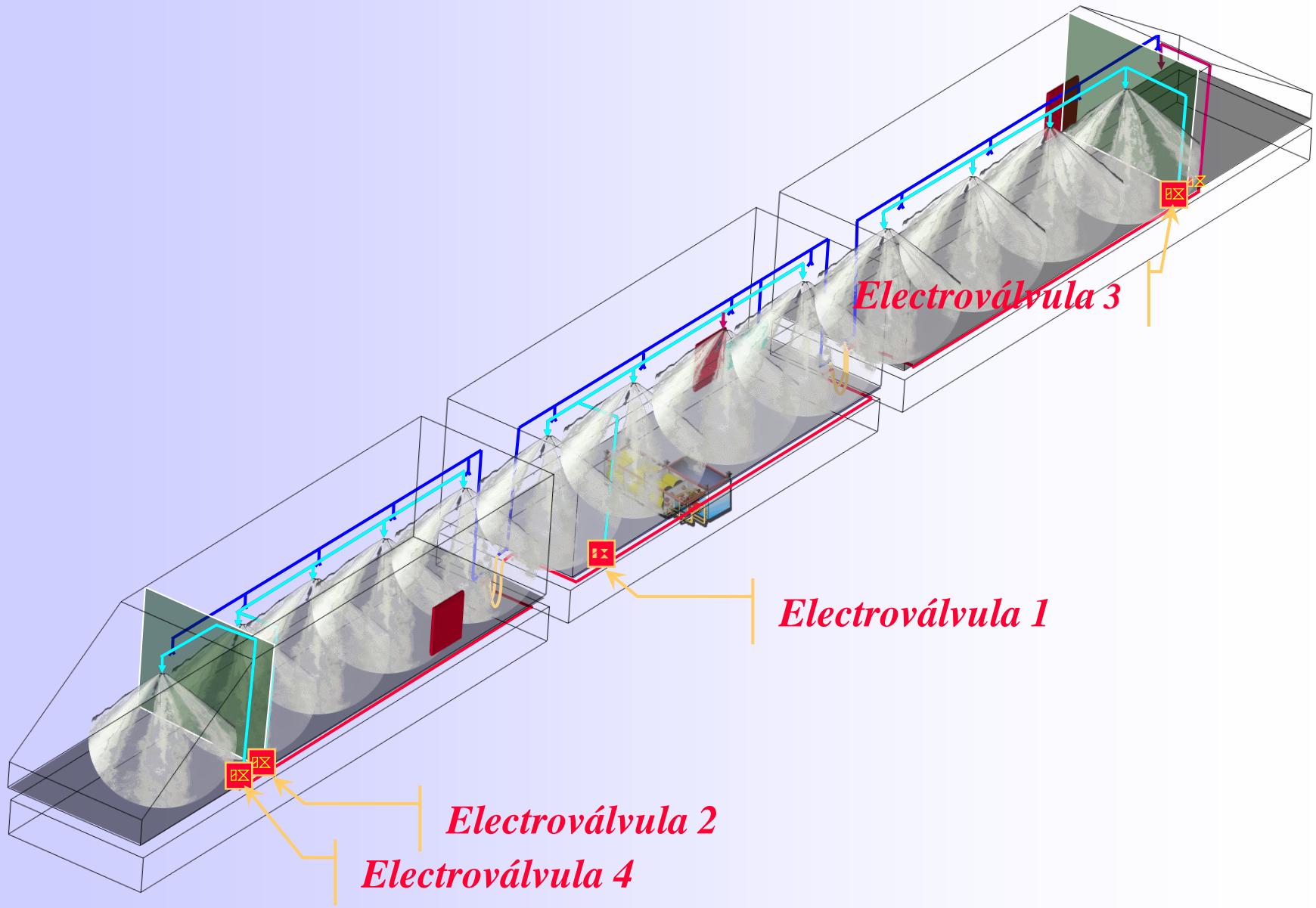
# La unidad de extinción



# *Principales componentes del sistema*



# SISTEMA DE EXTINCIÓN POR AGUA NEBULIZADA ACTIVADO

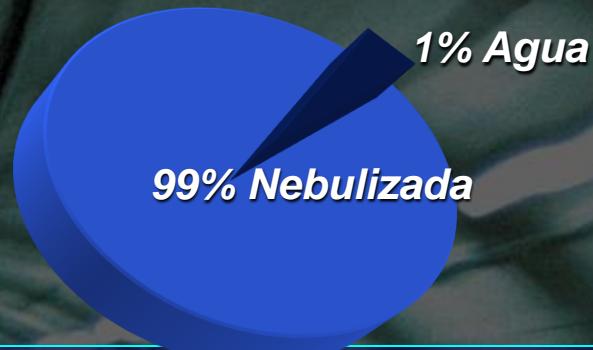
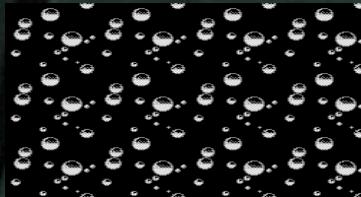
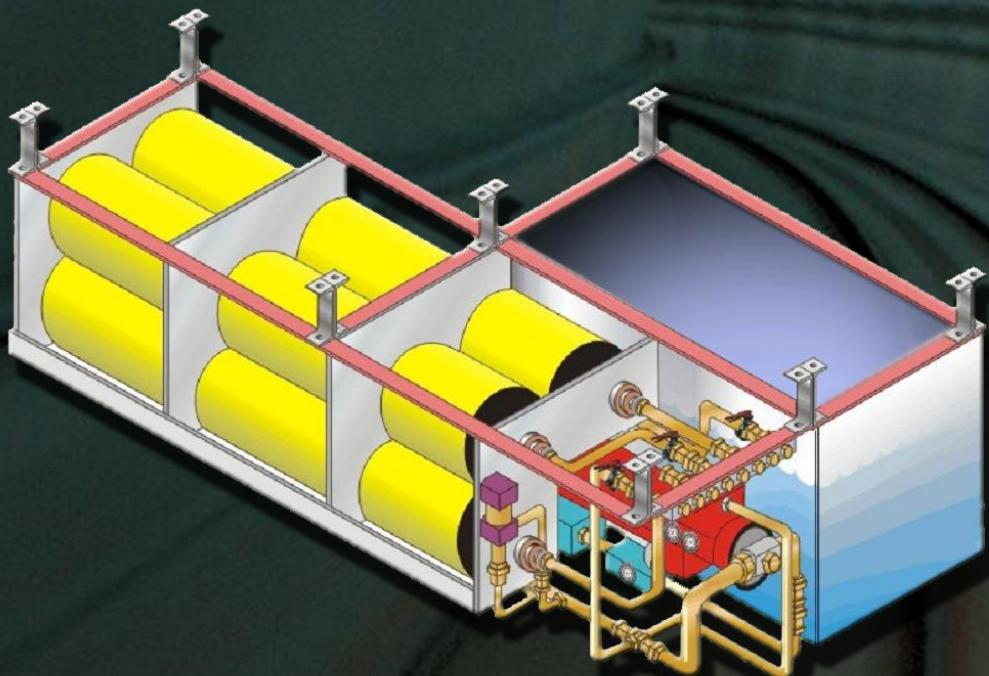


# EXTINCIÓN

- Técnica de extinción por agua nebulizada.
- Agente extintor agua, ecológico y sin limitaciones futuras.
- Inocuo para personas y equipos.
- Elevada capacidad de enfriamiento.
- Tamaño de gotas  $\varnothing < 1000$  micras.
- Proceso de extinción bicanal (por bus y por cableado convencional).
- Economía de consumo de agua (10 veces menos que otros sistemas).
- Reducción de temperatura y calor radiante.
- Lavado de humos y gases.
- Volumen embarcado, 300 litros de agua para 3 coches.
- Cuatro boquillas de extinción por coche.

