



Comportamiento frente al fuego de sistemas de forjado colaborante de acero

Revisión de ensayos frente al fuego a gran escala e incendios reales

Dic. 2012



Contenido de la presentación



- **Ensayos de fuego de Cardington**
 - Ensayo de vigas con quemadores
 - Ensayo de estructuras con quemadores
 - Ensayos de esquina con piletas de madera
 - Ensayos de demostración con mobiliario de oficina real
- **Pruebas de incendios accidentales en edificios reales**
 - Incendios accidentales



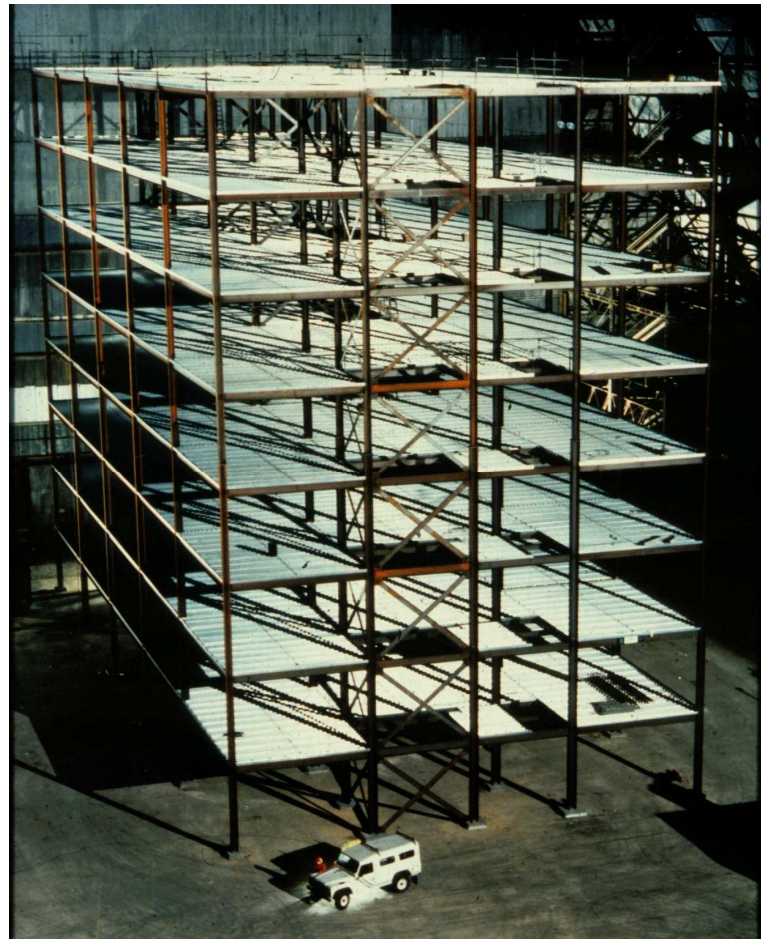
Ensayos de fuego de Cardington



- Edificio de estructura de acero de ocho plantas

Ensayos de
fuego de
Cardington

Pruebas de
incendio
accidental



Unión viga con viga



Unión viga con columna



Ensayos de
fuego de
Cardington

Pruebas de
incendio
accidental

- **Parámetros principales del edificio**
 - Longitud: 42 m en 5 luces de 9 m
 - Anchura: 21 m en 3 luces de 6 m, 9 m y 6 m
 - Altura por planta: 4,2 m
 - Elementos de acero: VD para vigas y CD para columnas
 - Forjado colaborante: hormigón ligero con profundidad total de 130 mm y cubierta trapezoidal de acero
 - Malla de acero: 142 mm²
 - Juntas de acero: uniones con cartela para juntas viga-viga y uniones con chapa de borde flexible para juntas viga-columna
 - Carga aplicada: sacos de arena



