

# Influencia del uso de métodos simplificados de temperatura en la resistencia de la conexión perno

**Yisel Larrua Pardo**

correo electrónico: yisel.larrua@reduc.edu.cu

Facultad de Construcciones, Universidad de Camagüey, Camagüey, Cuba

Artículo Original

**Rafael Larrua Quevedo**

correo electrónico: rafael.larrua@reduc.edu.cu

rafaellarrua57@gmail.com

Facultad de Construcciones, Universidad de Camagüey, Camagüey, Cuba

**Valdir Pignatta Silva**

correo electrónico: valpigss@usp.br

Escuela Politécnica de la Universidad de São Paulo (EPUSP), São Paulo, Brasil

## Resumen

En este trabajo se evalúa el impacto de la utilización de los métodos simplificados de determinación de la evolución de las temperaturas en la resistencia de la conexión tipo perno a elevadas temperaturas, en vigas compuestas de acero y hormigón sin revestimiento y con revestimiento contra incendio. Para esto se realizan comparaciones entre la resistencia de la conexión tipo perno cuando se determina la temperatura en el ala superior del perfil por el método simplificado y la obtenida mediante la utilización del método de elementos finitos. Se pudo demostrar que cuando se determina la temperatura en el ala del perfil por el método simplificado y el ala superior del perfil de la sección compuesta presenta un factor de masividad elevado, se subestima en gran medida la resistencia de la conexión lo cual se hace más marcado cuando en las expresiones de diseño predomina el fallo del conector.

Palabras claves: método simplificado de temperatura, vigas compuestas, método de los elementos finitos, incendio, conexión tipo perno

Recibido: 4 de marzo del 2015      Aprobado: 3 de octubre del 2015

## INTRODUCCIÓN

Los métodos analíticos simplificados de determinación de la evolución de las temperaturas en situación de incendio son los que generalmente están incorporados en las normativas, debido a que son de fácil y rápida aplicación, y por lo tanto facilitan la labor de los profesionales encargados del diseño de estructuras.

En los métodos simplificados la temperatura es considerada uniforme en todo el volumen del elemento estructural. La distribución uniforme de temperaturas en elementos aislados de estructuras metálicas es una práctica que representa muy bien la realidad, pero cuando se considera la sección compuesta, donde el elemento de acero se encuentra en contacto con la losa de hormigón, el uso de los métodos simplificados favorece la seguridad de forma exagerada y es necesario cuantificar el grado de

sobredimensionamiento que la simplificación causa sobre la estructura real [1].

La modelación numérica es una herramienta ampliamente utilizada hasta la fecha en la solución de problemas de ingeniería estructural en situación de incendio. Los métodos numéricos son seguros y económicos en función de lo precisa que sean las modelaciones del incendio y de la estructura, ya sea revestida o no. Dependen de programas de cómputo y se plantea que son los que dominarán el proyecto en el futuro [1]. A su vez, numerosos estudios previos demuestran la eficacia del software Super Tempcalc (Temperature Calculation and Design v.5) desarrollado por FSD (Fire Safety Design, Suecia) en la modelación de problemas de transferencia de calor en ingeniería estructural [2-8]. Este programa pertenece a la familia de las aplicaciones de modelación bidimensional basadas en el método de los elementos finitos.

El objetivo de este trabajo es evaluar el impacto de la utilización de los métodos simplificados de obtención de temperatura en la resistencia de la conexión tipo perno a elevadas temperaturas, en secciones compuestas de viga y losa maciza sin revestimiento y con revestimiento contra incendio. Para esto se realizan comparaciones entre la resistencia de la conexión tipo perno cuando se determina la temperatura en el ala superior del perfil por métodos simplificados y la obtenida mediante la utilización del método de elementos finitos a partir de resultados numéricos generados por el programa Super Tempcalc.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Método de diseño para conectores tipo perno en situación de incendio

En la normatividad internacional el único método de diseño disponible para conexiones en situación de incendio es el ofrecido por el Eurocódigo 4 parte 1-2 (EN 1994-1-2) [9], donde la resistencia de la conexión tipo perno en condiciones de incendio se define por el menor de los siguientes valores:

$$P_{fi,Rd} = 0,8 \cdot k_{u,\theta} \cdot P_{Rd} \quad (1)$$

$$P_{fi,Rd} = k_{c,\theta} \cdot P_{Rd} \quad (2)$$

donde:

$P_{Rd}$ : Resistencia a temperatura ambiente y se obtiene del Eurocódigo 4 parte 1-1 [10].