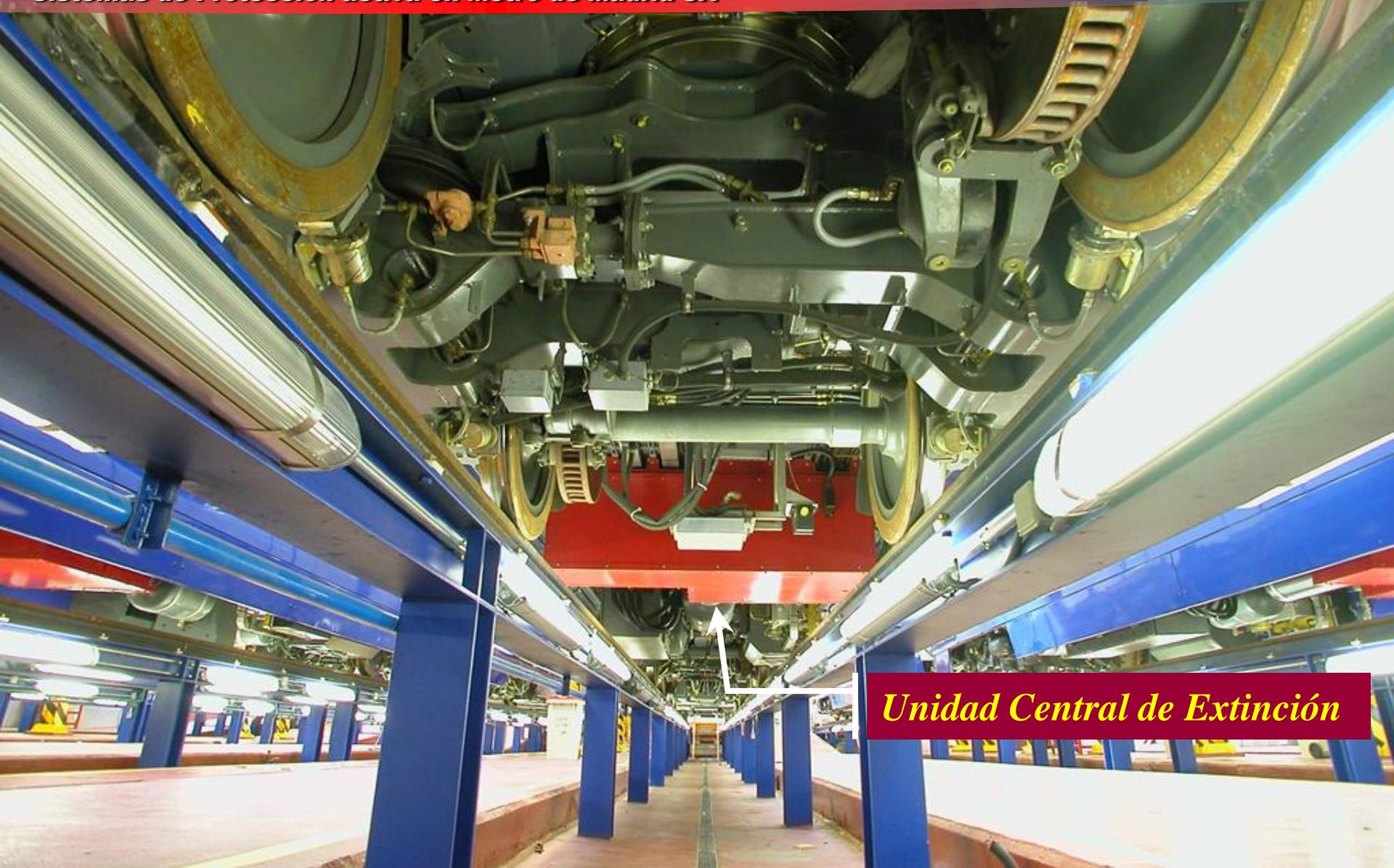


La energía para la impulsión de la bomba neumática aporta una ventaja adicional, ya que el hecho de seleccionar la mezcla de agua y aire comprimido como agente extintor, une a su alto grado de eficacia, su inocuidad, tanto para los viajeros como para el medio ambiente, ya que únicamente utiliza agua nebulizada como agente extintor.



El grupo de bombeo es único para cada unidad móvil. Dicho grupo de bombeo comprende una unidad de almacenamiento de fluido de extinción y un conjunto de elementos de impulsión de dicho fluido. Las reducidas dimensiones de todos los componentes de almacenamiento e impulsión de agua, posibilitan un montaje compacto perfectamente integrado con el resto de sistemas eléctricos y neumáticos de la unidad ferroviaria.

*Sistemas de Protección activa en Metro de Madrid SA*



*Unidad Central de Extinción*



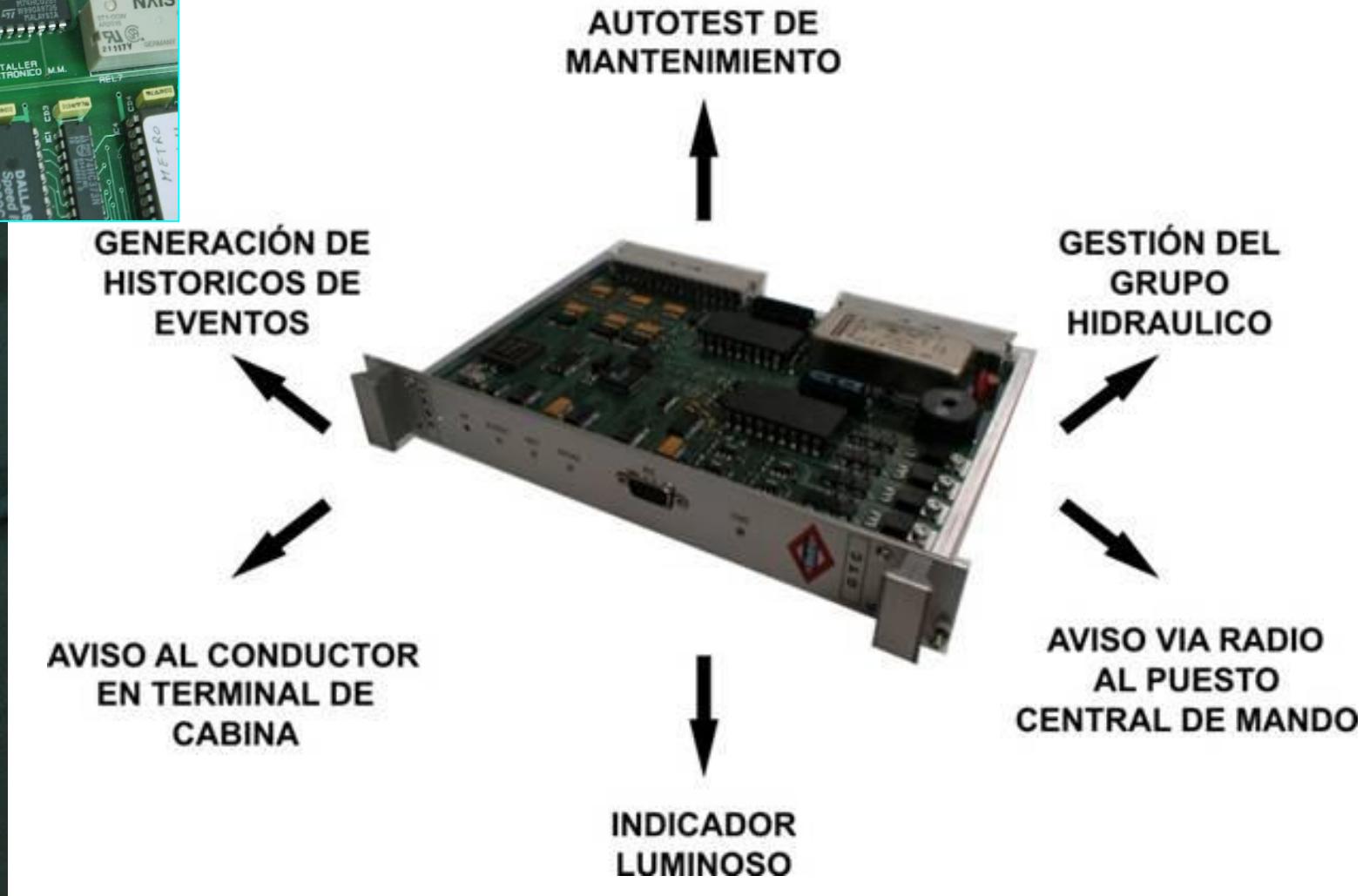
***Simulación de descarga de  
agua nebulizada***

***Sistemas de Protección activa en Metro de Madrid SA***

## La Unidad de Control



### Gestión de la Señal de Alarma por medio de LA TARJETA ELECTRÓNICA DE CONTROL



# ENFOQUE Y APROXIMACIÓN AL PROBLEMA DE LA SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS EN VEHÍCULOS FERROVIARIOS

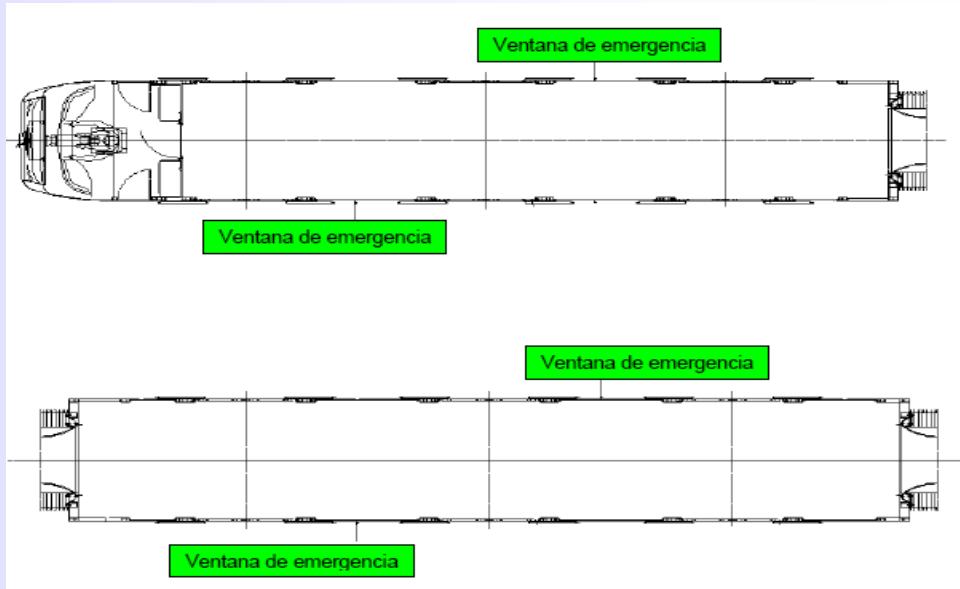
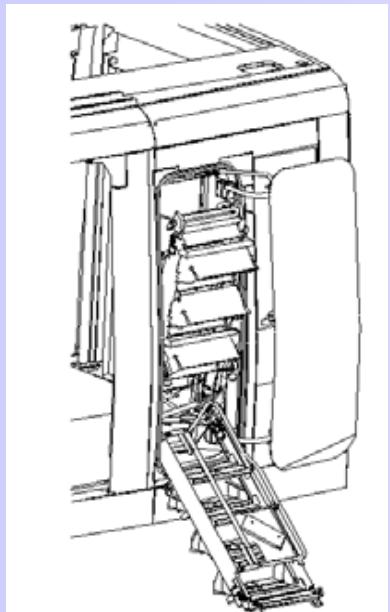
## CONCEPTOS ADICIONALES DE DISEÑO