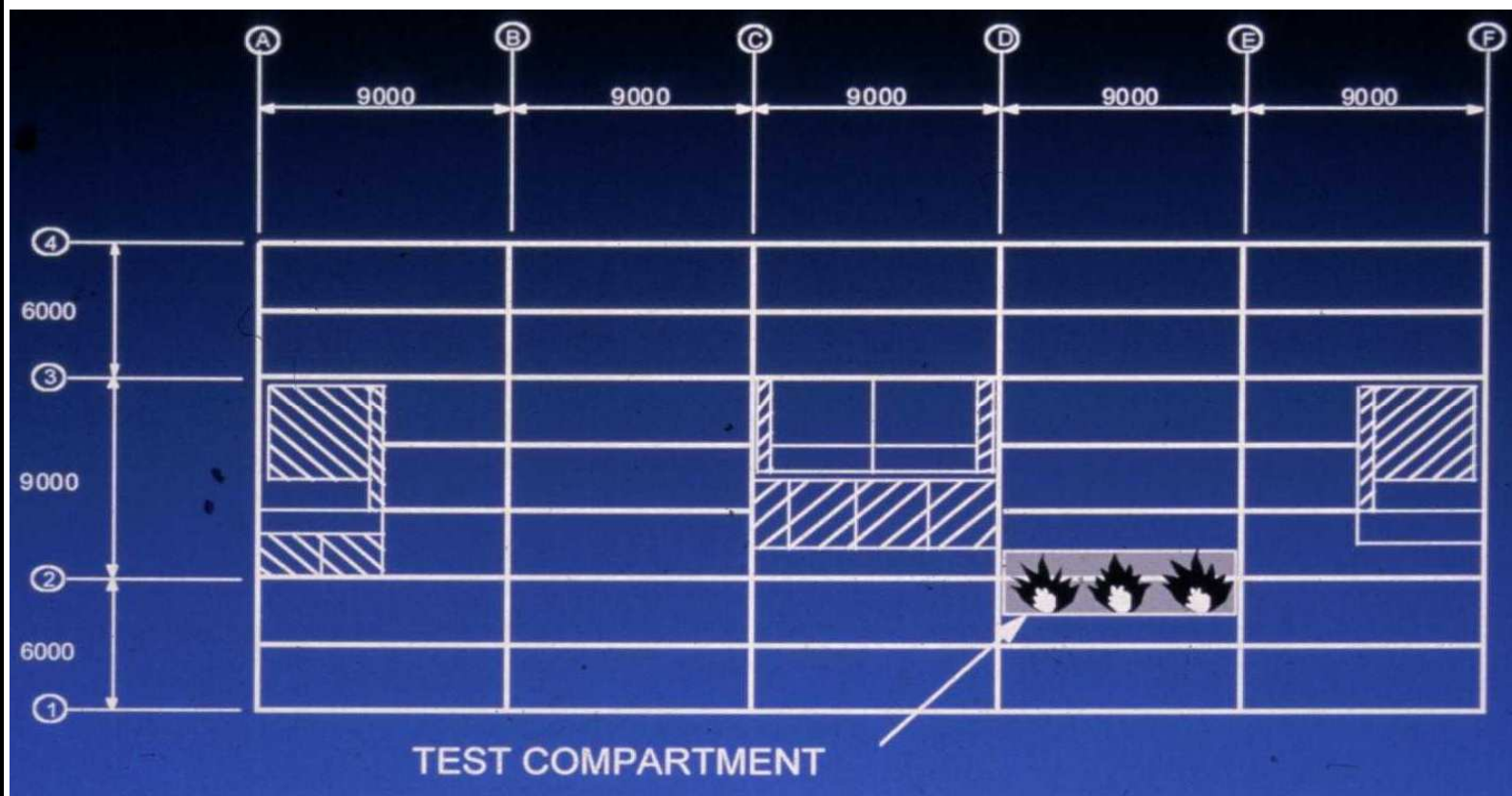
Ensayos de fuego de Cardington



- Ensayo de viga arriostrada: luz = 9,0 m

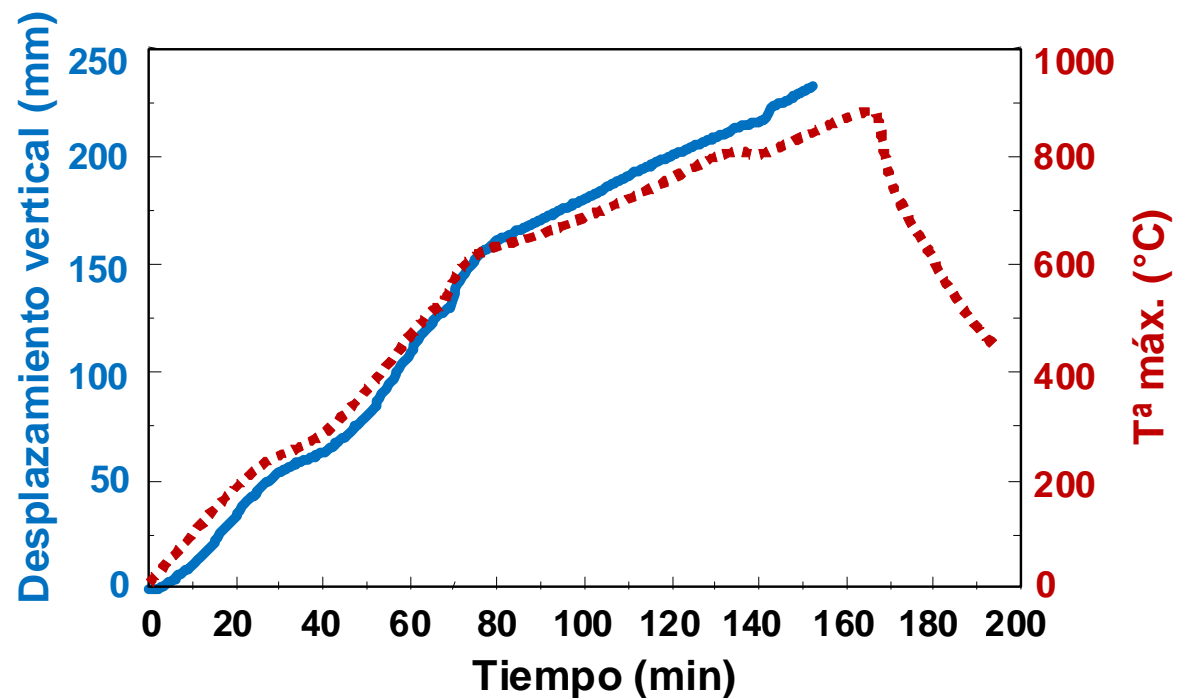
Ensayos de
fuego de
Cardington

Pruebas de
incendio
accidental





- **Ensayo de viga arriostrada: resultados experimentales**



Ensayos de
fuego de
Cardington

Pruebas de
incendio
accidental

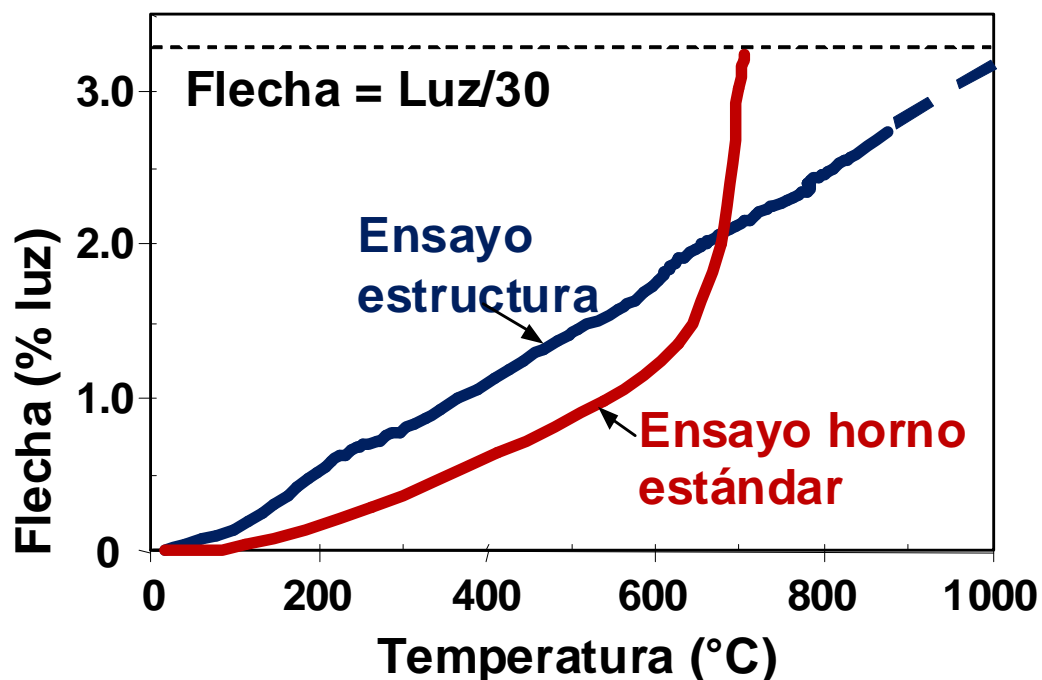
- **Observación**
 - Calentamiento máximo ≈ 900 °C
 - Flecha de la viga: < 250 mm



Ensayos de fuego de Cardington



- Comparación con ensayo de fuego en horno estándar



- Conclusión
 - No hay signos de fallo en el sistema global de forjado colaborante
 - Se produce colapso a $\theta \approx 650$ °C si existe un soporte sencillo



