



INSTITUTO NORTEAMERICANO DE CONSTRUCCIÓN CON MADERA (AMERICAN INSTITUTE OF TIMBER CONSTRUCTION)

# RESISTENCIA SUPERIOR AL FUEGO



GLULAM



P-143



ANSI / AITC  
A190.1-2002

# Viga laminada

Debido a su belleza, resistencia y facilidad de utilización para la construcción, la madera ha gozado de gran demanda como material para este fin. Hoy en día las vigas laminadas estructurales ofrecen razones adicionales para seleccionar la madera como material estructural.

La viga laminada se fabrica con láminas individuales de madera de alta resistencia secada en estufa, pegadas a presión para formar vigas de grandes dimensiones que conservan la belleza tradicional de la madera, junto con resistencia calculada y extraordinaria resistencia al fuego, eficiencia térmica y estabilidad dimensional. Normalmente la viga laminada se fabrica de Abeto Douglas (Douglas Fir), Tsuga-Abeto (Hem-Fir), Pino del Sur (Southern Pine), Picea-Pino-Abeto (Spruce-Pine-Fir), Cedro Amarillo de Alaska (Alaskan Yellow Cedar) y Pino Ponderosa (Ponderosa Pine).

Estas largas vigas laminadas pueden fabricarse de cualquier resistencia o configuración en arco, para la construcción en condiciones de grandes claros. Esto permite diseñar grandes espacios abiertos con un número mínimo de columnas. Las vigas laminadas de gran longitud son adecuadas para sistemas estructurales completos en numerosos tipos de edificaciones como iglesias, gimnasios, auditorios y espacios recreativos. Entre los usos comunes de las vigas laminadas en edificios pequeños, están las vigas cumbreiras, cabeceros de puertas de cocheras, cabeceros de puertas y ventanas, traveses para grandes claros, peldaños y largueros de escaleras, así como armaduras de madera grandes.



# Protección contra el fuego eficiente y económica

En Estados Unidos, el empleo de vigas laminadas es ampliamente aceptado como una de las formas más eficientes y menos costosas de satisfacer las normas reconocidas de protección contra incendios, según establecen los reglamentos de construcción.

Los avances logrados en los métodos de pruebas y en la tecnología de prevención de incendios han favorecido una mayor comprensión de la forma en que las vigas laminadas responden a la exposición al fuego. A su vez, este conocimiento ha conducido al desarrollo de procedimientos de diseño que mejoran aún más el desempeño de los materiales una vez expuestos al fuego.

## LA DIFERENCIA ENTRE “A PRUEBA DE INCENDIO” Y “SEGURO EN CASO DE INCENDIO”

Los edificios a prueba de incendio no existen. El contenido de la mayoría de los edificios es combustible. Como tal, a menudo es el contenido del edificio, no sus componentes estructurales, lo que presenta el mayor peligro en caso de incendio, tanto a vidas humanas y de animales como de daños materiales. El fuego del contenido de los denominados edificios “a prueba de incendio” puede ser de efectos tan serios, que incluso una estructura incombustible puede desplomarse.

El siniestro ocurrido en la sala de exhibiciones McCormick Place de Chicago, Illinois, EE.UU., es un ejemplo clásico. Todos los miembros estructurales de esta enorme sala de exhibiciones, incluyendo los muros que no eran de carga, estaban contruidos de materiales incombustibles. En 1967, un incendio se extendió con rapidez por el contenido de la sala, generándose temperaturas tan elevadas, que las vigas, traveses y armaduras de acero se torcieron por el calor, y todo el techo se desplomó. El edificio se perdió totalmente, a un costo de US\$150 millones.

Con esta y otras lecciones, la meta ahora es la de un diseño “seguro en caso de incendio”, en lugar de “a prueba de incendio”, y puede lograrse con materiales estructurales combustibles, siempre y cuando se cumplan las disposiciones de los reglamentos de construcción. Además de los materiales estructurales, debe considerarse la combustibilidad del contenido y mobiliario, acabados interiores, el grado de protección proporcionado por los rociadores interiores y la disponibilidad de equipo adecuado de extinción de incendios. También los detectores de humo fiables con sistema de alarma y las salidas de fácil acceso son vitales para proteger los edificios y a sus ocupantes.



