

Análisis del comportamiento estructural de uniones de madera sometidas a la acción del fuego

Juan Enrique Martínez-Martínez^a, Felipe Pedro Álvarez Rabanal^a, Juan José del Coz Díaz^a, Alfonso G. Lozano Martínez-Luengas^a, Mar Alonso-Martínez^a, Rubén Regueira Gay^b

^aUniversidad de Oviedo, Edificio Dptal Oeste 7 Campus de Viesques, Gijón, Asturias;

^bUniversidad de Santiago de Compostela, Departamento de Ingeniería Agroforestal, Campus de Lugo, Lugo

quique@constru.uniovi.es

Palabras clave: madera estructural; uniones de madera; resistencia a fuego; ensayo experimental.

Resumen.

En situación de incendio, los elementos estructurales de madera sufren una degradación térmica, provocando una transformación del material y una disminución progresiva de su sección resistente. En este sentido, el comportamiento estructural de los elementos de madera se ve reducido. Sin embargo, esta carbonización del material funciona como aislante térmico, favoreciendo que la zona más interior de la madera no incremente su temperatura de inmediato.

En este trabajo se muestra el estudio experimental del comportamiento estructural de uniones de cola de milano redondeada en la madera cuando se encuentran sometidas a la acción de un fuego y a una carga constante.

Introducción.

La madera es un material de construcción óptimo desde un punto de vista ecológico y de sostenibilidad. No obstante, ante un incendio las estructuras de madera sufren una degradación térmica provocando una disminución de su sección resistente.

La madera presenta una particularidad bajo condiciones de incendio, que es la transformación de las capas externas en madera carbonizada, cuyo espesor crece durante el incendio. En estas capas externas la madera original se convierte en un material distinto al de partida y por tanto con unas propiedades térmicas y mecánicas diferentes.

Desde el punto de vista térmico esta capa carbonizada funciona como aislante, provocando que la zona interior de la madera no incremente su temperatura de manera drástica y reduciendo la velocidad de la carbonización. Por otro lado, desde el punto de vista estructural, esta capa carbonizada no posee capacidades resistentes, por lo que la capacidad portante de la estructura de madera se reduce y está determinada por la sección de la madera sin carbonizar.

Un aspecto relevante a estudiar en el comportamiento a fuego de estas estructuras de madera son las uniones entre los elementos. Tanto la normativa de construcción con madera europea (Eurocódigo) (1) como la española (Código Técnico de la Edificación) (2) ofrecen soporte al cálculo en situación de incendio de un elemento estructural aislado, y ofrecen unas directrices básicas de dimensionamiento para para las uniones con clavija, pero no lo hacen para las uniones denominadas tradicionales o carpinteras, en las que no intervienen clavijas. Un tipo de unión de este tipo es la denominada unión en cola de milano redondeada.

El objeto de este artículo es describir el método de ensayo utilizado para determinar el comportamiento de uniones de cola de milano redondeada en la madera cuando se encuentran sometidas a una curva de calentamiento normalizada, indicada en la norma UNE-EN 1363-1 (3).

Estudio experimental.

En este estudio experimental se han realizado ensayos de resistencia al fuego sobre estructuras de madera laminada de píceas ensambladas mediante uniones de cola de milano redondeadas de manera que se pueda determinar su comportamiento en situación de incendio.

Las estructuras de madera estudiadas están formadas por una vigueta con una espiga tallada en cada extremo y por dos vigas con una mortaja en el centro para colocar la vigueta. Las dimensiones y la conexión del conjunto se ven en la Fig. 1 a). La unión entre la vigueta central y las dos vigas se realiza mediante una cola de milano redondeada, ver Fig. 1 b).