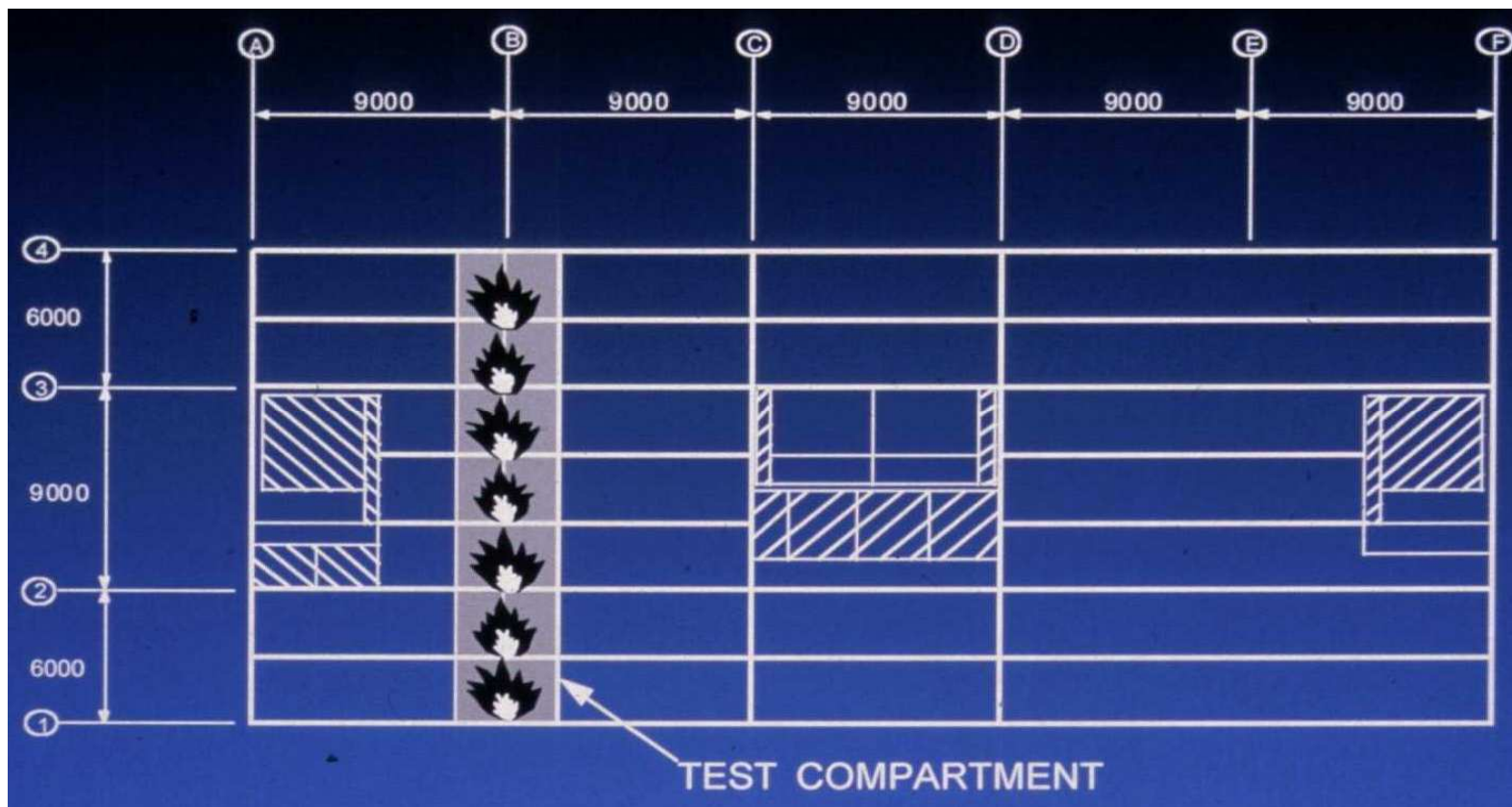
Ensayos de fuego de Cardington



- Ensayo de viga de estructura plana

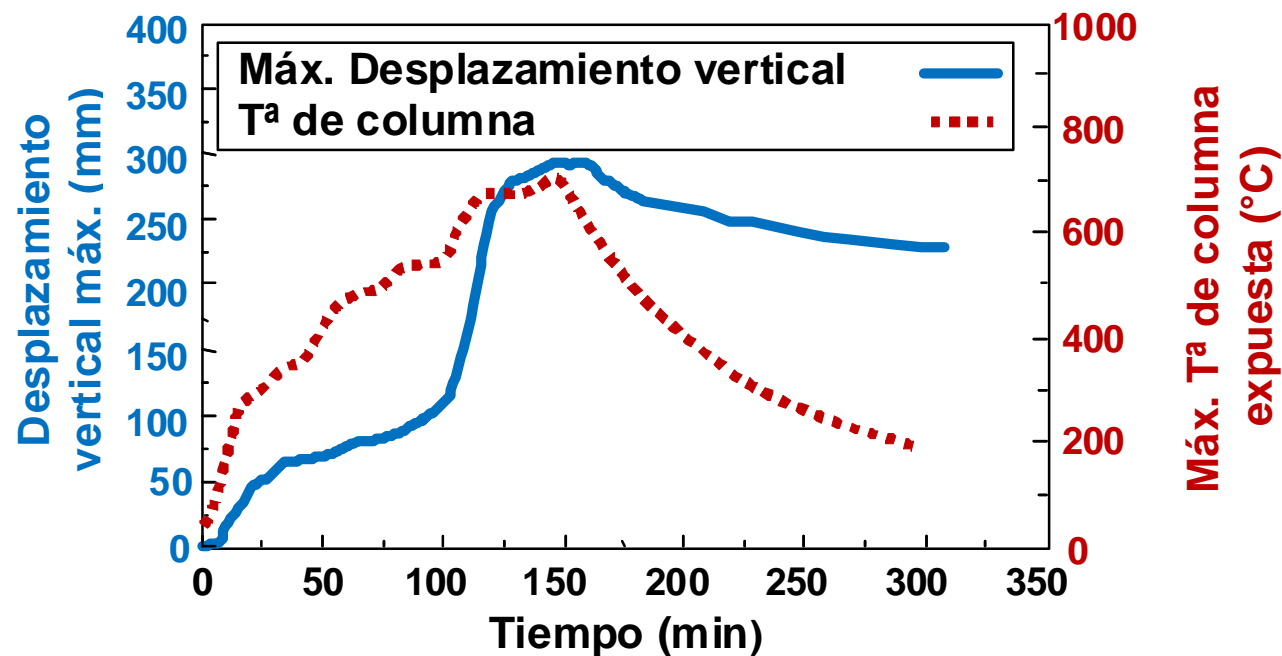
Ensayos de
fuego de
Cardington

Pruebas de
incendio
accidental





- Ensayo de estructura plana: resultados experimentales