- CONCEPTOS DE SUPERVISIÓN Y DIAGNÓSTICO
- SISTEMAS DE MANDO DE LA EXTINCIÓN
- MITIGACIÓN
  - MEDIOS DE COMUNICACIÓN
    - Sistema de radiocomunicaciones TETRA
    - Intercomunicadores Viajero- Cabina Puesto Central
  - MEDIDAS ADICIONALES EVACUACIÓN . CEN/TS 45545
    - SISTEMA DE ALARMA DE VIAJEROS.
    - Tiradores de emergencia
  - SISTEMA DE ILUMINACIÓN Y SEÑALIZACIÓN DE EMERGENCIA
  - APAGADO DE VENTILACIÓN FORZADA
  - EXTINTORES

# ENFOQUE Y APROXIMACIÓN AL PROBLEMA DE LA SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS EN VEHÍCULOS FERROVIARIOS

EVACUACIÓN Y RESCATE  
SALIDAS EN CASO DE ACCIDENTE  
SALIDAS DE EMERGENCIA

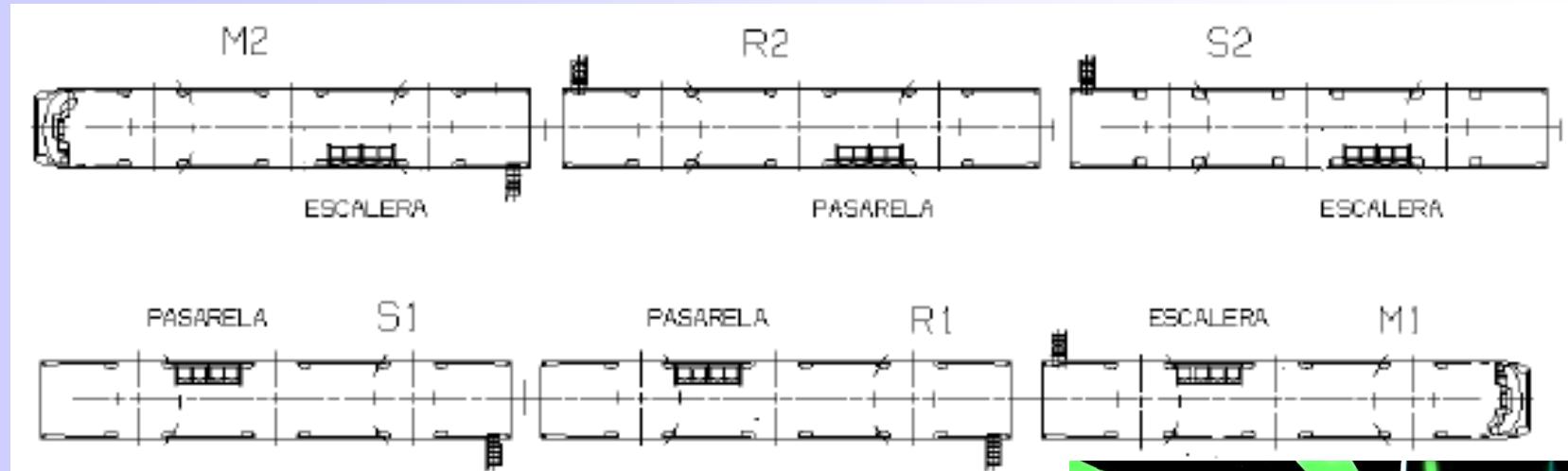
ESCALERAS DE EVACUACIÓN



# ENFOQUE Y APROXIMACIÓN AL PROBLEMA DE LA SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS EN VEHÍCULOS FERROVIARIOS

## ESCALERAS Y PASARELAS PORTÁTILES DE EVACUACIÓN

La escalera portátil



SEÑALIZACIÓN FOTOLUMINISCENTE

BANALIZACIÓN

PICTOGRAMAS SEÑALIZACIÓN



# LUCHA PREVENTIVA Y ACTIVA CONTRA EL FUEGO



- **Señalización y comunicaciones**  
**Carteles informativos, iluminación de emergencia y fotoluminiscente.**
- **Información fotoluminiscente visible en condiciones de falta de alumbrado, ubicación de esta señalización, aplicación decorativa, compatibilidad con los recubrimientos y pintura actuales.**
- **Comunicaciones habladas y escritas.**



La presentación de una situación de emergencia puede evolucionar rápidamente hacia un estado de crisis o incluso, catastrófico.

Estas situaciones presentan unas características singulares y negativas en los Ferrocarriles Metropolitanos Subterráneos que agravan y complican su gestión y resolución.

## **CONSIDERACIONES INICIALES SOBRE LAS SITUACIONES DE CRISIS**

Las verdaderas capacidades de una organización son realmente puestas a prueba en términos de respuesta en una situación de crisis.

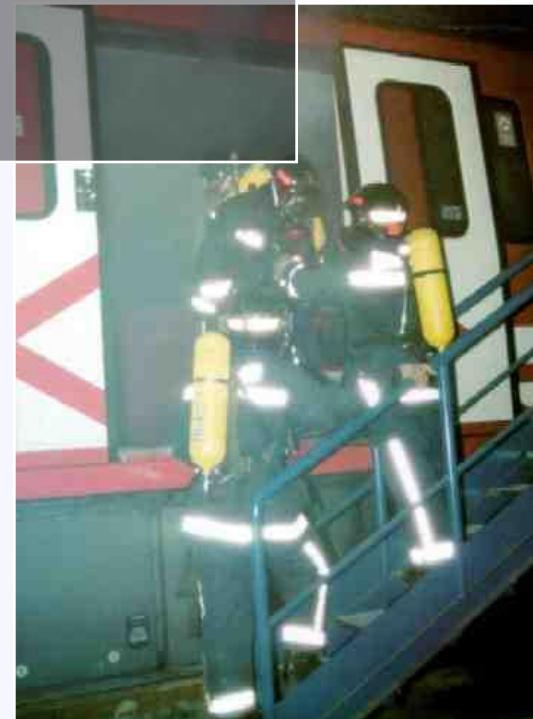


### **Definición de Crisis:**

Cambio brusco que se produce a partir de una situación de normalidad y que puede derivar en catástrofe afectando a las personas, viajeros y empleados, instalaciones, patrimonio, servicio prestado e imagen de la Organización.

### Características:

- Información inicial escasa y fragmentada.
- Dificultad intrínseca de control de la situación.
- Limitación de tiempo para la toma de decisiones.
- Cambios veloces en las situaciones.
- Imprevisión sobre los actuantes.



# ¿ Cuales son los objetivos ?

¿CUANDO?

¿QUÉ HACER ?

¿DÓNDE?

¿CÓMO?

¿QUIÉN?