IZQUIERDA: Dos niveles de arcos de vigas laminadas se levantan a más de 24 metros en su punto más elevado, en la sala Great Buda Hall de Carmel, Nueva York, EE.UU.

ARRIBA: Resultado de un incendio en la compañía Turbotech, Inc. de Vancouver, Washington, EE.UU. Las vigas laminadas permanecen eretas, mientras que el resto del supuesto edificio “a prueba de incendio” se desplomó.

# Desempeño de las vigas grandes en los incendios

Al exponerse al fuego, la madera conserva su resistencia durante más tiempo que el metal. Los metales desprotegidos pierden rápidamente su resistencia y se desploman súbitamente, a menudo con muy poca señal de alerta. En cambio, la madera pierde su resistencia lentamente, y solamente a medida que pierde material por la carbonización de la superficie.

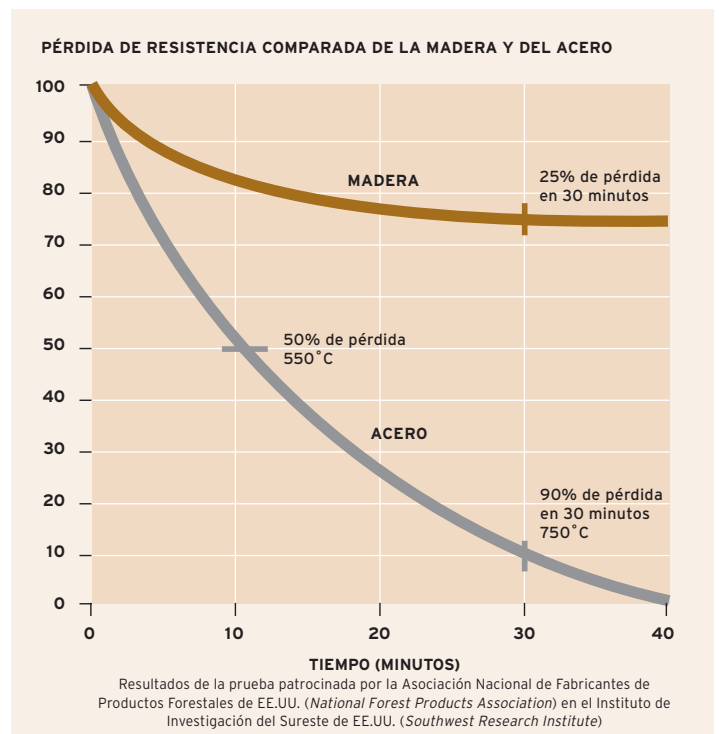
En promedio, las temperaturas alcanzadas en un edificio en llamas oscilan entre 700 y 900 grados Celsius aproximadamente. El acero se debilita notablemente a medida que su temperatura sobrepasa los 230°C, y conserva sólo el 10% de su resistencia original al llegar a 750°C.

Como regla general, la madera no se quema hasta que alcanza una temperatura de 250°C aproximadamente. Una vez que comienza a quemarse, la madera se carboniza normalmente a una velocidad de 0.64 mm por minuto, en condiciones de fuego intenso. La carbonización aísla naturalmente la madera y eleva el nivel de temperatura que puede soportar. Así, en un incendio de 30 minutos, solamente se pierden 19 mm de cada superficie expuesta de la viga laminada por la carbonización, quedando intacta la mayor parte de la sección transversal original de la viga.

## SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO

Casi en todos los países uno o más organismos reguladores están dedicados a la seguridad de los materiales y sistemas de construcción en caso de incendio. En EE.UU. están, entre otros:

- **Organizaciones de Reglamentos de Construcción Modelo (*Model Building Codes*)** — Desarrollan requisitos de diseño, normas de cumplimiento y supervisión reguladora de construcción de edificaciones. En el desarrollo de estas estipulaciones participan organismos reguladores.
- **Sociedad Norteamericana de Pruebas de Materiales (*American Society of Testing Materials - ASTM*)** — Promulga los métodos de prueba de materiales y sistemas de construcción.
  - **El Método de Pruebas ASTM E-119** emula las condiciones de un incendio real para los ensambles de construcción (vigas, muros y conectores) y produce los valores nominales de resistencia al fuego de dichos ensambles.
  - **El Método Estándar de Pruebas ASTM E-84 para Características de Pruebas de Quemadura de Superficies de Materiales de Construcción** proporciona datos sobre el valor nominal o clasificación de la dispersión de llamas e índices de generación de humo de los materiales.



ARRIBA: Las vigas de acero se derritieron y desplomaron sobre la viga de madera carbonizada, la cual, a pesar del enorme daño sufrido, permanece en su lugar.

CENTRO: Una viga de acero de 406 mm, 60 kg/m (#W16x40) y una viga laminada de 178 mm x 533 mm después de un incendio de prueba, bajo carga completa. La viga de acero se desplomó después de sólo 30 minutos de exposición al fuego, mientras que el miembro de viga laminada permaneció recto y alineado, con 19 mm de carbonización en las superficies expuestas.

# Guía de desempeño de los materiales expuestos al fuego

Los edificios construidos con vigas estructurales grandes ofrecen excelentes características de resistencia al fuego. En los reglamentos de construcción modelo se reconocen estas características y se proporcionan directrices relacionadas con la construcción a base de madera resistente al fuego y de madera pesada. En los reglamentos de construcción modelo de EE.UU. se consideran dos enfoques distintos: *Construcción con madera pesada* y *construcción con madera resistente al fuego*.

## CONSTRUCCIÓN CON MADERA PESADA

En la construcción con madera pesada, las limitaciones se encuentran en las dimensiones mínimas requeridas, incluyendo la profundidad y el espesor, de todos los miembros de madera para soporte de carga. En este diseño se evitan espacios ocultos bajo los pisos y techos, y los reglamentos requieren el uso de elementos de unión y detalles de construcción aprobados. Con las debidas dimensiones, los sistemas a base de vigas laminadas satisfacen las normas establecidas en los reglamentos de construcción modelo de EE.UU. para construcción con madera pesada.

El desempeño de las estructuras construidas con madera pesada en condiciones de fuego es marcadamente superior a la mayoría de las formas de construcción con material “incombustible” desprotegido. La extinción de incendios es más fácil y segura debido a la eliminación de espacios ocultos y a la integridad estructural inherente a las vigas laminadas grandes.

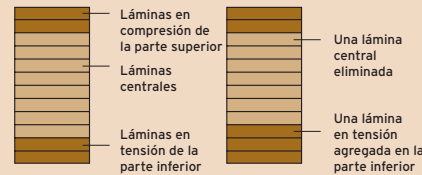
## CONSTRUCCIÓN RESISTENTE AL FUEGO

La resistencia al fuego es el período de tiempo que un miembro estructural puede soportar su carga antes de desplomarse. El objeto de la construcción resistente al fuego es ofrecer un período de tiempo adecuado a los ocupantes para evacuar de forma segura un edificio.

Las pruebas de resistencia al fuego para ensambles de construcción diseñadas por la ASTM, patrocinadas en conjunto con la Asociación Norteamericana de Fabricantes de Productos Forestales y de Papel (*American Forest & Paper Association - AF&PA*) y el Instituto Norteamericano de Construcción con Madera (*American Institute of Timber Construction - AITC*), permite a los diseñadores calcular de forma específica el valor nominal de resistencia al fuego de los miembros estructurales hechos de vigas laminadas. En los cálculos se considera el tamaño del miembro estructural, el grado de exposición al fuego y las cargas soportadas por dicho miembro.