Ensayos de
fuego de
Cardington

Pruebas de
incendio
accidental

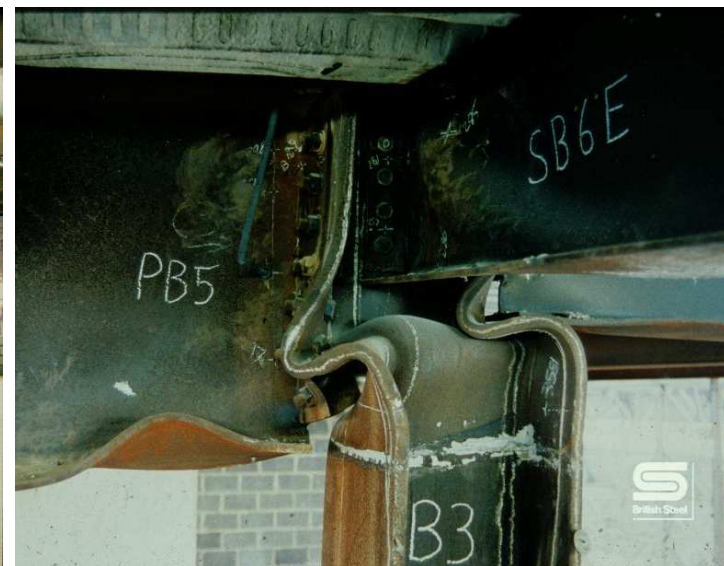
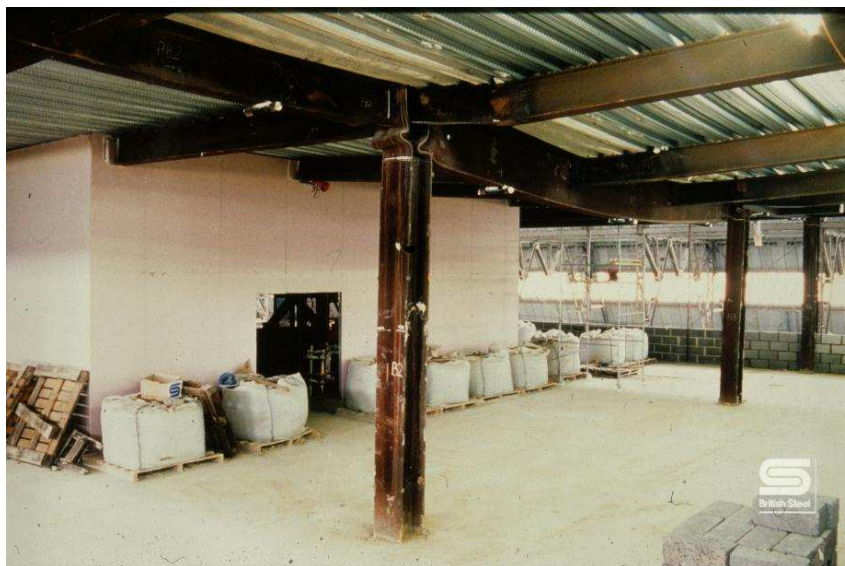
- Observación
 - Calentamiento máximo ≈ 750 °C
 - Flecha de la viga ≈ 300 mm