# Fases de Diseño

## Instalaciones

**Comunicaciones**

**Sistemas de Detección**

**Sistemas de Extinción**

**Ventilación**

**Vía**

**Señalización Ferroviaria**

**Alumbrado**

**Etc...**





← 2

Ventas

Comercio  
Gastronomía  
San Bernardo  
Bebidas

Banca  
Servicios  
Obras

Salas

Salas



Salida  
↓

2 ↓  
C. Caminos

Bibliometro ↓

2



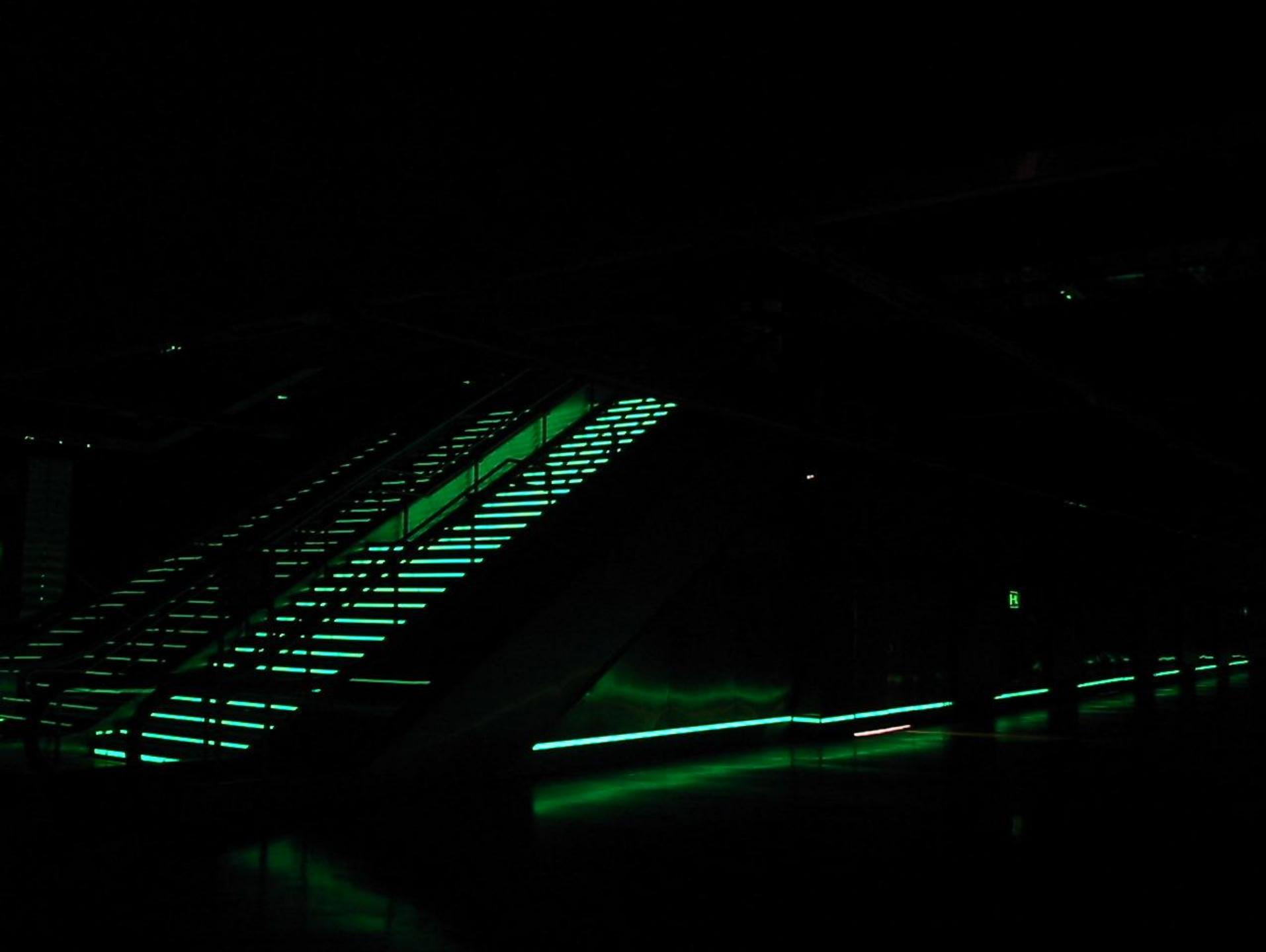






2 Ventas →

2 → Ventas



Salida  
↓

2↓

C. Caminos

←2









Salida



ABIERTOS A LA FAMA

Más de 400 millones de  
hogares en más de 100 países  
en el mundo

Metro de Madrid

Comunidad de Madrid





METRO DE MADRID S.A.

## ***Elementos que faciliten y permitan la evacuación***



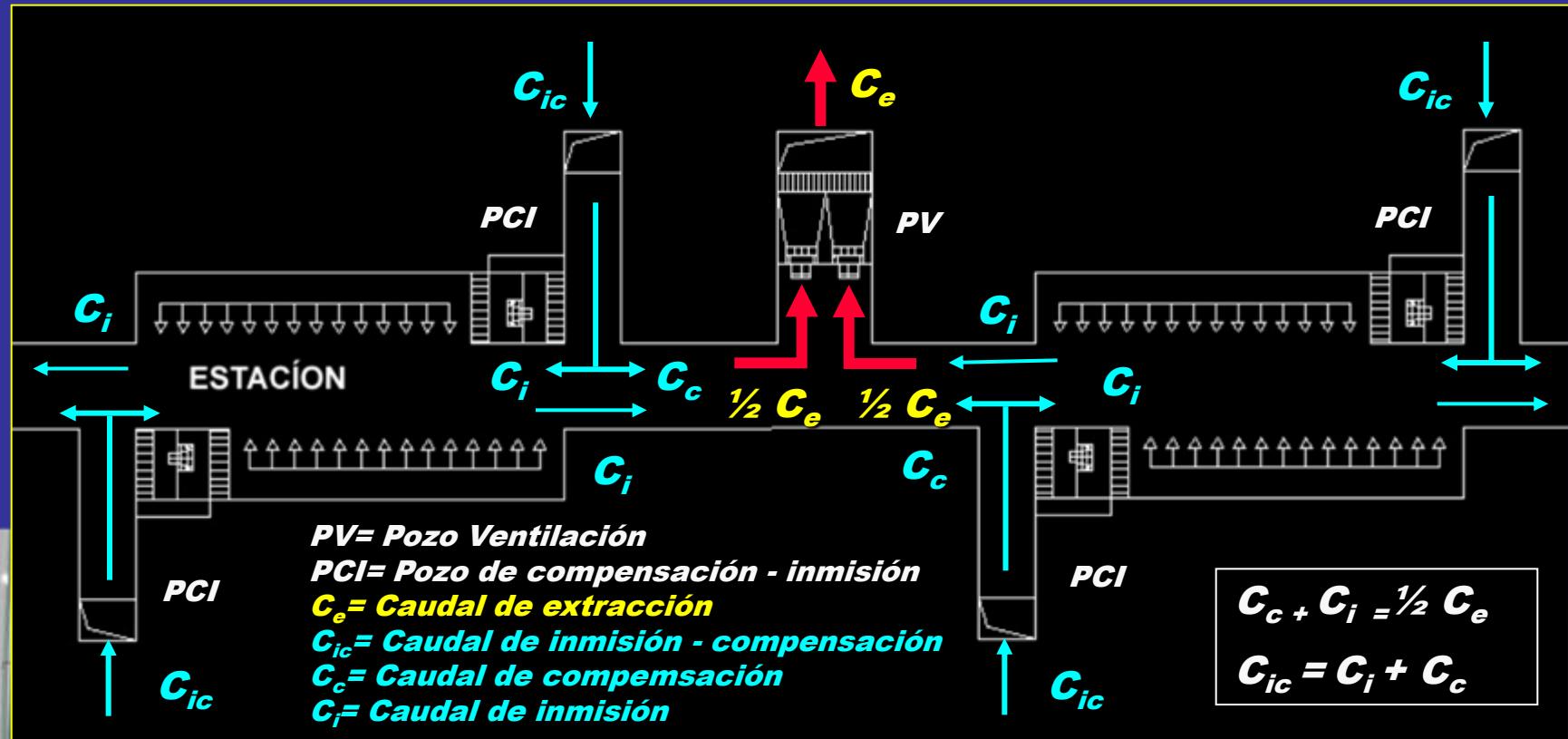
***Caminos de Evacuación***

***Señalización de emergencia  
en los túneles***

Importancia de la ventilación y la operación de la misma en casos de emergencia por incendio

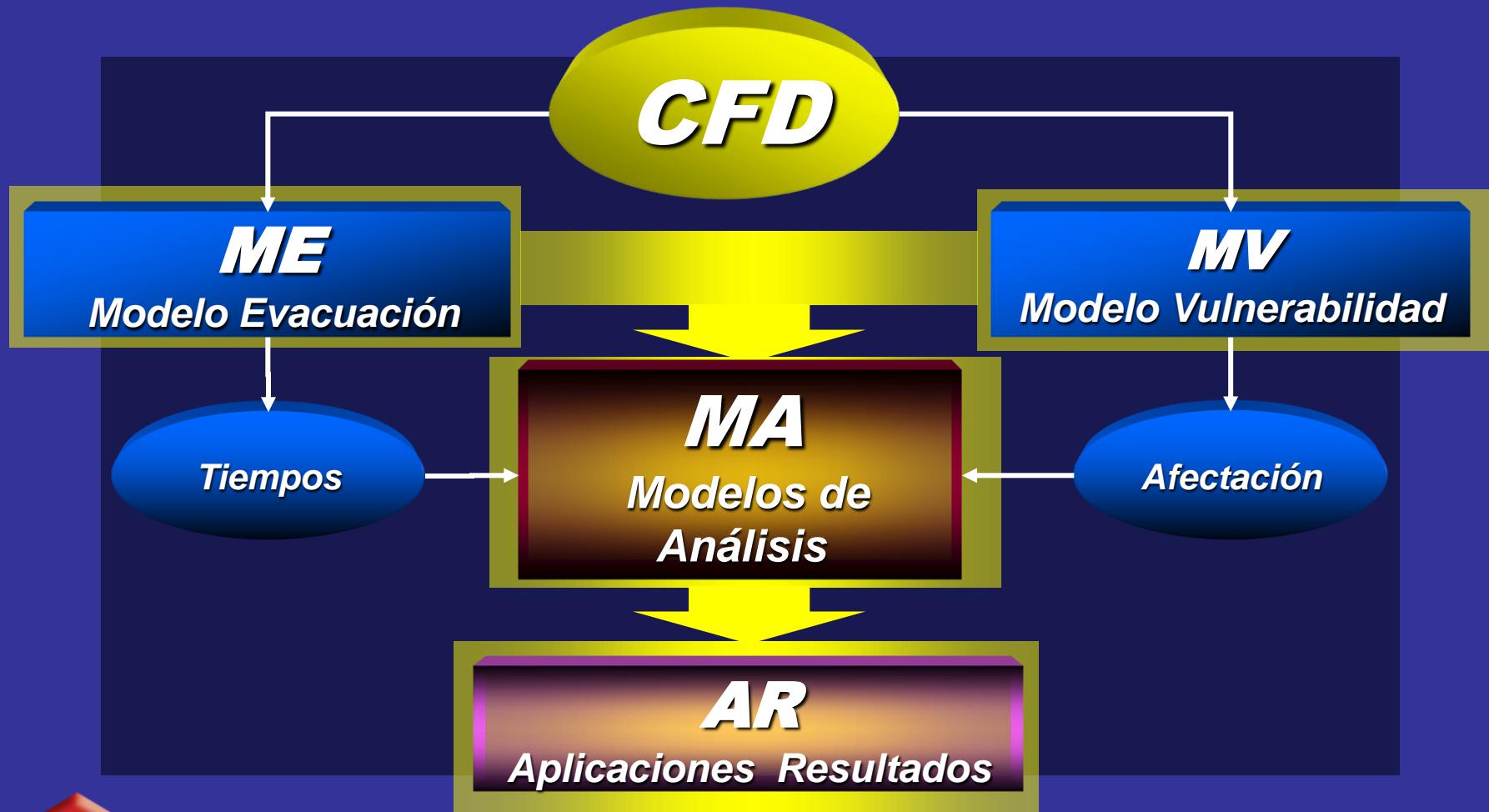


## Esquema del sistema de ventilación



MADRID S.A.

