



Education and Culture DG

Lifelong Learning Programme
LEONARDO DA VINCI



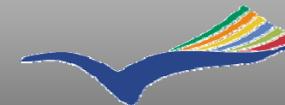
**Comportamiento frente al fuego de sistemas de forjado
colaborante de acero**

Investigación numérica del método de cálculo simplificado

Ene. 2011



Contenido de la presentación



- **Objetivos del estudio paramétrico**
- **Propiedades del estudio paramétrico**
 - Tamaño de red del forjado
 - Niveles de carga
 - Condiciones de unión ente forjado y columnas de acero
 - Grado de resistencia al fuego: R30, R60, R90 y R120
- **Análisis por elementos finitos**
 - Modelo numérico del panel de forjado
 - Propiedades termo-mecánicas de materiales empleados en AEF
- **Validación del modelo numérico**
 - Análisis térmicos
 - Análisis estructurales
- **Efecto de continuidad en el límite del panel**
- **Resultados del estudio paramétrico**
 - Flecha del forjado
 - Capacidad de elongación de las barras de armadura
- **Conclusión**



Objetivos del estudio paramétrico



Objetivos

Propiedades del estudio paramétrico

Análisis por elementos finitos

Validación del modelo numérico

Efecto de las condiciones de contorno

Resultados del estudio paramétrico

Conclusión

- **Antecedentes**

- Ensayo FRACOF de fuego estándar a gran escala

- Excelente comportamiento frente al fuego de los sistemas de forjado colaborante (con efecto tensil de membrana)
 - Máx θ del acero ≈ 1000 °C, duración del fuego > 120 min
 - Detalles de construcción en Francia
 - Flecha ≈ 450 mm

- **Objetivo**

- Comprobación del método de cálculo simplificado en todo su ámbito de aplicación total (usando modelos de cálculo avanzados)

- Límite de flecha del forjado
 - Elongación del acero de armadura



Objetivos

Propiedades del estudio paramétrico

Análisis por elementos finitos

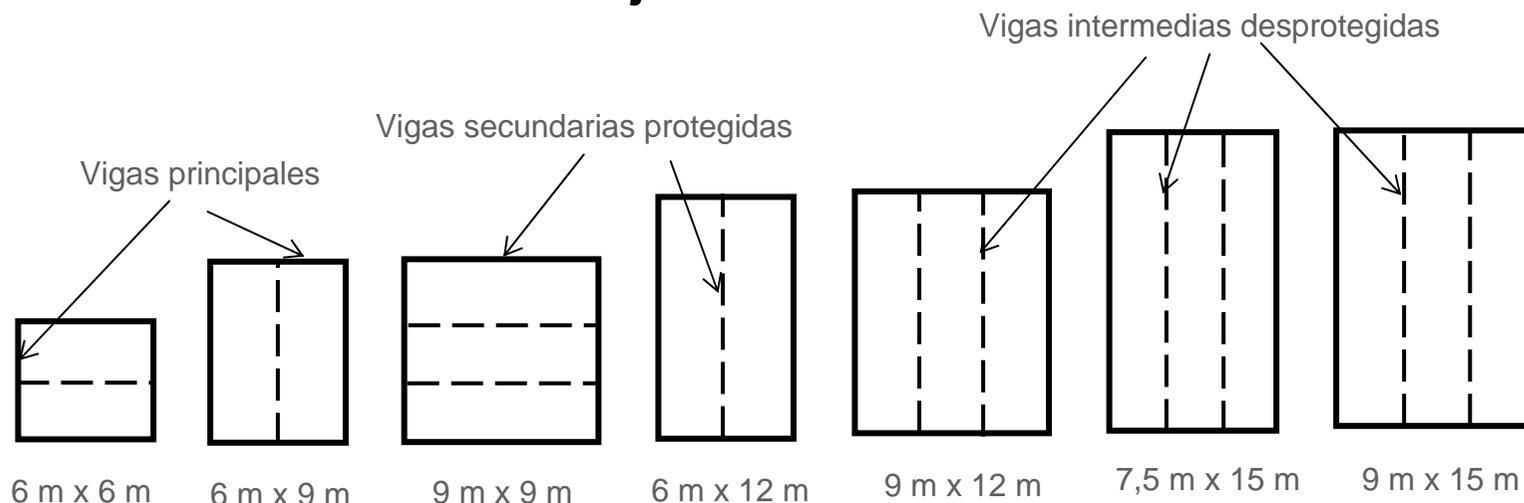
Validación del modelo numérico

Efecto de las condiciones de contorno

Resultados del estudio paramétrico

Conclusión

Tamaño de red del forjado



- **Niveles de carga**

Combinación de carga según EC0 en situación de fuego en edificios de oficinas:

G (Carga muerta) + 0,5 Q (Carga aplicada)