Ensayos de fuego de Cardington



- Estado deformado de la parte caliente del forjado



Ensayos de
fuego de
Cardington

Pruebas de
incendio
accidental

- **Conclusión**
 - Aplastamiento de la parte desprotegida de la columna
 - No hay colapso adicional a pesar del fallo local anterior



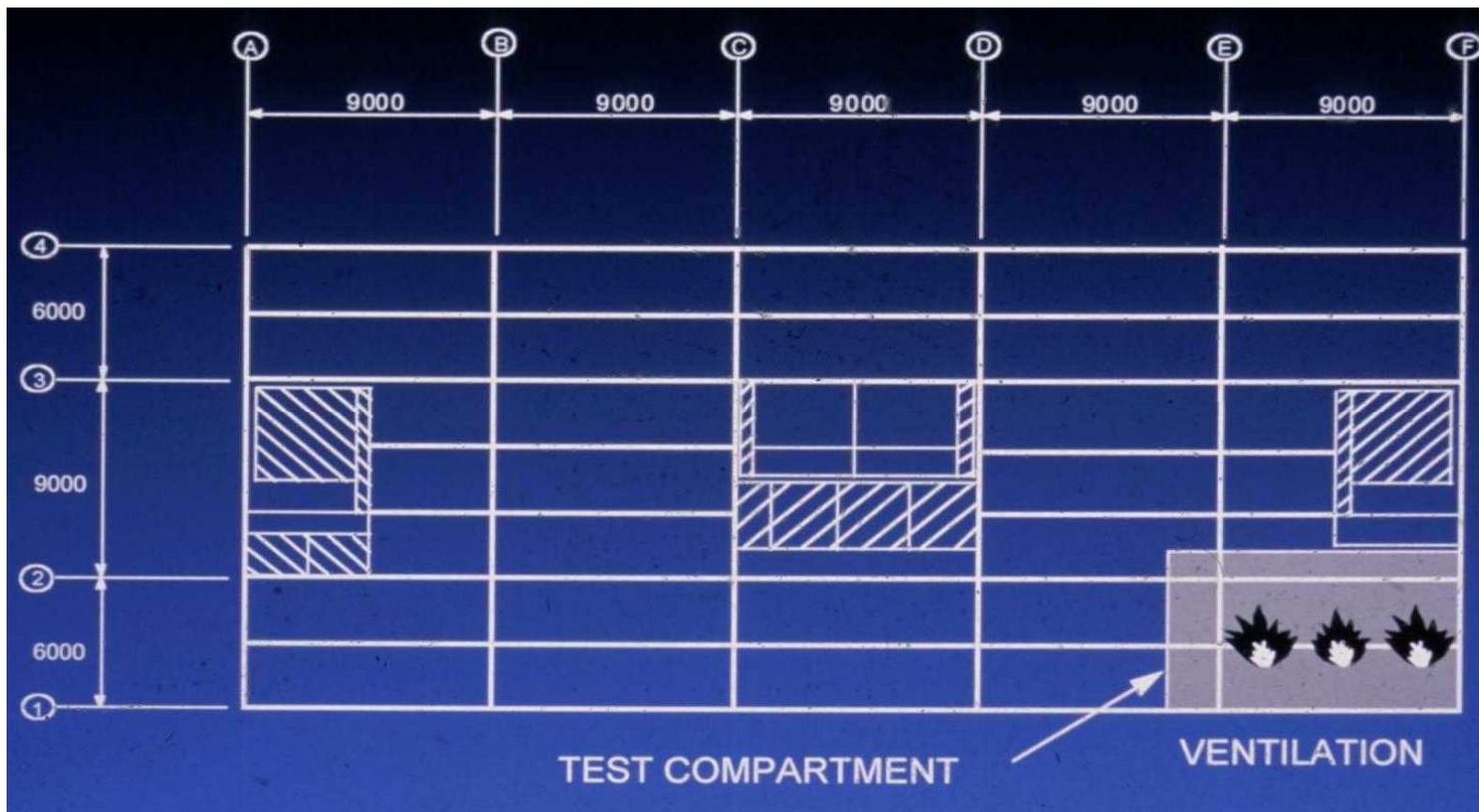
Ensayos de fuego de Cardington



- Ensayo del sector de esquina

Ensayos de
fuego de
Cardington

Pruebas de
incendio
accidental





Ensayos de fuego de Cardington



- **Ensayo del sector de esquina: configuración**

Ensayos de
fuego de
Cardington

Pruebas de
incendio
accidental



**Muros del sector con
bloques de hormigón
huecos**

**La carga de fuego con
piletas de madera es igual
a 45 kg/m²**





- **Ensayo del sector de esquina: resultados experimentales**

Ensayos de
fuego de
Cardington

Pruebas de
incendio
accidental



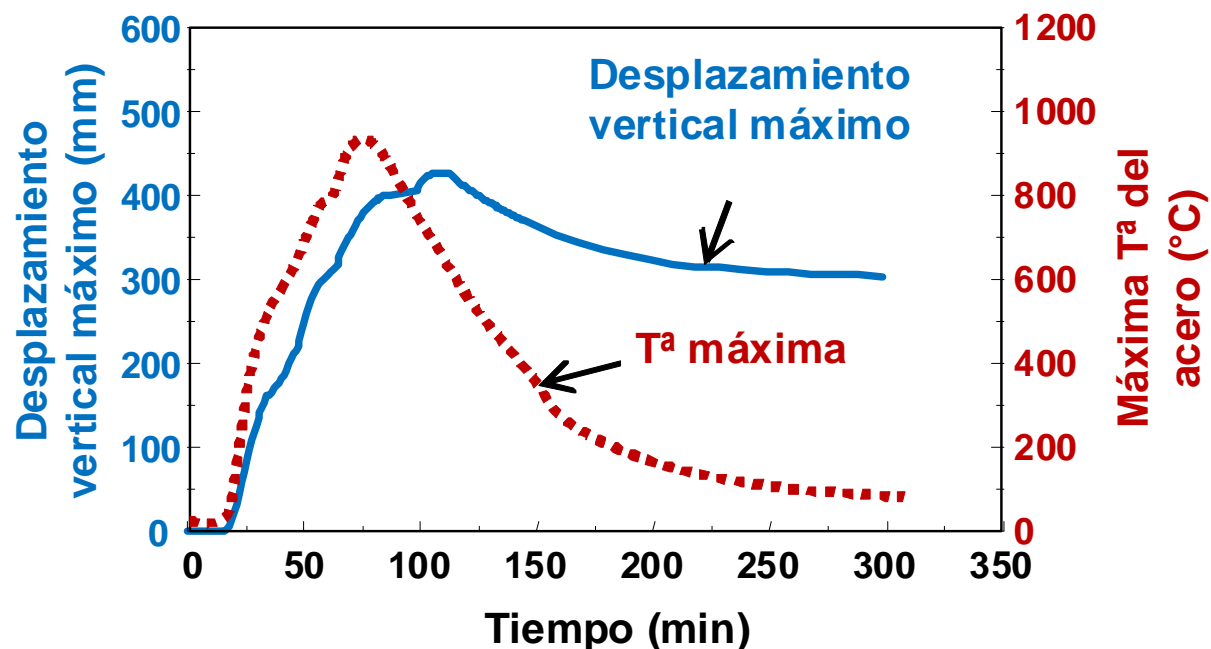
**Fuego durante el
ensayo**

**Forjado
deformado tras el
ensayo**





- Ensayo del sector de esquina: resultados experimentales



Ensayos de
fuego de
Cardington

Pruebas de
incendio
accidental

- Observación
 - Calentamiento máximo del acero ≈ 1014 °C
 - Flecha máxima del forjado ≈ 428 mm



Ensayos de fuego de Cardington



- **Ensayo del sector de esquina: estructura tras el ensayo**

Ensayos de
fuego de
Cardington

Pruebas de
incendio
accidental



Estado deformado de la parte
caliente del forjado colaborante



Estado deformado de los elementos de
acero alrededor de la columna de acero
protegida

- **Conclusión**
 - No hay signos de fallo global ni de flecha limitada del forjado a pesar del calentamiento significativo del acero