Sistemas de Protección activa en Metro de Madrid SA

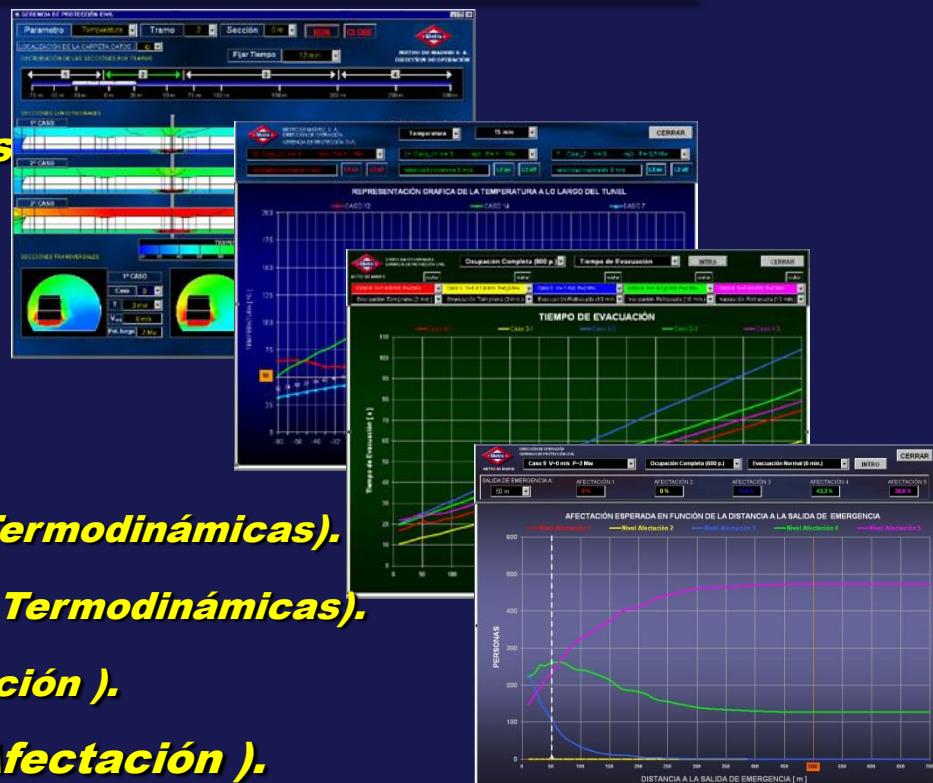


*Sistemas de Protección activa en Metro de Madrid SA*

## MODELOS Y APLICACIONES DESARROLLADOS

### **MODELOS DE CALCULO NUMERICO**

- **CFD ( Computational Fluid Dynamics ).**
- **ME (Modelo de Evacuación ).**
- **MV (Modelo de Vulnerabilidad ).**



### **APLICACIONES DE ANALISIS**

- **SVVT (Simulación Visual de Variables Termodinámicas).**
- **SGVT (Simulación Grafica de Variables Termodinámicas).**
- **STE (Simulación de Tiempos de Evacuación ).**
- **SPA (Simulación de Promedios de Afectación ).**



Sistemas de Protección activa en Metro de Madrid SA

## MODELOS Y APLICACIONES DESARROLLADOS

### **MODELOS DE CALCULO NUMERICO**

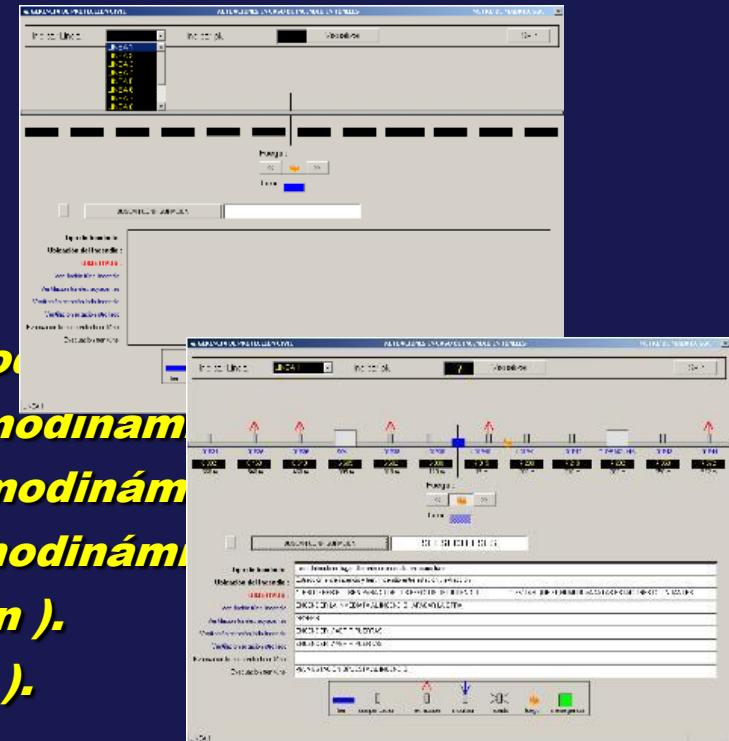
- **CFX ( Computational Fluid Dynamics ).**
- **ME (Modelo de Evacuación ).**
- **MV (Modelo de Vulnerabilidad ).**

### **APLICACIONES DE ANALISIS**

- **SVTT (Simulación Visual de Variables Termodinámicas y Técnicas de Transporte).**
- **SVTEP (Simulación Visual de Variables Termodinámicas y Técnicas de Evacuación y Protección).**
- **SVTEC (Simulación Visual de Variables Termodinámicas y Técnicas de Control y Evacuación).**
- **SGVT (Simulación gráfica de Variables Termodinámicas y Gráfica de Ventilación).**
- **SPA (Simulación de Promedios de Afectación ).**
- **STE (Simulación de Tiempos de Evacuación ).**

### **APLICACIONES DE ANALISIS**

- **GV Gestión de la ventilación.**



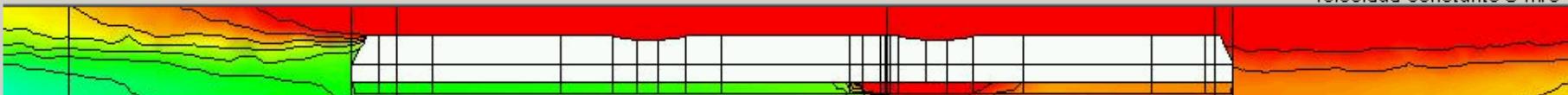


## DISTRIBUCIÓN DE LAS SECCIONES POR TRAMOS



## SECCIONES LONGITUDINALES :

1º CASO



2º CASO



3º CASO



## PARAMETROS :

- 1º 9 Caso\_9 V= 0 m/s P= 2 Mw
- 2º 5 Caso\_5 V=1 m/s P= 2 Mw
- 3º 10 Caso\_10 V= 0 a 1,6 m/s P= 2 Mw

Tramo Sección

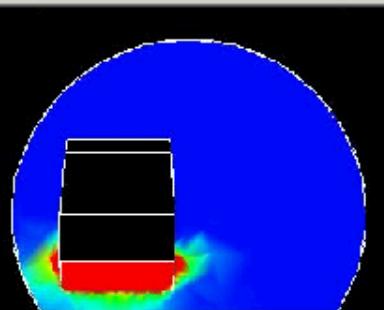
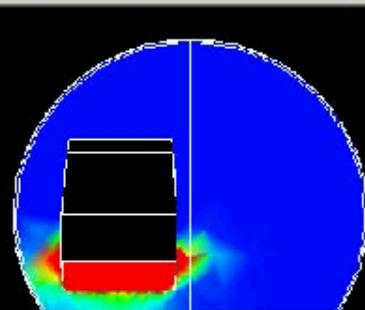
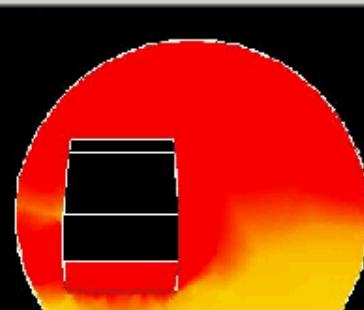
1	0 m
---	-----