G= Peso propio + 1,25 kN/m²

Q= 2,5 & 5 kN/m²



Objetivos

Propiedades del estudio paramétrico

Análisis por elementos finitos

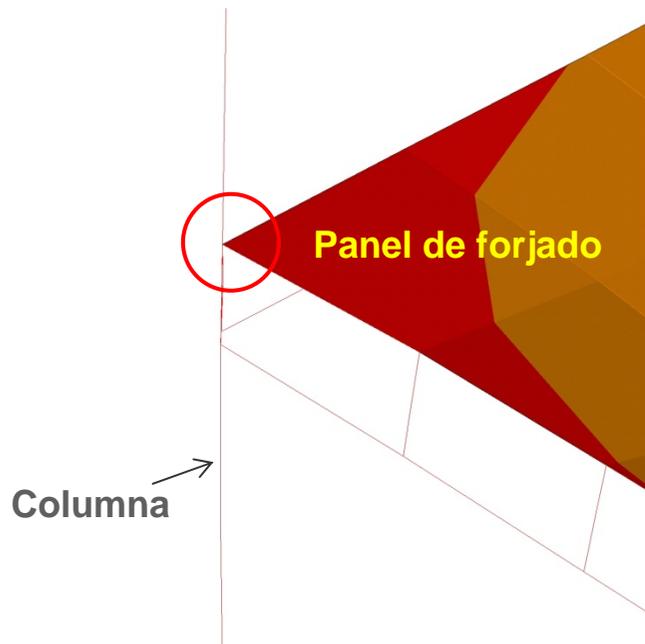
Validación del modelo numérico

Efecto de las condiciones de contorno

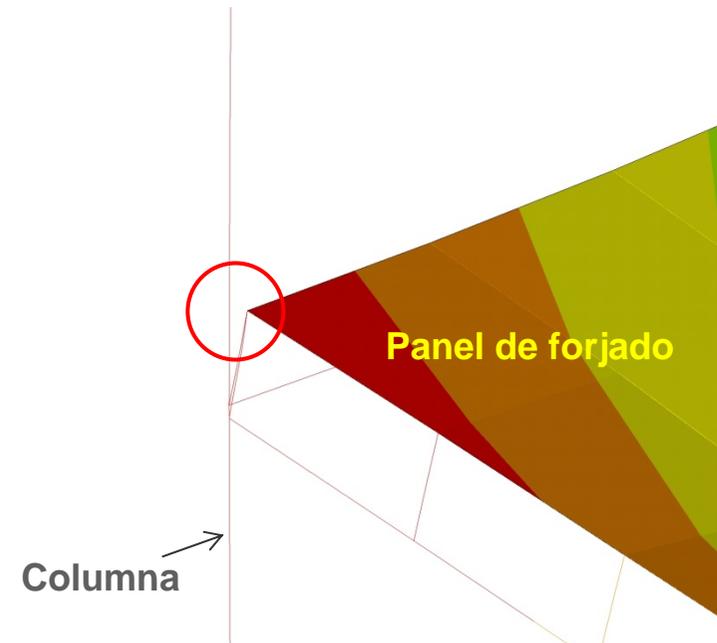
Resultados del estudio paramétrico

Conclusión

Condiciones de unión ente el forjado y las columnas de acero



Con unión mecánica entre forjado y columnas



Sin unión mecánica entre forjado y columnas

Objetivos



Propiedades del estudio paramétrico (3/3)



Propiedades del estudio paramétrico

Análisis por elementos finitos

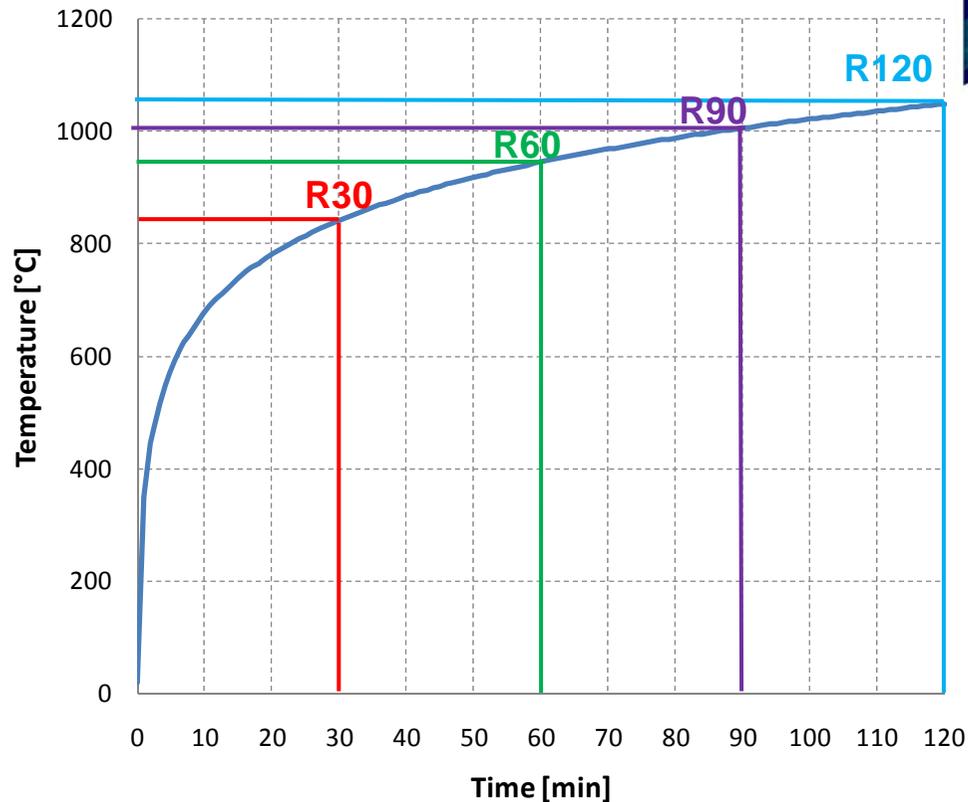
Validación del modelo numérico

Efecto de las condiciones de contorno

Resultados del estudio paramétrico

Conclusión

Grado de resistencia al fuego: R30, R60



Calentamiento de las vigas de contorno (Máx. 550 °C)