$K_c$ : Factor de reducción de la resistencia a compresión del hormigón a elevadas temperaturas, que es función de la temperatura en el hormigón ( $\theta_c$ ) determinada a partir de la temperatura del ala ( $\theta_f$ ), según las relaciones  $\theta_f$  expresadas en porcentajes.

$K_u$ : Factor de reducción de la resistencia del acero a elevadas temperaturas, que es función de la temperatura en el conector ( $\theta_s$ ) determinada a partir de la temperatura del ala ( $\theta_f$ ), según las relaciones  $\theta_f$  expresadas en porcentajes.

EN 1994-1-2 [9] adopta como temperaturas del acero del conector y del hormigón de la losa, el 80 % y el 40 % de la temperatura del ala superior de la viga de acero, respectivamente. En consecuencia, es importante evaluar el efecto que tiene en la resistencia de la conexión, utilizar métodos simplificados para obtener la temperatura en la sección de acero, específicamente en el ala superior del perfil.

Investigaciones anteriores [2, 3, 4] demuestran que los porcentajes propuestos por EN 1994-1-2 [9] para determinar la temperatura en el hormigón y el conector a partir de la temperatura en el ala superior del perfil no son válidos para todas las situaciones de diseño dentro del alcance del código. Por tal motivo Larrua Y., Larrua R. y Silva [4] determinan nuevos porcentajes que consideran temperaturas en el concreto definidas a través del análisis térmico. A tal efecto, para perfeccionar los porcentajes de

temperatura a ser considerados en el diseño se evalúa la influencia de la altura del conector, del nivel en el que se determina la temperatura promedio en el hormigón y de la presencia de revestimiento contra incendio.

### Método simplificado para obtener la evolución de las temperaturas en secciones de acero

A partir de la curva temperatura-tiempo de los gases calientes [11] se puede determinar la temperatura en el elemento estructural por medio de expresiones de transferencia de calor. En la literatura internacional se establecen diferentes expresiones de transferencia de calor tanto para elementos de acero sin revestimiento, como revestidos [9, 12, 13]. Aunque hay algunas diferencias en las formulaciones establecidas en los distintos códigos [14] los resultados son similares, como quedó demostrado por Cachón [15]. En la figura 1 se puede apreciar que el resultado obtenido por la expresión de la Norma Brasileña [13] se superpone con la temperatura determinada por el método simplificado del Eurocódigo 4 [9], y están relativamente cercanas a los resultados obtenidos a partir de métodos experimentales.

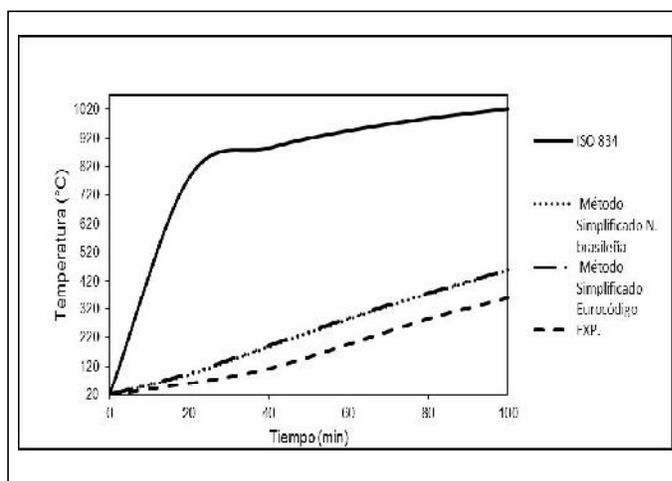


Fig. 1. Variación de la temperatura en función del tiempo en el ala superior del perfil HA 300 AA.

A continuación se presentan como ejemplo los métodos simplificados para el cálculo de la evolución de las temperaturas en vigas sin revestimiento contra incendio y en vigas revestidas de EN 1994-1-2 [9], los cuales son más difundidos internacionalmente.

En estos métodos, cuando la viga compuesta posee un perfil de alma llena, sin revestimiento contra fuego o con revestimiento tipo contorno, como es el caso de estudio, la distribución de temperatura en el perfil debe ser tomada como no uniforme, la sección transversal del perfil se divide en tres partes (ala inferior, alma y ala superior), y se considera que no existe transferencia de calor entre esas partes y ni entre el ala superior y la losa de hormigón.

Para una sección de acero no protegida el incremento de temperatura  $\theta_{a,t}$  en un intervalo de tiempo  $t$  (no

mayor que 5 segundos) se determina por la cantidad neta de calor que adquiere durante ese tiempo:

$$\Delta\theta_{a,t} = k_{shadow} \left( \frac{1}{c_a \rho_a} \right) \left( \frac{A_i}{V_i} \right) h_{net} \Delta t \quad (^\circ\text{C}) \quad (3)$$

donde:

$K_{shadow}$ : Factor de corrección para el efecto de sombreado.