Parametro Tiempo

Temperatura	18 min
-------------	--------

Desplazar longitudinal :

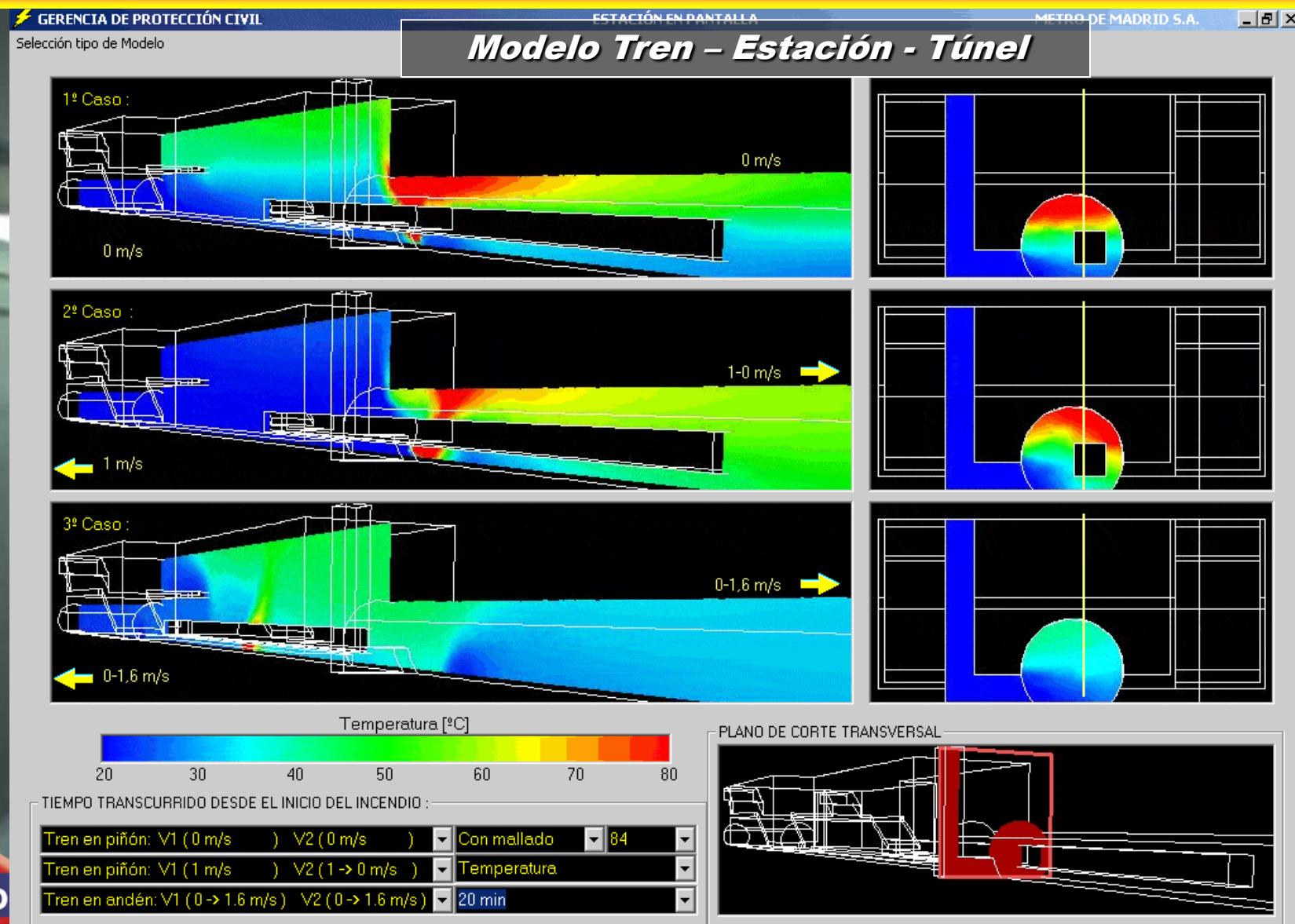
## SECCIONES TRANSVERSALES :



TEMPERATURA [ °C ]

20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----

# Análisis del comportamiento del incendio (CFD)



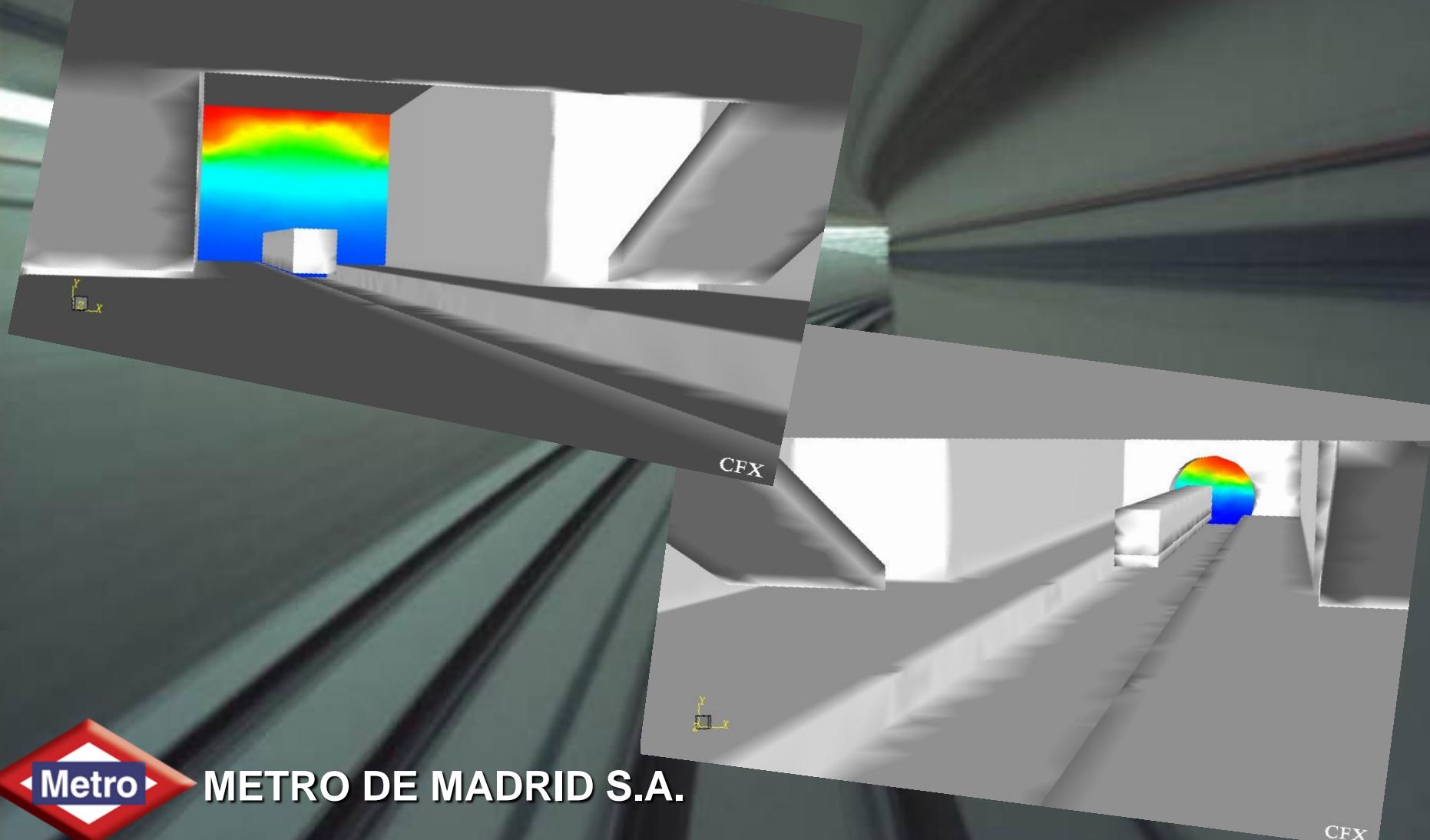
## *Análisis del comportamiento del incendio (CFD)*

**Modelo Tren – Estación - Túnel**



## ***Análisis del comportamiento del incendio (CFD)***

***Modelo Tren – Estación - Túnel***



METRO DE MADRID S.A.