Modelo de elementos finitos



Objetivos

Propiedades del estudio paramétrico

Análisis por elementos finitos

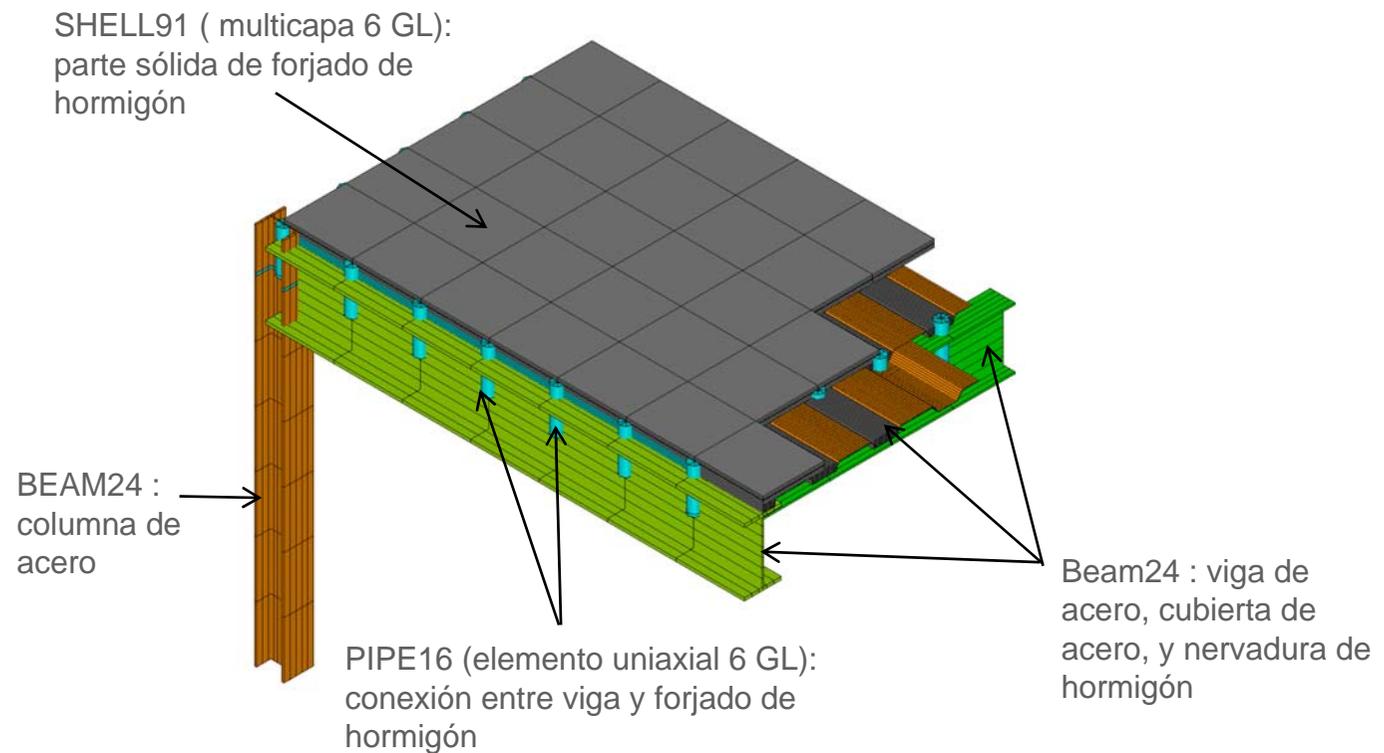
Validación del modelo numérico

Efecto de las condiciones de contorno

Resultados del estudio paramétrico

Conclusión

- **Modelo híbrido basado en varios tipos de elementos finitos con código computacional ANSYS**





Propiedades del panel de forjado



Objetivos

Propiedades del estudio paramétrico

Análisis por elementos finitos

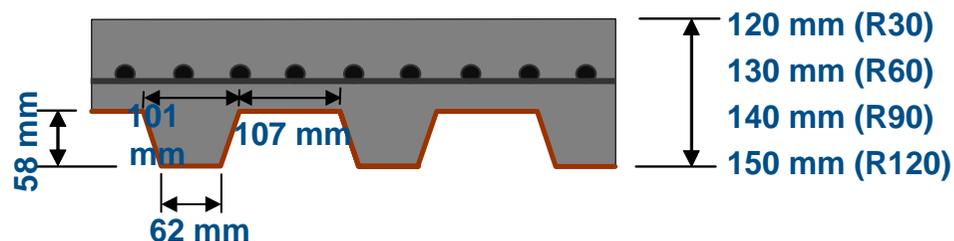
Validación del modelo numérico

Efecto de las condiciones de contorno

Resultados del estudio paramétrico

Conclusión

- **Vigas S235**
- **Cubierta de acero trapezoidal COFRAPLUS60 (0,75 mm de espesor)**
- **Hormigón de peso normal C30/37**
- **Malla de armadura S500**
- **Posición media de la malla (desde la parte superior) = 45 mm**