$c_a$ : Calor específico del acero (J/k $^\circ$ C).

$\rho_a$ : Masa específica del acero (kg/m $^3$ ).

$A_i/V_i$ : Factor de masividad para elementos estructurales de acero sin revestimiento contra fuego (m $^{-1}$ ).

$h_{net}^*$ : Valor del flujo de calor por unidad de área (W/m $^2$ ).

$t$ : Intervalo de tiempo (s).

El valor de  $h_{net}^*$  es dado por:

$$h_{net}^* = h_{net,c}^* + h_{net,r}^* \quad (\text{W/m}^2) \quad (4)$$

Con

$$h_{net,c}^* = \alpha_c (\theta_t - \theta_{a,t}) \quad (\text{W/m}^2) \quad (5)$$

Y

$$h_{net,r}^* = \varepsilon_m \varepsilon_f (5,76 \cdot 10^{-8}) \left[ (\theta_t + 273)^4 - (\theta_{a,t} + 273)^4 \right] \quad (\text{W/m}^2) \quad (6)$$

donde:

$h_{net,c}^*$ : Componente del flujo de calor debido a la convección (W/m $^2$ ).

$h_{net,r}^*$ : Componente del flujo de calor debido a la radiación (W/m $^2$ ).

$\alpha_c$ : Coeficiente de transferencia de calor por convección, pudiendo ser tomado, para efectos prácticos, igual a 25 W/m $^2$   $^\circ$ C en el caso de exposición al incendio patrón, o 35 W/m $^2$   $^\circ$ C para otros tipos de exposición al fuego.

$\theta_t$ : Temperatura de los gases ( $^\circ$ C).

$\theta_{a,t}$ : Temperatura en la superficie del acero en el tiempo t ( $^\circ$ C).

$\varepsilon_m$ : Emisividad relacionada con la superficie del material, pudiendo ser tomada para efectos prácticos igual a 0,7.

$\varepsilon_f$ : Emisividad relacionada con el comportamiento del fuego, pudiendo ser tomada para efectos prácticos igual a 0,8.

Para las vigas con revestimiento contra incendio el cálculo del aumento de la temperatura  $\theta_{a,t}$  en el acero para un incremento de tiempo  $t$  (de hasta 30 segundos) está relacionado con el balance entre la conducción de calor desde la superficie expuesta y el calor almacenado en la capa aislante y en la sección de acero:

$$\Delta\theta_{a,t} = \left[ \left( \frac{\lambda_p / d_p}{c_a \rho_a} \right) \left( \frac{A_{p,i}}{V_i} \right) \left( \frac{1}{1 + \omega / 3} \right) (\theta_t - \theta_{a,t}) \Delta t \right] - \left[ (e^{\omega/10} - 1) \Delta\theta_t \right] \quad (^\circ\text{C}) \quad 7$$

Con

$$\omega = \left( \frac{c_p \rho_p}{c_a \rho_a} \right) d_p \left( \frac{A_{p,i}}{V_i} \right) \quad (8)$$

donde:

$\lambda_p$ : Conductividad térmica del material de revestimiento contra fuego (W/m $^\circ$ C).

$d_p$ : Espesor del material de revestimiento contra fuego (m).

$A_{p,i}/V_i$ : Factor de masividad para elementos estructurales de acero con material de revestimiento contra fuego (m $^{-1}$ ).

$c_p$ : Calor específico del material de revestimiento contra fuego (J/kg $^\circ$ C).

$\rho_p$ : Masa específica del material de revestimiento contra fuego (kg/m $^3$ ).

$\theta_t$ : Incremento de la temperatura de los gases en el intervalo de tiempo  $t$  ( $^\circ$ C).

$t$ : Intervalo de tiempo (s).

Cuando la viga es compuesta posee un perfil de alma llena, sin revestimiento contra fuego o con revestimiento tipo contorno En las expresiones para calcular la evolución de las temperaturas en vigas sin revestimiento contra incendio y vigas revestidas se puede observar la importancia que tiene el factor de masividad ( $A_i/V_i$  o  $A_{p,i}/V_i$ ). Mientras mayor sea el valor del factor de masividad más esbelto térmicamente será el elemento estructural y consecuentemente alcanzará mayores temperaturas en el tiempo [1].