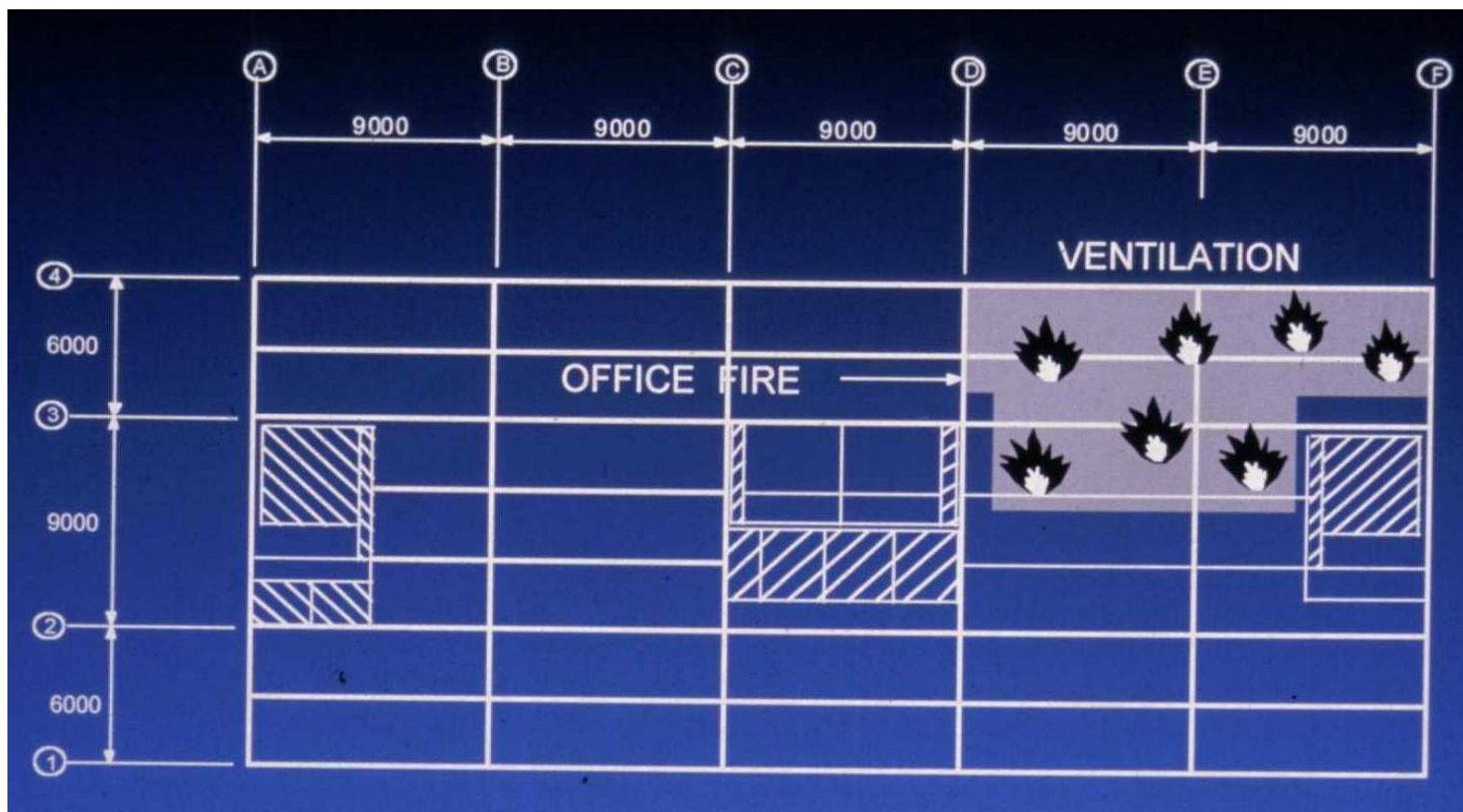
Ensayos de fuego de Cardington



- Ensayo de demostración (superficie superior a 130 m²)