Objetivos

Propiedades del estudio paramétrico

Análisis por elementos finitos

Validación del modelo numérico

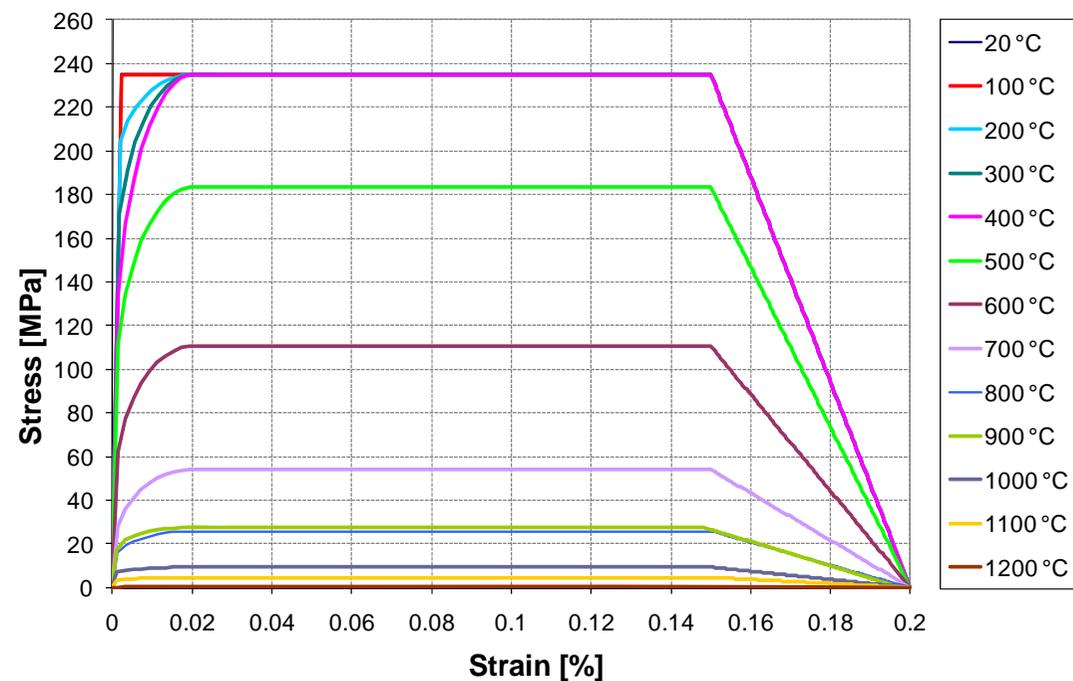
Efecto de las condiciones de contorno

Resultados del estudio paramétrico

Conclusión

- **Propiedades termo-mecánicas del acero:**

- Propiedades termo-mecánicas del EC4-1.2
- Masa unitaria independiente de la temperatura ($\rho_a = 7850 \text{ kg/m}^3$)
- Relaciones tensión-deformación:





Propiedades termo-mecánicas (2/2)



Objetivos

Propiedades del estudio paramétrico

Análisis por elementos finitos

Validación del modelo numérico

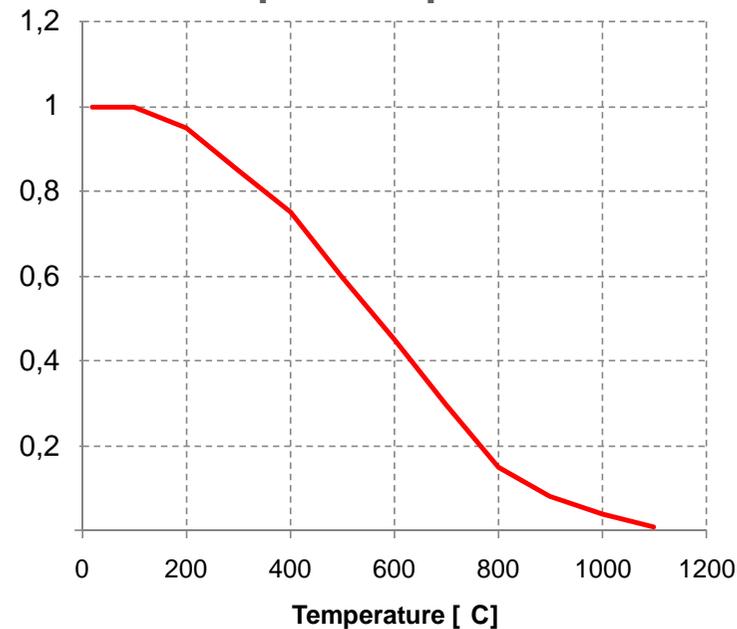
Efecto de las condiciones de contorno

Resultados del estudio paramétrico

Conclusión

- **Propiedades termo-mecánicas del hormigón:**

- Propiedades termo-mecánicas del EC4-1.2
- Masa unitaria en función de la temperatura según EC4-1.2
- Criterio de fluencia de Drucker-Prager
- Factores de reducción por compresión de EC4-1.2:



Objetivos

Propiedades del estudio paramétrico

Análisis por elementos finitos

Validación del modelo numérico

Efecto de las condiciones de contorno

Resultados del estudio paramétrico

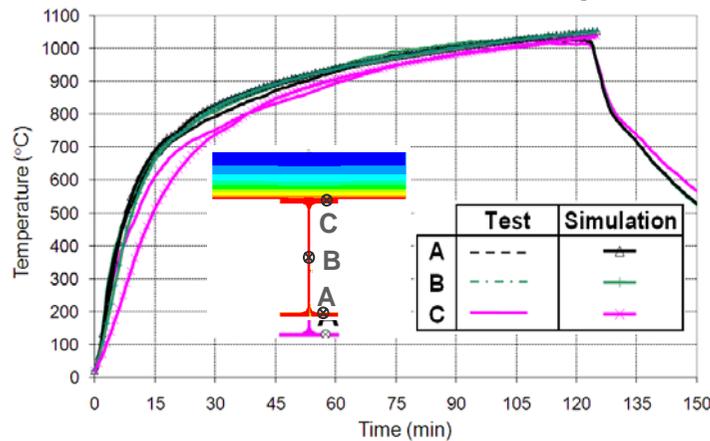
Conclusión



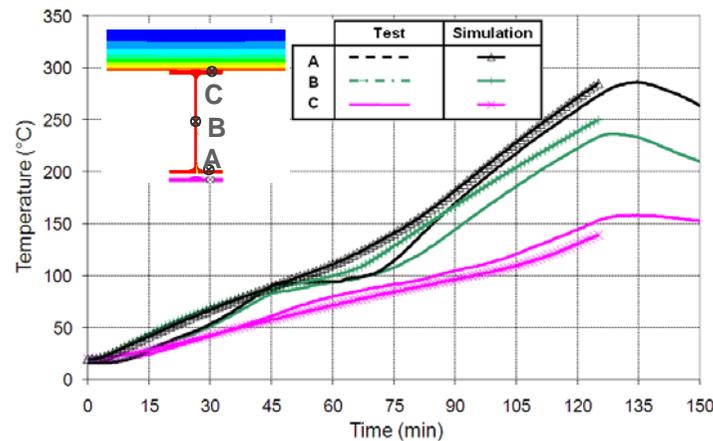
Validación del modelo numérico (1/2)