CFX

## ***Análisis del comportamiento del incendio (CFD)***

***Casos que se están analizando***

<b><i>CASOS</i></b>	<b><i>VENTILACION (m /seg)</i></b>	<b><i>MAXIMA POTENCIA DEL FUEGO ( Mw )</i></b>
1	1- 0	0,5
		2
		4
2	1	0,5
		2
		4
3	1-1,6	0,5
		2
		4



11 Caso\_11 V= 1 a 0 m/s P= 4 Mw

4 Caso\_4 V= 1 a 0 m/s P= 2 Mw

1 Caso\_1 V= 1 a 0 m/s P= 0,5 Mw

velocidad constante 0 m/s

velocidad constante 0 m/s

velocidad constante 0 m/s

Temperatura

22 min

M1 on M1 off M2 on M2 off M3 on M3 off

## REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA TEMPERATURA A LO LARGO DEL TUNEL



Parametro

Temperatura

Tramo

1

Sección

0 m

RUN

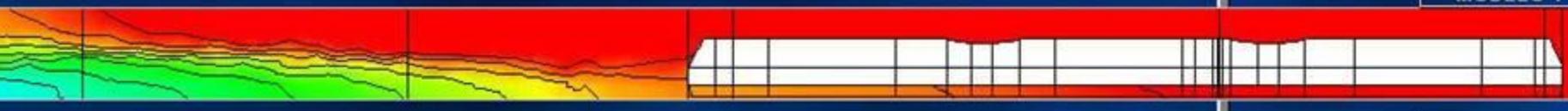
METRO DE MADRID S. A.  
DIRECCIÓN DE OPERACIÓN

## DISTRIBUCIÓN DE LAS SECCIONES POR TRAMOS

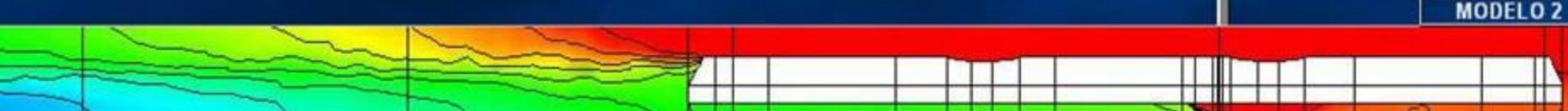


## SECCIONES LONGITUDINALES

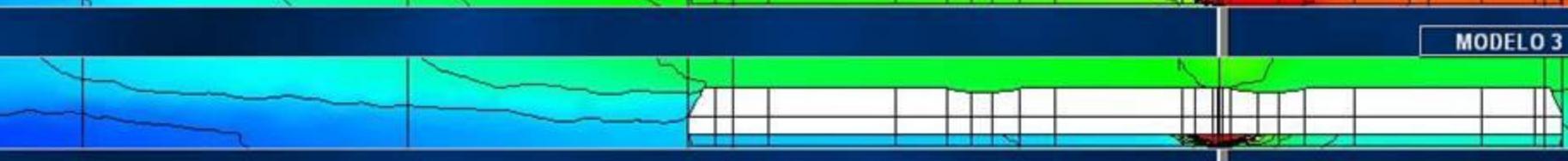
MODELO 1



MODELO 2



MODELO 3



## SECCIONES TRANSVERSALES



MODELO 1

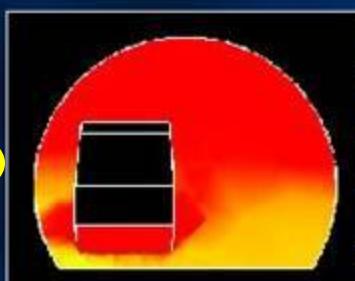
Caso

11

T 21 min

V<sub>aire</sub> 1 a 0 m/s

Pot. fuego 4 Mw



MODELO 2

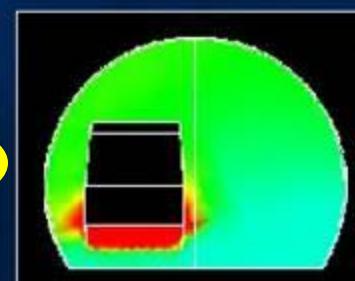
Caso

4

T 21 min

V<sub>aire</sub> 1 a 0 m/s

Pot. fuego 2 Mw



MODELO 3

Caso

1

T 21 min

V<sub>aire</sub> 1 a 0 m/s

Pot. fuego 0,5 Mw

Parametro

Temperatura

Tramo

2

Sección

0 m

RUN

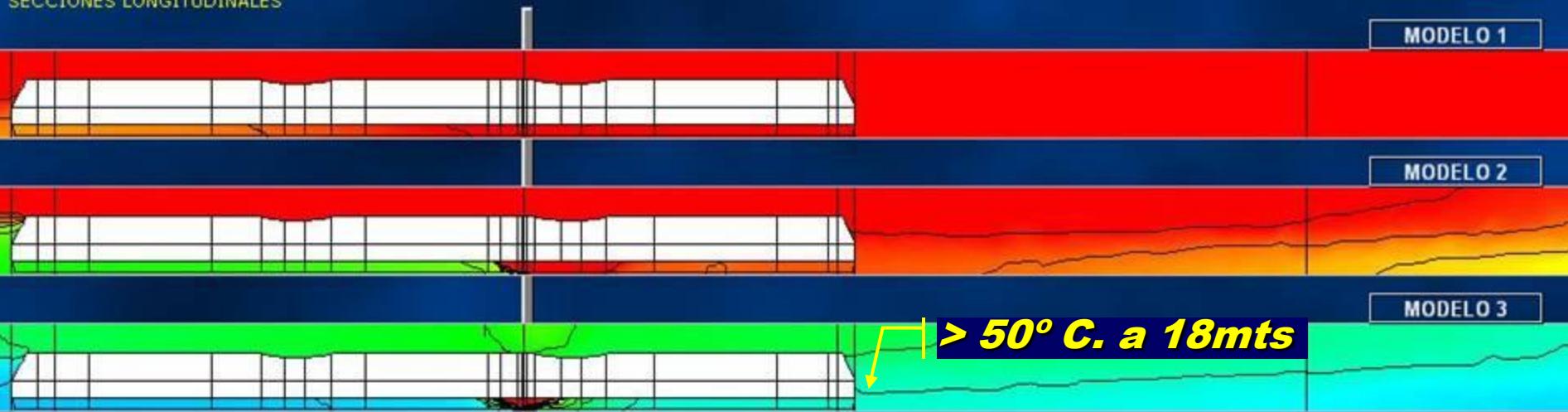
METRO DE MADRID S. A.  
DIRECCIÓN DE OPERACIÓN

## DISTRIBUCIÓN DE LAS SECCIONES POR TRAMOS



## SECCIONES LONGITUDINALES

MODELO 1



## SECCIONES TRANSVERSALES

TEMPERATURA [°C]



MODELO 1

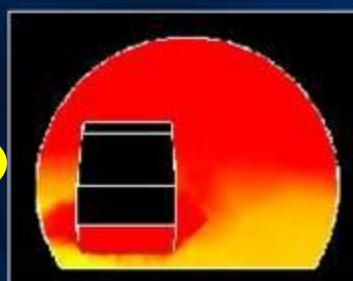
Caso

11

T 21 min

V<sub>aire</sub> 1 a 0 m/s

Pot. fuego 4 Mw



MODELO 2

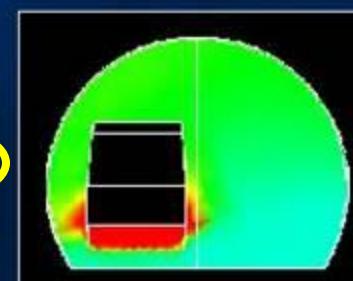
Caso

4

T 21 min

V<sub>aire</sub> 1 a 0 m/s

Pot. fuego 2 Mw



MODELO 3

Caso

1

T 21 min

V<sub>aire</sub> 1 a 0 m/s

Pot. fuego 0,5 Mw

Parametro

Temperatura

Tramo

3

Sección

75 m

RUN

METRO DE MADRID S. A.  
DIRECCIÓN DE OPERACIÓN

## DISTRIBUCIÓN DE LAS SECCIONES POR TRAMOS



## SECCIONES LONGITUDINALES

MODELO 1

MODELO 2

&gt;50° C. a 180mts MODELO 3



## SECCIONES TRANSVERSALES

TEMPERATURA [°C]