Ensayos de
fuego de
Cardington

Pruebas de
incendio
accidental





- **Ensayo de demostración: configuración**

Ensayos de
fuego de
Cardington

Pruebas de
incendio
accidental



**Carga de fuego
con mobiliario de
oficina real**

**Aperturas con ventanas
de acristalamiento
normal**





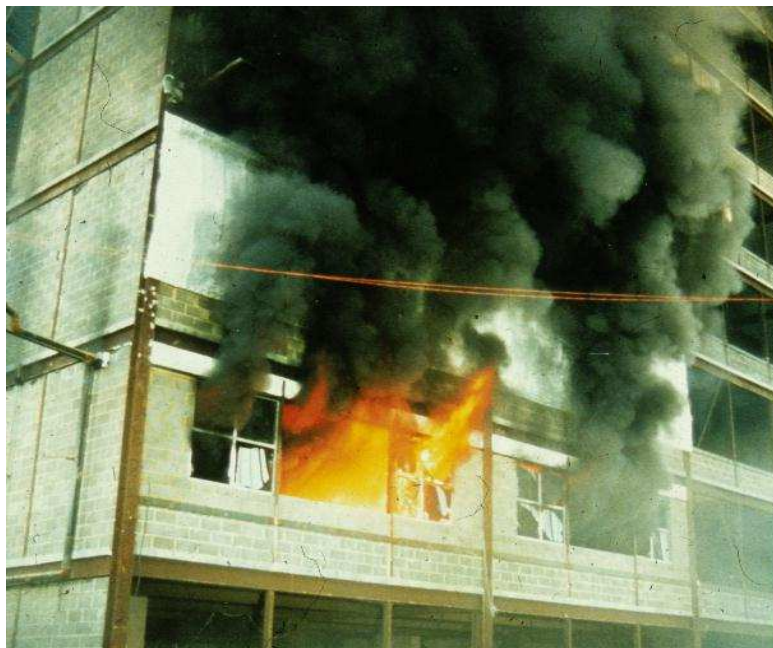
Ensayos de fuego de Cardington



- **Ensayo de demostración: resultados experimentales**

Ensayos de
fuego de
Cardington

Pruebas de
incendio
accidental



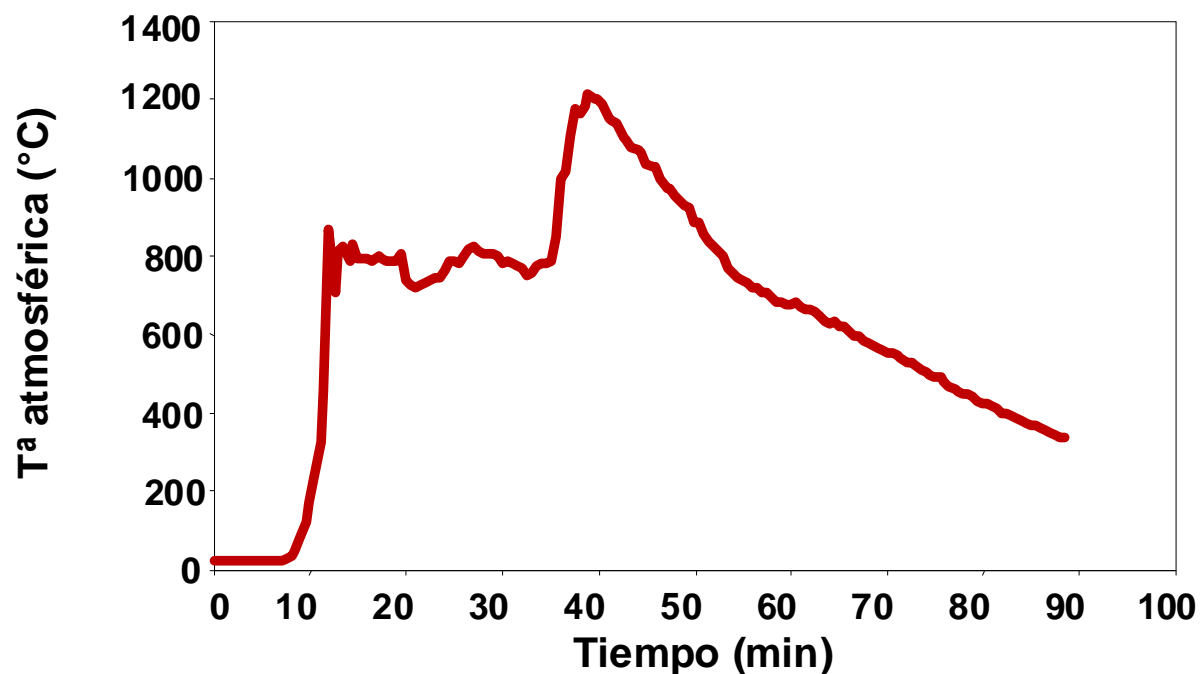
**Fase temprana del
incendio**

**Incendio de desarrollo
completo**





- **Ensayo de demostración: resultados experimentales**



- **Observación**

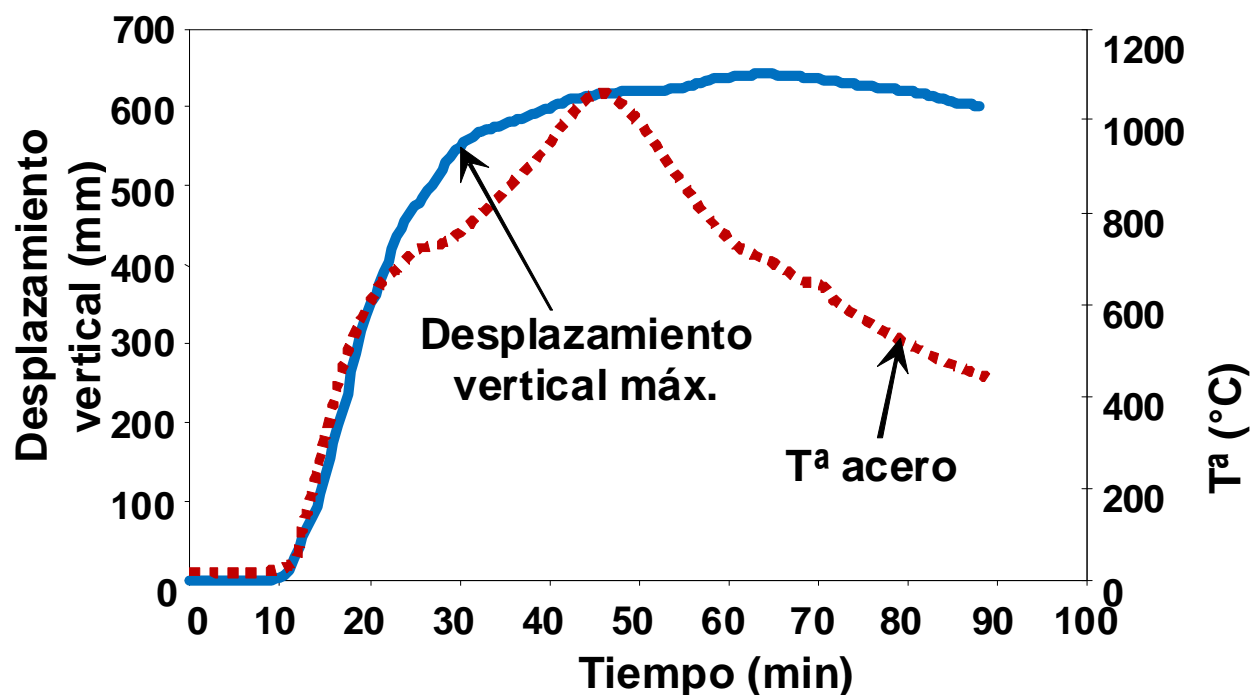
- Temperatura máxima del gas $\approx 1200\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Calentamiento máximo del acero $\approx 1150\text{ }^{\circ}\text{C}$

Ensayos de
fuego de
Cardington

Pruebas de
incendio
accidental



- **Ensayo de demostración: resultados experimentales**



Ensayos de
fuego de
Cardington

Pruebas de
incendio
accidental

- **Observación**

- Flecha importante del forjado ≈ 640 mm
- No se produce colapso del forjado



Ensayos de fuego de Cardington



- **Ensayo de demostración: estructura tras el ensayo**

Ensayos de
fuego de
Cardington

Pruebas de
incendio
accidental



Estado deformado de la parte
caliente del forjado colaborante



Estado deformado de los elementos de
acero alrededor de la columna de acero
protegida