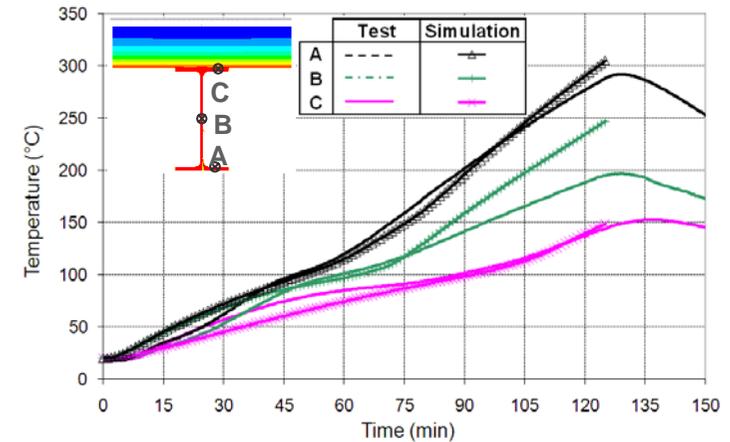
- **Comparación con el ensayo frente al fuego (análisis de transferencia de calor)**



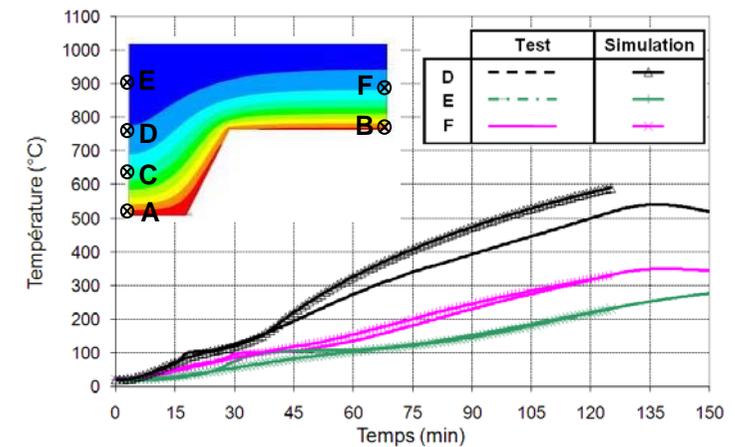
Vigas de acero desprotegidas



Vigas principales protegidas



Vigas secundarias protegidas



Forjado colaborante

Objetivos

Propiedades del estudio paramétrico

Análisis por elementos finitos

Validación del modelo numérico

Efecto de las condiciones de contorno

Resultados del estudio paramétrico

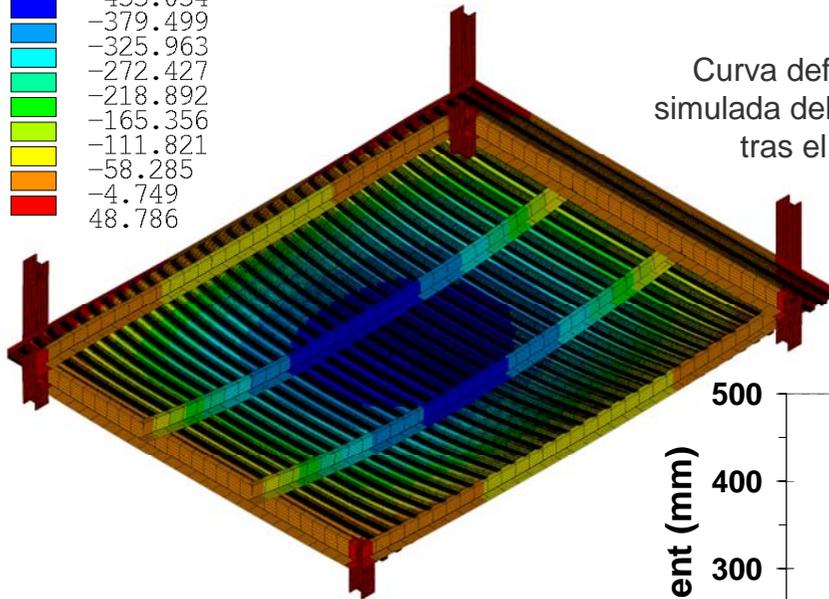
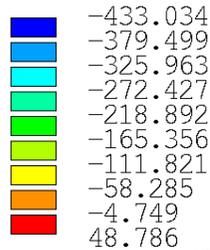
Conclusión