MODELO 1

Caso

T

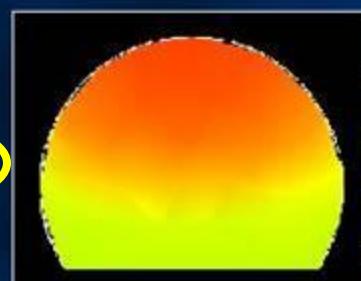
21 min

V<sub>aire</sub>

Pot. fuego

1 a 0 m/s

4 Mw



MODELO 2

Caso

T

21 min

V<sub>aire</sub>

Pot. fuego

1 a 0 m/s

2 Mw



MODELO 3

Caso

T

21 min

V<sub>aire</sub>

Pot. fuego

1 a 0 m/s

0,5 Mw

Parametro

Temperatura

Tramo

4

Sección

200 m

RUN

METRO DE MADRID S. A.  
DIRECCIÓN DE OPERACIÓN

## DISTRIBUCIÓN DE LAS SECCIONES POR TRAMOS



## SECCIONES LONGITUDINALES

&gt; 50° C. a 200mts

MODELO 1

MODELO 2

MODELO 3

## SECCIONES TRANSVERSALES



MODELO 1

Caso

11

T 21 min

V<sub>aire</sub> 1 a 0 m/s

Pot. fuego 4 Mw



MODELO 2

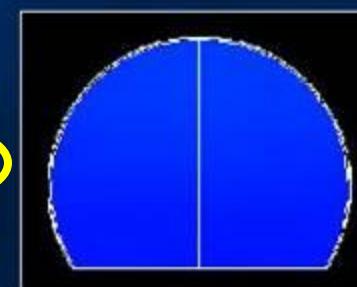
Caso

4

T 21 min

V<sub>aire</sub> 1 a 0 m/s

Pot. fuego 2 Mw



MODELO 3

Caso

1

T 21 min

V<sub>aire</sub> 1 a 0 m/s

Pot. fuego 0,5 Mw

12 Caso\_12 V= 1 m/s P= 4 Mw

5 Caso\_5 V= 1 m/s P= 2 Mw

2 Caso\_2 V= 1 m/s P= 0,5 Mw

velocidad constante 1 m/s

velocidad constante 1 m/s

velocidad constante 1 m/s

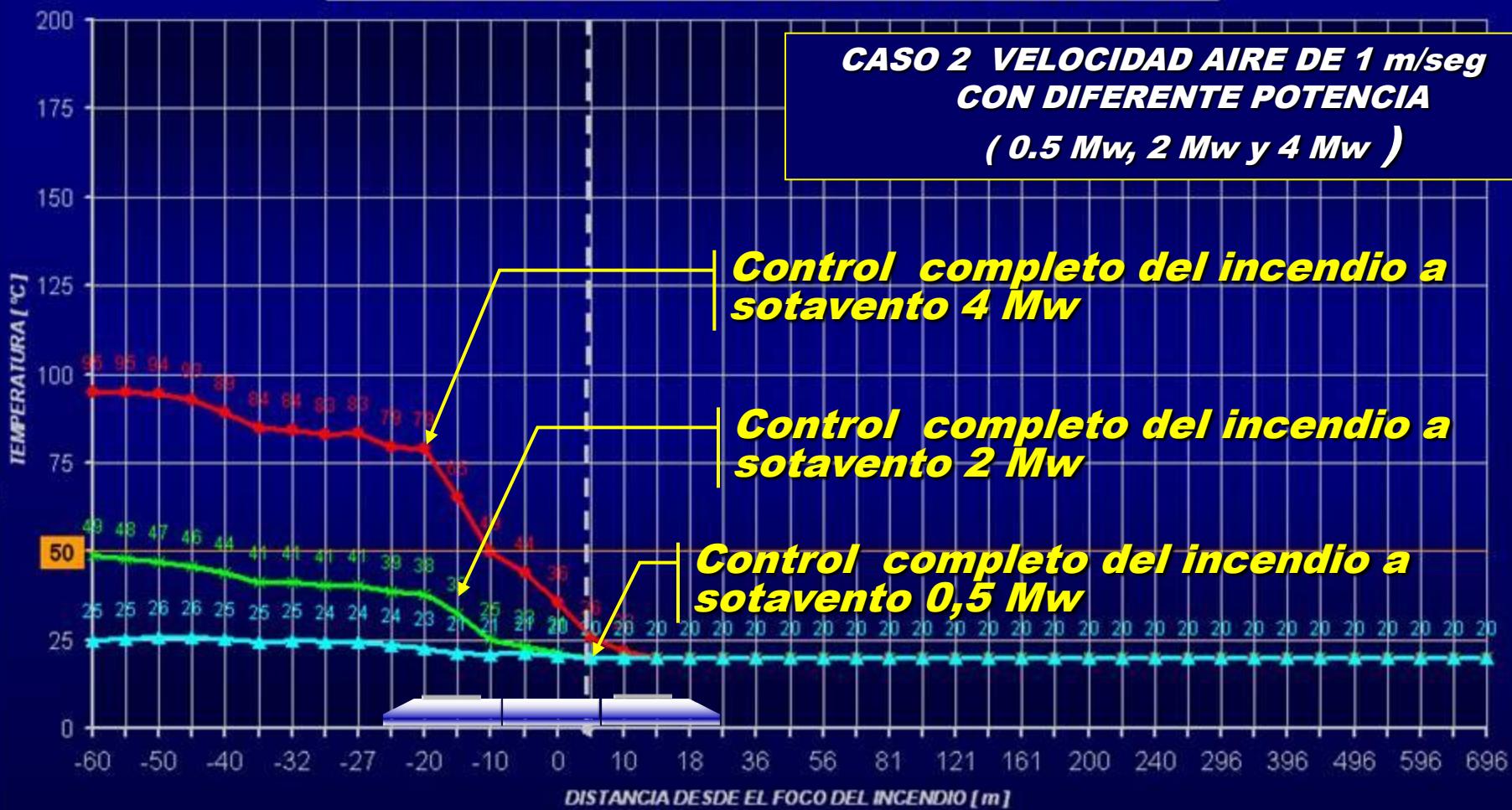
Temperatura

21 min

M1 on M1 off M2 on M2 off M3 on M3 off

## REPRESENTACIÓN GRAFICA DE LA TEMPERATURA A LO LARGO DEL TUNEL

**CASO 2 VELOCIDAD AIRE DE 1 m/seg  
CON DIFERENTE POTENCIA  
( 0,5 Mw, 2 Mw y 4 Mw )**



MODELO 12

MODELO 5

MODELO 2

14 Caso\_14 V= 0 m/s P= 4 Mw

velocidad constante 0 m/s

Temperatura

13 Caso\_13 V= 1 a 1,6 m/s P= 4 Mw

velocidad constante 1,6 m/s

22 min

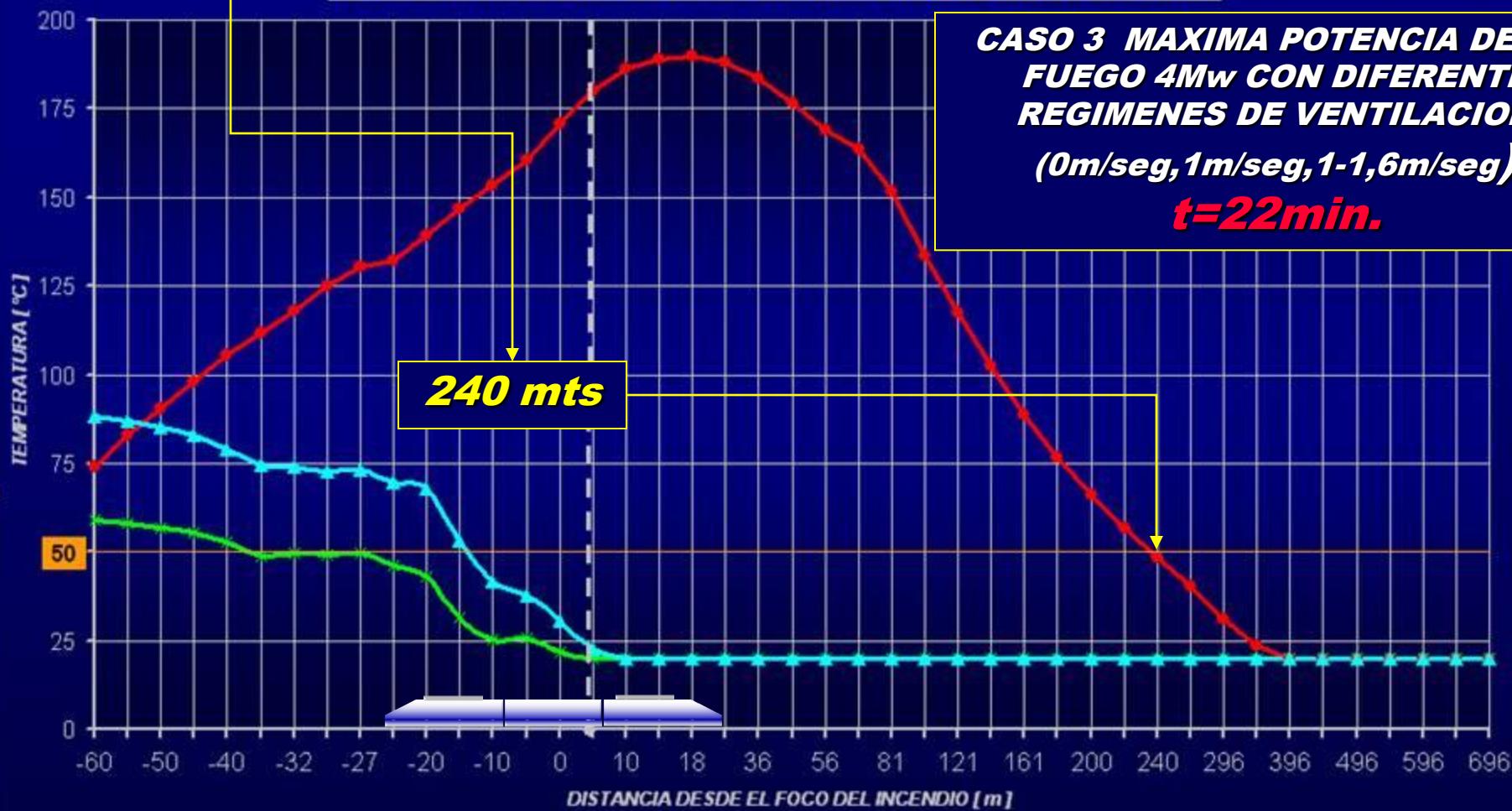
12 Caso\_12 V= 1 m/s P= 4 Mw

velocidad constante 1 m/s

M1 on M1 off M2 on M2 off M3 on M3 off

REPRESENTACIÓN GRAFICA DE LA TEMPERATURA A LO LARGO DEL TUNEL

**CASO 3 MAXIMA POTENCIA DE FUEGO 4Mw CON DIFERENTE REGIMENES DE VENTILACION**  
*(0m(seg), 1m(seg), 1-1,6m(seg))*  
**t=22min.**



MODELO 14

MODELO 13

MODELO 12

19-23 de Junio 2013

Rio de Janeiro



## GRACIAS POR SU ATENCIÓN

## GRATO PELA ATENÇÃO

*AURELIO ROJO GARRIDO*

[Aurelio.rojo@alamys.org](mailto:Aurelio.rojo@alamys.org)