En el caso de la viga compuesta, la losa de hormigón y los conectores de cortante soldados al ala superior de la viga de acero absorben calor y provocan la reducción de sus temperaturas, lo que es conocido como efecto sumidero [3]. Es reconocido [1] que aunque la literatura técnica internacional [9, 12, 13] propone métodos alternativos para determinar el factor de masividad para los casos donde el acero está en contacto con elementos robustos, tales alternativas no cubren todas las situaciones de la construcción civil y los resultados generalmente están a favor de la seguridad por lo que la mejor solución para estos casos está en los métodos numéricos.

### Modelación numérica

Tanto para la modelación de las acciones térmicas como de las propiedades térmicas de los materiales, se consideran como referencia importante las consideraciones del Eurocódigo 1 Parte 1-2 (EN 1991-1-2) [16] y EN 1994-1-2 [9] con la intención de desarrollar modelos universales basados en propiedades normativas, factibles de ser utilizados creativamente en el estudio de diversas situaciones de diseño afines.

En la concepción de la modelación desarrollada, las partes expuestas de la sección se consideran sometidas al fuego estándar ISO 834 [11], en tanto en las partes no expuestas se considera la acción de la temperatura ambiente de 20 $^\circ$ C. El flujo neto de calor se estima como la suma del flujo neto por convección, controlado por el coeficiente de convección, y el flujo neto por radiación, controlado por la emisividad del material resultante y la emisividad del fuego.

En la modelación de la geometría el dominio es coincidente con la sección transversal del espécimen *push-out* y se incluye cuando procede, el material de revestimiento contra incendio. Debido a que la sección transversal de los especímenes está compuesta por geometrías rectangulares, la malla se generó con elementos rectangulares de cuatro nodos. La definición de las condiciones de frontera incluye el contorno sobre el que se considera actuando el fuego estándar, así como el contorno de la región no expuesta.

### Influencia del uso de métodos simplificados de obtención de temperatura en la resistencia de la conexión tipo perno en situación de incendio

Para el análisis de la influencia del uso de métodos simplificados en la resistencia de la conexión tipo perno en situación de incendio se seleccionaron seis perfiles con distintos factores de masividad para estudiar las diferencias que existen entre las temperaturas obtenidas en el ala superior del perfil por el método simplificado y por el método de elementos finitos.

Los perfiles y su factor de masividad se muestran en la tabla 1.

Tabla 1 Perfiles seleccionados para la comparación en la obtención de temperatura por método simplificado y métodos de elementos finitos	
Perfil	Factor de masividad del ala superior del perfil ( $m^{-1}$ )
W 360 x 410 x 59	20,76
HE 240 M	39,31
HE 280 B	62,70
W 200 x 200 x 59	80,18
HE 300 AA	101,90
IPE A 300	122,03

Luego se procede a determinar la influencia en la resistencia de la conexión tipo perno cuando se determina la temperatura en el ala del perfil por el método simplificado y cuando se utilizan modelos numéricos.

Las variables consideradas en el cálculo de la resistencia de la conexión y sus niveles se muestran en la tabla 2. En el caso de las vigas con revestimiento contra incendio se toma en cuenta un espesor de revestimiento de 25 mm y un valor de conductividad igual a 0,2 W/mK.

Tabla 2 Variables analizadas en el cálculo de la resistencia de la conexión a elevadas temperaturas		
Variabes	Niveles	
Diámetro del conector (d)	16 mm	19 mm
Altura del conector ( $h_{sc}$ )	50 mm	100 mm
Resistencia a compresión del hormigón ( $f'_c$ )	20 MPa	40 MPa
Resistencia del acero ( $f'_u$ )	415 MPa	500 MPa

Se calcula la resistencia de la conexión para todos los casos estudiados y se grafican los resultados de resistencia en función del tiempo de exposición al fuego.

## RESULTADOS

La figura 2 muestra cuatro gráficos de temperatura contra tiempo de exposición al fuego, en vigas con revestimiento contra incendio. Se puede apreciar que en los perfiles que presentan mayor factor de masividad las diferencias en las temperaturas obtenidas por el método simplificado y por método de los elementos finitos son mayores.

En la figura 3 se muestran dos gráficos de temperatura en función del factor de masividad del ala superior de los perfiles estudiados, uno de vigas sin revestimiento contra incendio para un tiempo de exposición al fuego de 30 min., y el otro de vigas con revestimiento contra incendio para un tiempo de exposición al fuego de 120 min.

En los gráficos se puede observar cómo la temperatura determinada por los métodos simplificados depende en gran medida del factor de masividad. Sin embargo, se puede apreciar que no existe tal dependencia cuando se determina la temperatura en el perfil por el método de los elementos finitos. Esto explica por qué existen grandes diferencias entre las temperaturas determinadas por los dos métodos en los perfiles con mayores factores de masividad del ala superior.