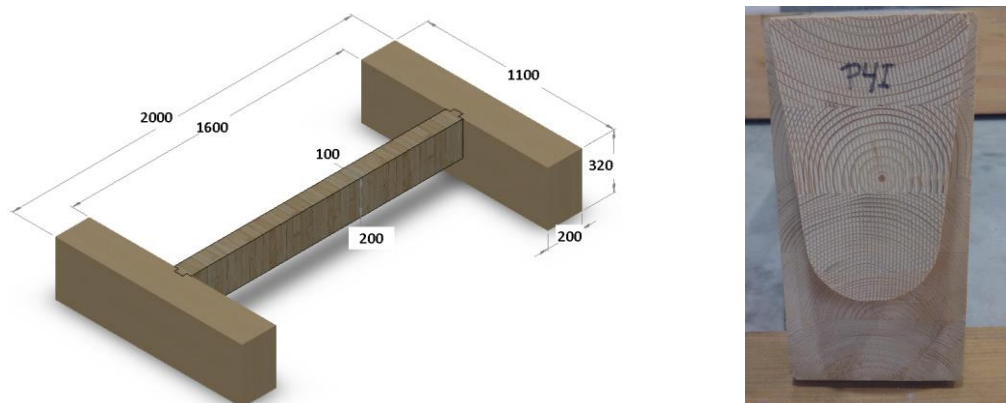
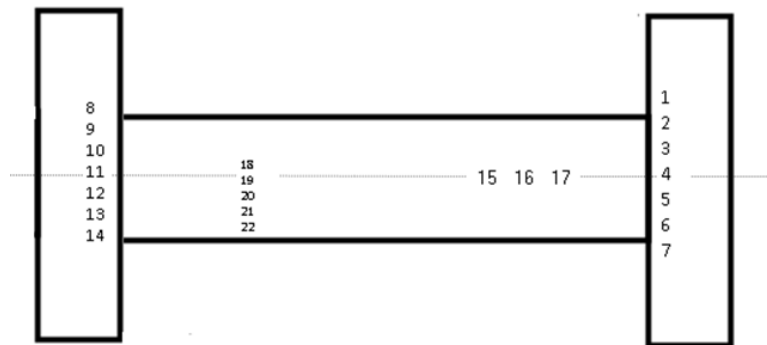


Figura 1 a) Dimensiones y montaje de la estructura de madera; b) detalle unión en cola de milano

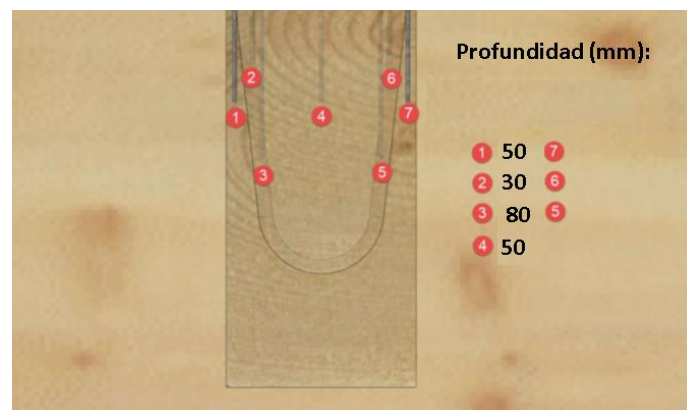
Para medir la temperatura en el interior de la unión de madera, se utilizan 22 termopares de temperatura tipo K, que se encuentran repartidos a lo largo de conjunto, 8 en la vigueta y 7 en cada uno de los apoyos de la unión viga-vigueta (Fig. 2 a).

Los termopares en la unión de la cola de milano y en la vigueta se colocan a distintas profundidades, de manera que se pueda conocer la distribución de temperaturas

alrededor de la espiga (Fig. 2 b). Para aplicar una carga constante sobre el conjunto durante todo el ensayo, se utiliza un actuador que permite realizar dicha función.



a) Colocación de los termopares en el conjunto (vista en planta).



b) Disposición y profundidad de los termopares en la espiga.
Figura 2 Disposición de los termopares en las uniones a ensayar

Metodología de ensayo.

El procedimiento de ensayo seguido se basa en la normativa vigente (1), (3) y (4) que permite conocer el comportamiento de elementos estructurales de madera cuando se encuentran sometidos a fuego en condiciones definidas de calentamiento.

La metodología seguida en estos ensayos experimentales es la que se describe a continuación:

1. Se colocan y se recubren con lana cerámica los termopares de medición de temperatura en las distintas posiciones de la estructura de madera a ensayar. (Fig. 3 a).
2. Se cierra el horno para evitar la expulsión de los gases y se coloca el cilindro de carga en el centro de la viga. (Fig. 3 b).
3. Se inicia el ensayo.
 - En primer lugar, se aplica durante 15 minutos de manera constante una fuerza sobre la estructura de madera, equivalente a una carga de uso determinada mediante ensayos previos a temperatura ambiente
 - Pasados 15 minutos se inicia la curva de calentamiento establecida en la normativa (3).

4. El ensayo finaliza cuando la flecha máxima supera $L_{vigüeta}/30$.



Figura 3 a) Montaje de la estructura de madera. b) Cilindro de carga. c) Montaje completo en el horno de ensayos (Universidad de Oviedo, GICONSIME Research Group).

Resultados y conclusiones.

A continuación se muestran los resultados obtenidos. El tiempo medio de resistencia al fuego de las estructuras ensayadas ha sido de 13 minutos. La finalización del ensayo se produce cuando flecha máxima permitida es superada, debido fundamentalmente al fallo que se produce en la una de las uniones en cola de milano (Fig. 5).