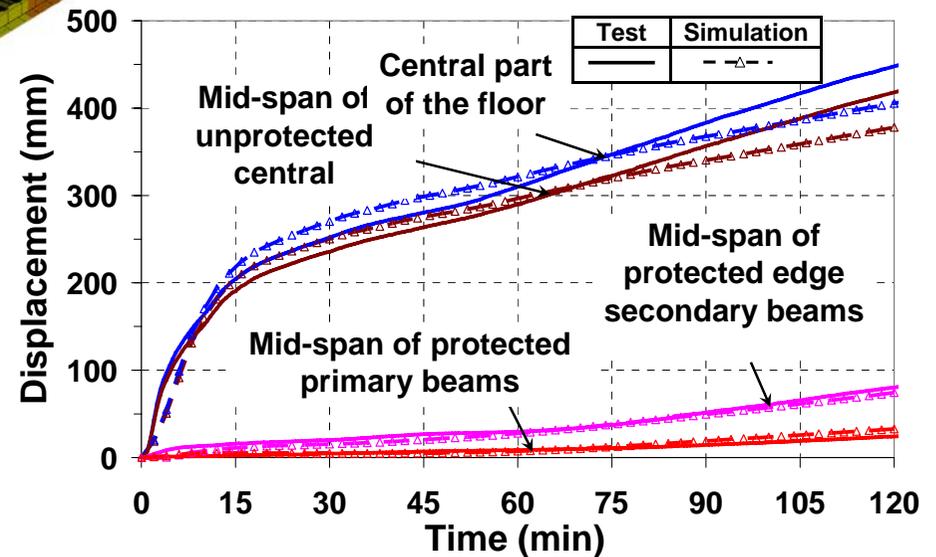
Validación del modelo numérico (2/2)



• Comparación con el ensayo frente al fuego (flecha)



Curva deformada simulada del forjado tras el ensayo



Comparación de la flecha (forjado y vigas)



Efecto de las condiciones de contorno



Objetivos

Propiedades del estudio paramétrico

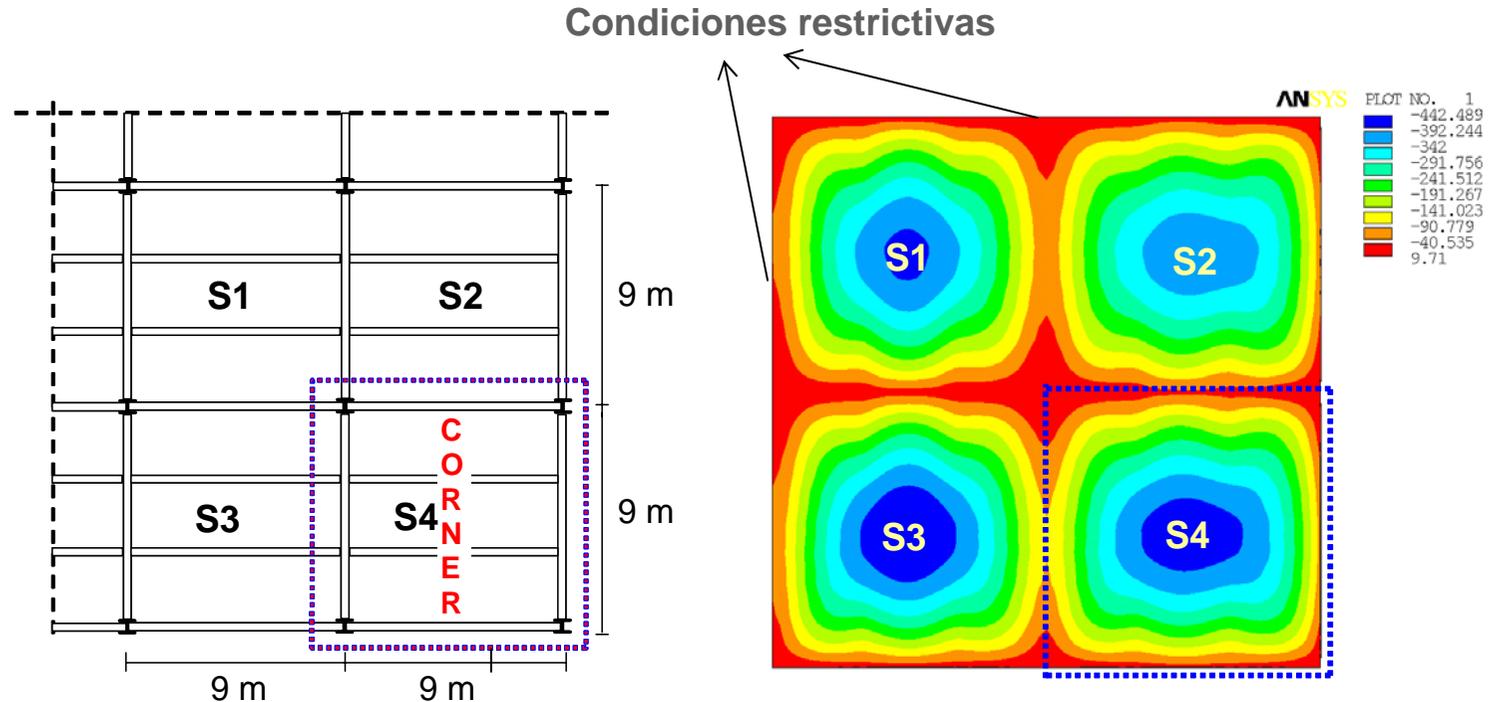
Análisis por elementos finitos

Validación del modelo numérico

Efecto de las condiciones de contorno

Resultados del estudio paramétrico

Conclusión



Red estructural de un edificio real

Modelo ANSYS

- **Conclusión**

- Predicción de una flecha más importante en la red de la esquina, con 2 bordes continuos, más que en otras 3 redes con 3 ó 4 bordes continuos.