Es por esta razón que la evaluación del impacto en la resistencia de la conexión tipo perno del uso de métodos simplificados para determinar la temperatura en el perfil se realiza para los perfiles W 200 x 200 x 59, HE 300 AA y el IPE A 300 que son, de los perfiles estudiados, los que tienen mayor factor de masividad.

Para el cálculo de la resistencia de la conexión tipo perno en situación de incendio se utilizan las expresiones (1) y (2) de EN 1994 1-2 [9] pero considerando las propuestas de nuevos porcentaje para determinar la temperatura en los componentes de la conexión de Larrua Y., Larrua R. y Silva [4].

En la figura 4 se puede observar que para los perfiles con factor de masividad elevado, los valores de resistencia a altas temperaturas ( $P_{fi,Rd}$ ) obtenidos cuando se determina la temperatura en el ala del perfil por el método simplificado, son siempre menores que cuando se utiliza el método de elementos finitos, diferencia se acrecienta mientras mayor es el factor de masividad.

En la figura 5 se muestra un gráfico con la relaciones entre la resistencias a elevadas temperaturas ( $P_{fi,Rd}$ ) cuando se obtiene la temperatura en el ala superior del perfil por el método simplificado y por el método de los elementos finitos para las dos alternativas estudiadas, vigas sin revestimiento contra incendio (a 30 min.) y vigas revestidas (a 120 min.).

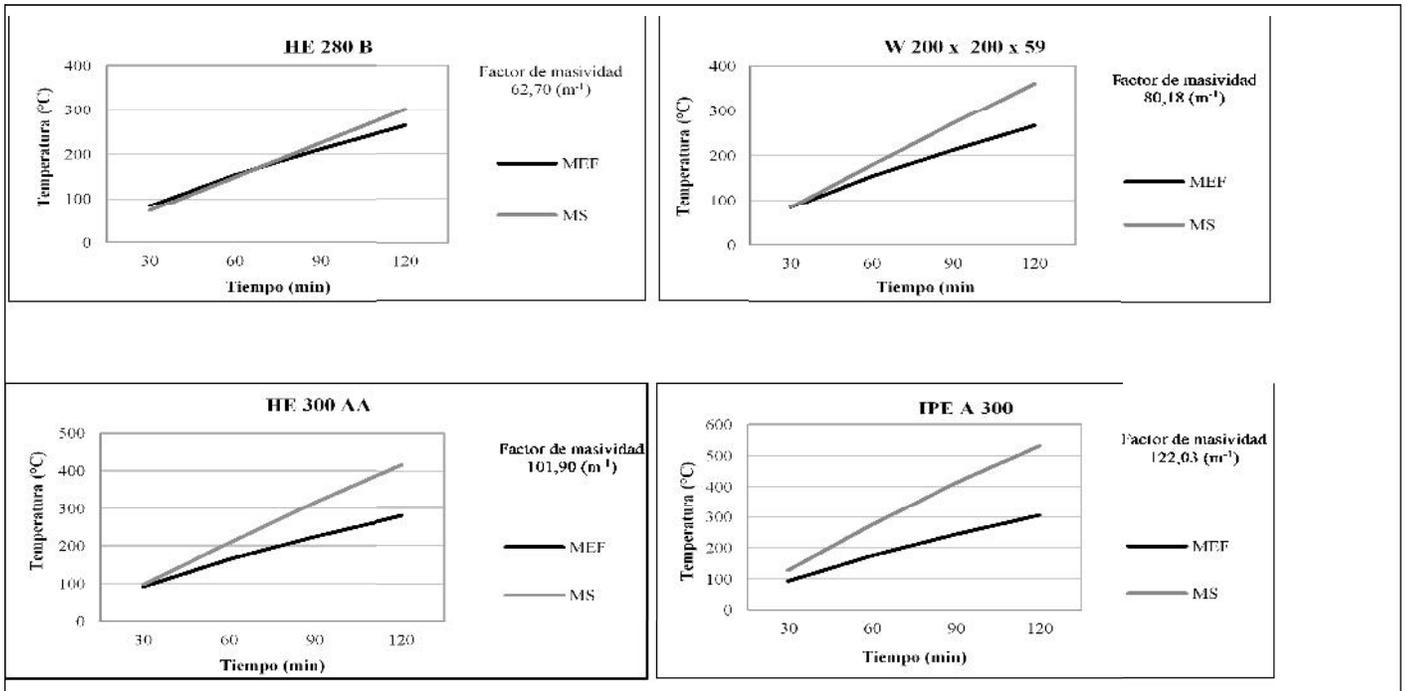


Fig. 2. Influencia del factor de masividad en la obtención de la temperatura por método simplificado (MS) y por método de los elementos finitos (MEF).