Las temperaturas registradas por los termopares colocados en unión en cola de milano se muestran en la Fig. 4. En esta gráfica se aprecia como los termopares colocados en el exterior registran mayores temperaturas que los que se encuentran en la zona interior.

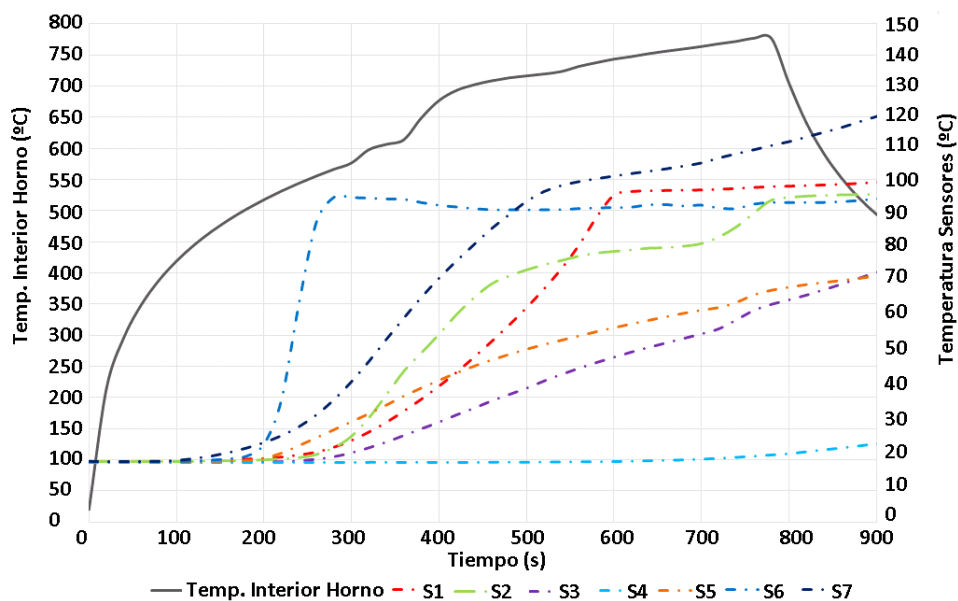


Figura 4 Gráfico de los valores de temperatura registrados en la cola de milano donde se produce el fallo.



Figura 5 a) Vista del conjunto tras el ensayo y b) detalle del fallo en la cola de milano.

La principal conclusión que se puede extraer de los resultados obtenidos es que, para una carga mecánica equivalente a la estándar de cálculo para una edificación de uso [residencia residencial](#), no se puede garantizar que un sistema estructural formado por vigas y viguetas ensambladas según se ha descrito, garantice la integridad estructural requerida R30, dado que el tiempo medio de fallo fue de 13 minutos.

Se hace necesaria una campaña de ensayos extensa, con diferentes configuraciones en [cuento-cuanto](#) a: valores de carga, parámetros geométricos que definan la espiga y la mortaja; ausencia / presencia de clavija metálica de refuerzo en la unión; para poder determinar con mayor seguridad el cumplimiento o no de los requisitos de seguridad en caso de incendio de la normativa española y europea.

Líneas futuras de investigación.

A la vista de los resultados obtenidos, se plantea como línea de investigación la realización de un mayor número de ensayos experimentales con diferentes geometrías en la unión de cola de milano, así como realizar simulaciones numéricas que permitan determinar con precisión el comportamiento estructural de las uniones de madera en situación de incendio.

Agradecimientos.

Los autores agradecen la financiación de este trabajo a través del proyecto GRUPIN14-004 cofinanciado con fondos FEDER; al grupo de investigación GICONSIME de la Universidad de Oviedo [y a](#) la Plataforma de Ingeniería de la Madera Estructural (PEMADE) de la Universidad de Santiago de Compostela [y a la empresa Maderas Besteiro.-](#)

Referencias

- (1) UNE-EN 1995-1-2. Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-2: Reglas generales. Proyecto de estructuras de sometidas al fuego. *AENOR (2016)*
- (2) DB-SI. Documento Básico. Seguridad en caso de Incendio. (2010)
- (3) UNE-EN 1363-1. Ensayos de resistencia al fuego. Parte 1: Requisitos generales. *AENOR (2016)*
- (4) UNE-EN 1991-1-2. Eurocódigo 1. Acciones en estructuras. Parte1-2: Acciones generales. Acciones en estructuras expuestas al fuego. *AENOR (2004)*