Objetivos

Propiedades del estudio paramétrico

Análisis por elementos finitos

Validación del modelo numérico

Efecto de las condiciones de contorno

Resultados del estudio paramétrico

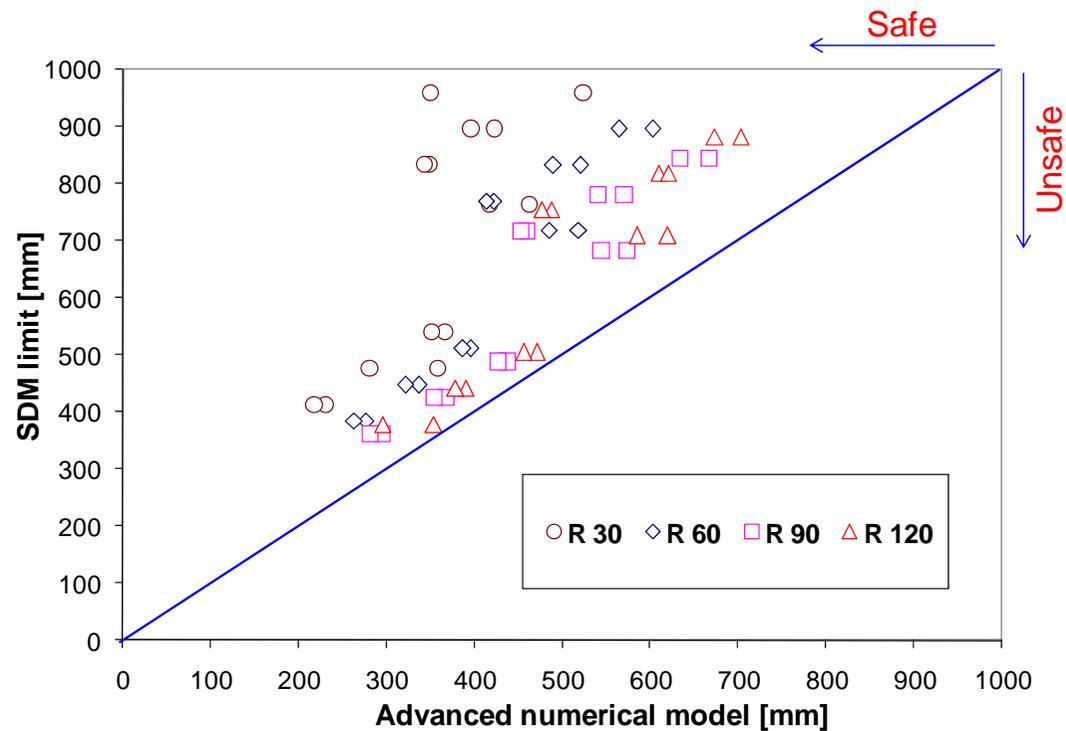
Conclusión



Propiedades del estudio paramétrico (1/4)



- **Comparación de la flecha de AEF con la flecha máxima admisible según el MCS (método de cálculo simplificado)**



Con unión mecánica entre forjado y columnas en cálculos avanzados

Objetivos



Propiedades del estudio paramétrico (2/4)



Propiedades del estudio paramétrico

- **Comparación de la flecha de AEF con la flecha máxima admisible según el MCS (método de cálculo simplificado)**