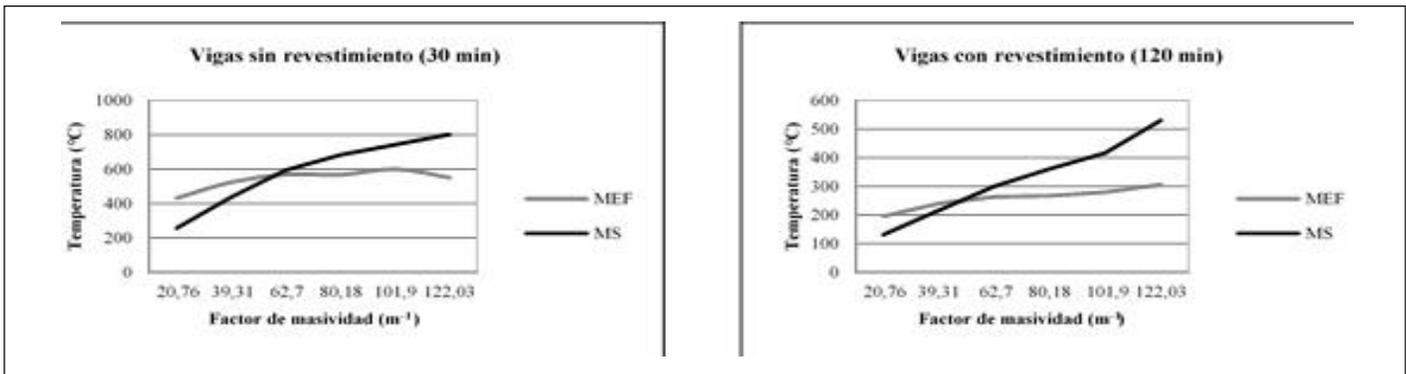


Fig. 3. Temperaturas determinadas por método simplificado y método de los elementos finitos en función del factor de masividad.

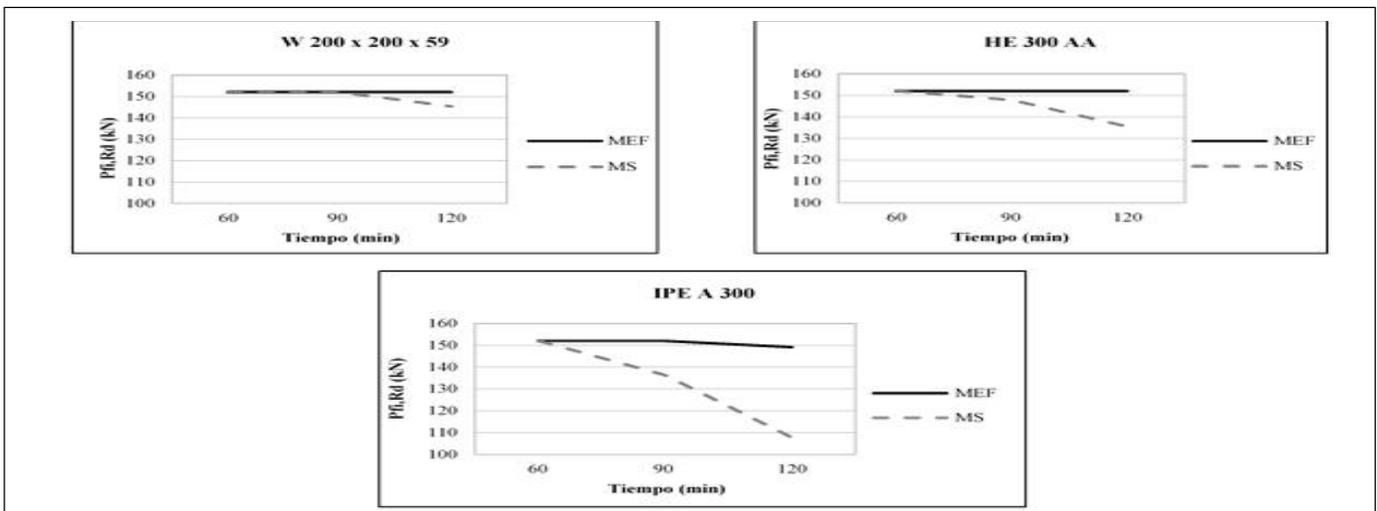


Fig. 4. Comparación de la resistencia de la conexión a elevadas temperaturas ( $P_{fi,Rd}$ ) cuando se obtienen las temperaturas en el ala superior del perfil por los métodos analizados (MS y MEF).