- **Conclusión**
 - **No hay señal de fallo global del forjado a pesar del calentamiento significativo del acero y de la flecha del forjado**



Ensayos de fuego de Cardington



Ensayos de
fuego de
Cardington

Pruebas de
incendio
accidental

- **Otros ensayos frente al fuego**
 - **Ensayo de la segunda esquina**
 - **Ensayo de sector de incendios grande**
 - **Ensayo de sector de incendios central**



Ensayos de
fuego de
Cardington

Pruebas de
incendio
accidental

- **Observaciones generales**
 - Se realizaron gran cantidad de ensayos de incendios graves en este edificio de estructura de acero sin producirse colapso de la estructura global
 - **Se observó un mejor comportamiento frente al fuego que con ensayos de fuego estándar con elementos de acero aislados**
 - **Comportamiento global excelente de los forjados colaborantes, incluso si las vigas de acero se calientan por encima de los 1000 °C**
 - **Mejora sustancial de la resistencia al fuego del forjado colaborante gracias al efecto membrana inducido por una gran flecha**
 - Buena resistencia estructural del sistema de forjado colaborante ante un agrietamiento importante del hormigón



Incendios accidentales y otros ensayos de fuego



- **Incendio de Broadgate**

- Edificio de oficinas de 14 plantas con sistema de forjado colaborante
- Temperatura del fuego superior a 1000 °C
- Flecha importante del forjado (más de 600 mm) pero sin colapso alguno

Ensayos de
fuego de
Cardington

Pruebas de
incendio
accidental