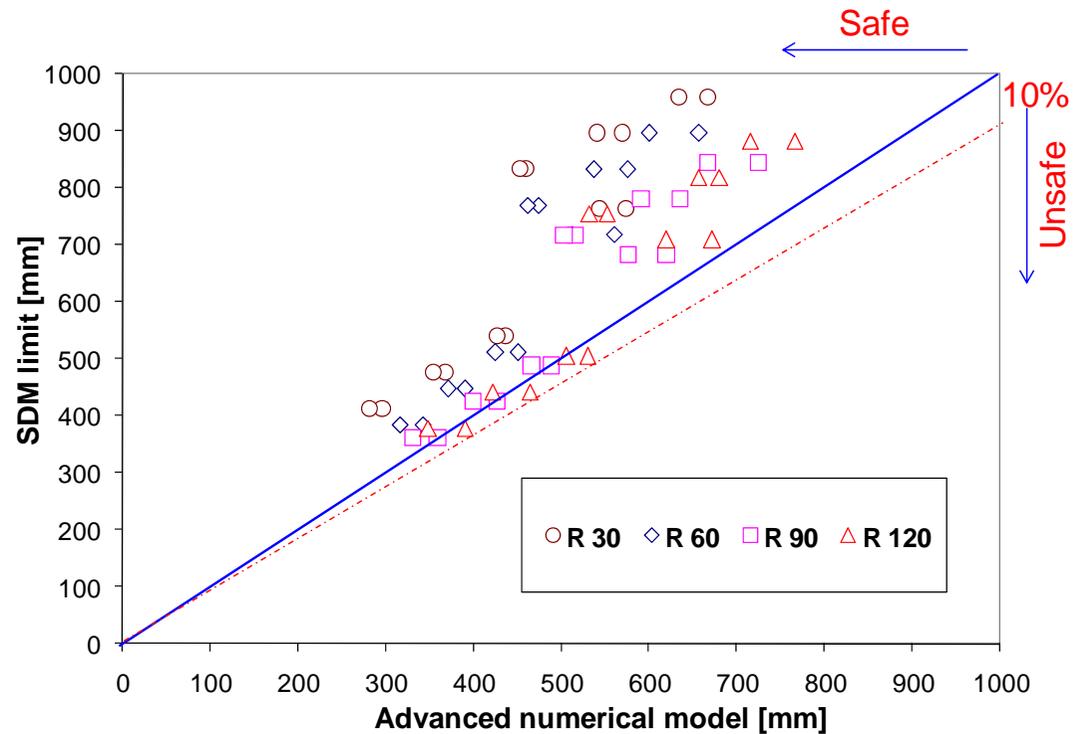
Análisis por elementos finitos

Validación del modelo numérico

Efecto de las condiciones de contorno

Resultados del estudio paramétrico

Conclusión



Sin unión mecánica entre forjado y columnas en cálculos avanzados

Objetivos

Propiedades del estudio paramétrico

Análisis por elementos finitos

Validación del modelo numérico

Efecto de las condiciones de contorno

Resultados del estudio paramétrico

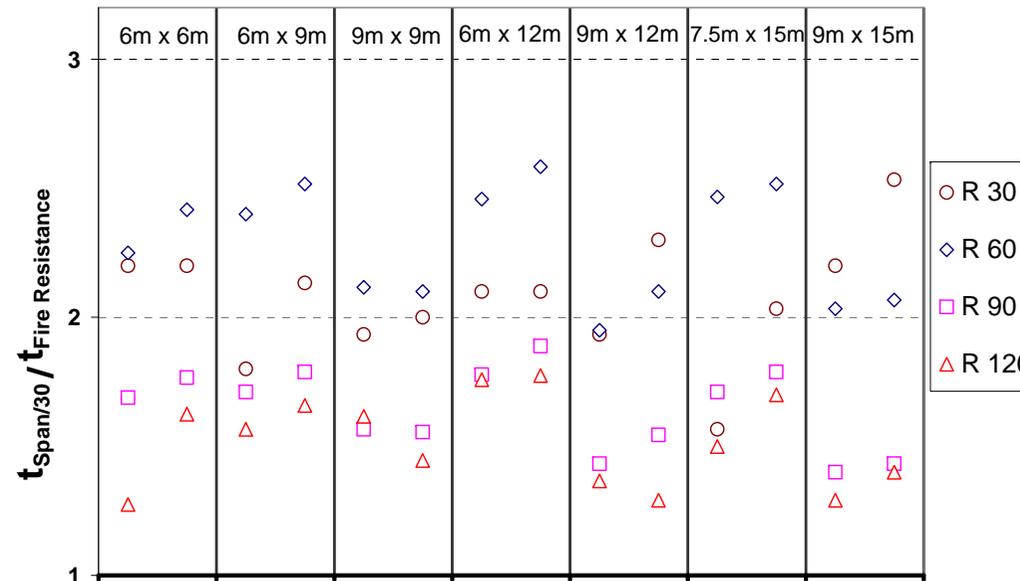
Conclusión



Propiedades del estudio paramétrico (3/4)



- **Comparación del tiempo en el que la flecha de AEF alcanza la luz 30 con la resistencia al fuego según el MCS (método de cálculo simplificado)**



- **Conclusión**
 - No se alcanza el criterio de luz 30 en AEF en el tiempo de resistencia frente el fuego según la predicción del MCS

Objetivos



Propiedades del estudio paramétrico (4/4)



Propiedades del estudio paramétrico

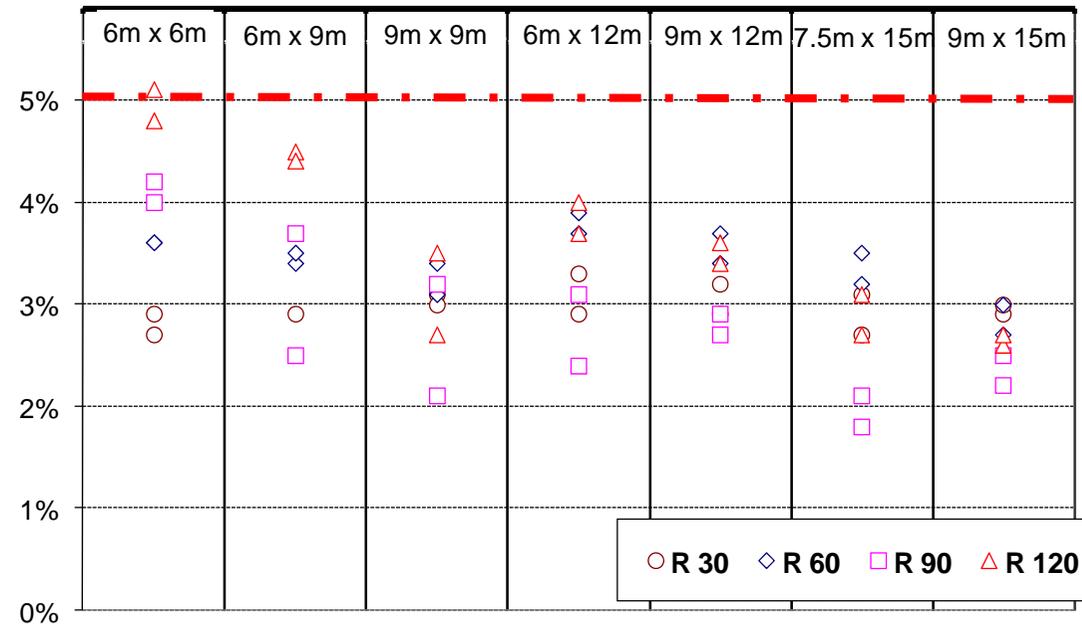
- **Capacidad de elongación de las barras de armadura**

Análisis por elementos finitos

Validación del modelo numérico

Efecto de las condiciones de contorno

Deformación mecánica máx. del acero de armadura



Resultados del estudio paramétrico

- **Conclusión**

- **Elongación del acero de armadura $< 5\%$ = capacidad mínima de elongación admisible según EC4-1.2.**

Conclusión



Conclusión



Objetivos

Propiedades del estudio paramétrico

Análisis por elementos finitos

Validación del modelo numérico

Efecto de las condiciones de contorno

Resultados del estudio paramétrico

Conclusión

- **El método de cálculo simplificado - MCS resulta seguro en vista de los resultados del cálculo avanzado**
- **Con respecto a la elongación de la malla de acero de armadura, por regla general permanece por debajo del 5 %.**
- **Las uniones mecánicas entre el forjado y las columnas pueden reducir la flecha de un sistema de forjado colaborante en una situación de incendio, pero no son necesarias como detalle de construcción.**
- **El MCS es capaz de predecir con seguridad el comportamiento estructural del forjado colaborante de acero y hormigón sometido a un fuego estándar.**