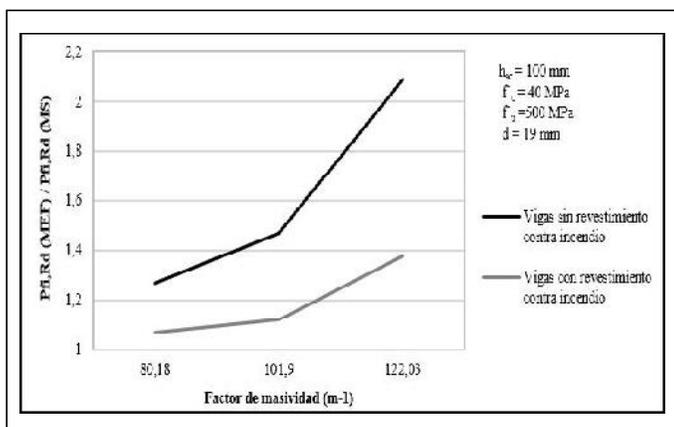


Fig. 5. Influencia en la resistencia de la conexión del uso de los métodos de obtención de temperatura estudiados (MS y MEF).

Se puede observar que, tanto para vigas sin revestimiento contra incendio como para vigas revestidas, la resistencia de la conexión es siempre mayor cuando se obtiene la temperatura por el método de los elementos finitos. Las diferencias entre las resistencias son mayores en el perfil con mayor factor de masividad y son más acentuadas en vigas sin revestimiento térmico.

## DISCUSIÓN

La diferencia entre obtener la temperatura en el ala superior del perfil por el método simplificado y el método de los elementos finitos, en la predicción de la resistencia de la conexión es mayor cuando predomina el fallo del conector. Eso ocurre debido a la drástica reducción en los valores del factor  $K_u$ , para los diferentes niveles de temperatura, lo cual no sucede con el factor  $K_c$ , donde la reducción de los valores es más moderada.

Para algunas situaciones de diseño, en vigas sin revestimiento contra incendio, la resistencia alcanzada cuando las temperaturas en el perfil se determinaron por el método de los elementos finitos excede el doble de la determinada cuando la temperatura se obtiene por el método simplificado.

Las situaciones de diseño en la que las diferencias se hicieron más acentuadas fueron cuando se combinaron la mayor resistencia a compresión del hormigón (40 MPa), la menor resistencia del acero (415 MPa) y la mayor altura de conector (100 mm) estudiadas. El diámetro del conector no tuvo influencia significativa.

## CONCLUSIONES

Con base en los resultados alcanzados se puede afirmar que la diferencia entre obtener la temperatura en el ala superior del perfil por método simplificado o método de los elementos finitos es significativa en perfiles con elevado factor de masividad.

Consecuentemente, lo anterior conduce a una significativa subestimación de la resistencia de las conexiones cuando se determina la temperatura en el ala del perfil por el método simplificado y el ala superior

del perfil de la sección compuesta presenta un factor de masividad elevado.

Por las razones anteriores puede afirmarse que la utilización del método de elementos finitos en la determinación de las temperaturas en la sección de acero es una opción ventajosa de cara a la racionalidad del diseño de las conexiones en situación de incendio.

## RECONOCIMIENTOS

Los autores desean agradecer a CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) y a FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo), por el apoyo brindado para el desarrollo de la investigación.

## REFERENCIAS

- SILVA PIGNATTA, Valdir.** "Estructuras de acero en situación de incendio" [en línea]. Acero Latinoamericano, Santiago de Chile [ref. 2007]. Disponible en web: ftp://Estructuras%20de%20Acero%20en%20Situación%20de%20Incendio.pdf [consultado en abril 2012].
- LARRUA, Rafael; SILVA, Valdir.** "Modelación térmica del ensayo de conexiones acero-hormigón a elevadas temperaturas". *Revista Técnica de Ingeniería*. Universidad Zulia, 2013, vol. 36, núm. 3, pp. 9. ISSN: 0254-0770.
- LARRUA QUEVEDO, Rafael; SILVA PIGNATTA, Valdir.** "Thermal analysis of push-out tests at elevated temperatures". *Fire Safety Journal*. 2013, vol. 55, pp. 1-14. ISSN:0379-7112.
- LARRUA, Yisel; LARRUA, Rafael; SILVA, Valdir.** "Conexiones tipo perno en estructuras compuestas hormigón acero en situación de incendio. En *Actas de XXXVI Jornadas Sur Americanas de Ingeniería Estructural*. 2014, Montevideo, 14 pp.
- LARRUA, Yisel; LARRUA, Rafael; SILVA, Valdir.** "Análisis térmico del ensayo push-out de conexiones acero-hormigón tipo canal a elevadas temperaturas". *Revista de Estrutura de Aço*. 2014, vol. 3, pp. 223-242. ISSN:2238-9377.
- CORREIA, António; RODRIGUES, João Paulo; SILVA, Valdir.** "A simplified calculation method for temperature evaluation of steel columns embedded in walls". *Fire and Material Journal*. 2011, vol. 35, pp. 431-441. ISSN:0308-0501.
- ALBUQUERQUE, Gabriela; SILVA, Valdir.** "Procedimento para o dimensionamento de vigas de concreto armado em situação de incêndio. Uma alternativa aos métodos tabulares". En *Actas de 1º CILASCI Congresso Ibero-Latino-Americano sobre Segurança Contra Incêndio*. Coimbra: ALBRASCI Associação Luso-Brasileira para a Segurança Contra Incêndio. 2011, pp. 13-23.
- PIERIN, Igor.** "A instabilidade de perfis formados a frio em situação de Incêndio". Director: Valdir Pignatta Silva. Tesis de Doctorado. Escuela Politécnica. Universidad de São Paulo, 2011.

9. EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. "Design of composite steel and concrete structures - Part 1.2: General rules, structural fire design". Eurocode 4: EN 1994-1-2, 109 pp. Brussels, 2005. ISBN: 0 580 47235 3.
10. EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. "Design of composite steel and concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings". Eurocode 4: EN 1994-1-1, 118 pp. Brussels, 2004. ISBN: 0 580 45569 6.
11. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. "Fire-Resistance Tests. Elements of building construction, Part 1.1: General requirements for fire resistance testing". ISO 834 (Revision of first edition ISO 834:1975). Geneva, 1990.
12. EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. "Design of steel structures - Part 1-2: General rules - structural fire design". Eurocode 3: EN 1993-1-2. 76 pp., B1050, Brussels. 2003.
13. COMITÊ BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO CIVIL. "Dimensionamento de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e hormigón de edificios em situação de incêndio". NBR 14323:2012, 68 pp., ABNT/CB-02, Brasil, 2012.
14. GUSMÕES, Edson; SILVA, Valdir, MUNAIAR, Jorge. "Sobre a temperatura de perfis de aço sem revestimento contra fogo em situação de incêndio". *Revista da Estrutura de Aço*. 2012, vol. 1, pp. 133-146. ISSN: 2238-9377.
15. CACHÓN CARVAJAL, Yelene. "Dimensionamiento de estructuras compuestas de acero y hormigón de edificios en situación de incendio". Director: Rafael Larrúa Quevedo, Tesis de Maestría, Universidad de Camagüey, Camagüey, Cuba, 2012.
16. EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. "Actions on structures - part 1.2: General actions - Actions on structures exposed to fire". Eurocode 1: EN 1991-1-2, 59 pp., Brussels, 2002. ISBN: 0 580 40831 0

## AUTORES

### Yisel Larrua Pardo

Ingeniera Civil, Máster en Conservación del Patrimonio, Profesora Asistente, Facultad de Construcciones, Universidad de Camagüey, Camagüey, Cuba

### Rafael Larrua Quevedo

Ingeniero Civil, Doctor en Ciencia Técnica, Profesor Titular, Facultad de Construcciones, Universidad de Camagüey, Camagüey, Cuba

### Valdir Pignatta Silva

Ingeniero Civil, Profesor Doctor, Departamento de Ingeniería en Estructuras y Geotecnia, Escuela Politécnica de la Universidad de São Paulo (EPUSP), Brasil

# Influence of Using Simplified Methods of Temperature in the Stud Connection Resistance

## Abstract

In this paper, the impact that the use of simplified methods of determining temperatures evolution can produce in the stud connection resistance at elevated temperatures, in protected and unprotected composite beams, is evaluated. For this, comparisons between the obtained resistance when the temperature is determined in the steel beam by simplified methods and when it is obtained by finite elements method are carried out. It can be demonstrated that when the temperature is determined by the simplified method and the upper flange of the profile presents a high section factor, it is overestimated in great measure the resistance of the connection. This becomes more marked when in the design expressions the failure of the steel prevails.

Key words: simplified analytic methods, composite beams, finite element method, fire, connection