Además, los valores nominales de resistencia al fuego de las vigas laminadas requieren modificaciones en la colocación de las láminas de las mismas. Por ejemplo, una viga laminada para claro simple, con una sección trans-

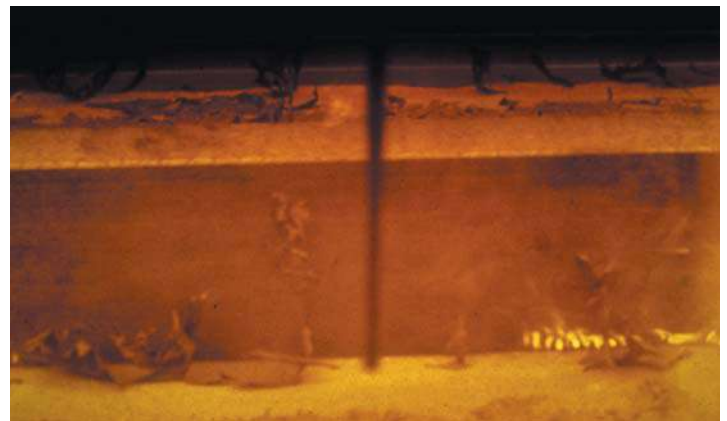
### ADAPTACIÓN DE LA COLOCACIÓN ESTÁNDAR DE LAS LÁMINAS DE LA VIGA PARA SATISFACER EL VALOR NOMINAL DE RESISTENCIA AL FUEGO DE UNA HORA



COLOCACIÓN ESTÁNDAR DE LAS LÁMINAS DE LA VIGA

COLOCACIÓN DE LAS LÁMINAS DE LA VIGA PARA UN VALOR NOMINAL DE 1 HORA

La colocación básica de las láminas puede modificarse fácilmente a fin de calificar para un valor nominal de resistencia al fuego de una hora mediante la remoción de una lámina central del centro de un miembro estructural y agregando una lámina adicional en tensión en el lado en tensión de dicho miembro, suponiendo que se han cumplido todos los requisitos.



CENTRO: Viga laminada normal envuelta en llamas durante una prueba estándar de exposición al fuego ASTM E-119.

ABAJO: Viga laminada normal después de la prueba de exposición al fuego: la superficie exterior de la viga se ha carbonizado, mientras que el área interior permanece sin quemar. El material exterior carbonizado sirve de aislante durante el incendio, disminuyendo así la velocidad de combustión del material interior.

versal de 170 mm x 340 mm expuesta al fuego por tres lados, puede modificarse para un valor nominal de resistencia al fuego de una hora. A fin de calificar para este valor nominal, al momento de la fabricación se retira de la viga una lámina interna o central, y se reemplaza agregando una lámina adicional en tensión en la parte inferior de la viga (como se muestra en la figura superior derecha).

# Otras consideraciones sobre la resistencia al fuego

## TRATAMIENTOS Y RECUBRIMIENTOS RETARDANTES DEL FUEGO

Los tratamientos retardantes del fuego mediante la impregnación a presión no se recomiendan para la construcción con madera o viga laminada grande. Estos tratamientos no aumentan el valor nominal de resistencia al fuego de la madera o viga laminada grande.

Los productos químicos retardantes del fuego disminuyen las propiedades de diseño de la madera. Además, en el caso de los productos de madera basados en el diseño de ingeniería, es posible que los tratamientos no sean compatibles con los adhesivos empleados. Se avisa al diseñador verificar (con el proveedor) los efectos de los tratamientos retardantes al fuego en la resistencia y el desempeño de todo producto de madera antes de especificarlo.

Las pinturas y tinturas retardantes del fuego pueden disminuir de forma efectiva la dispersión de las llamas cuando se aplican correctamente. Aunque se aplican normalmente en grandes extensiones de madera en interiores, como los paneles, pueden aplicarse a miembros de madera cuando se requiere un valor nominal específico de resistencia al fuego según la regulación correspondiente al diseño. No obstante, es importante comprender que estos revestimientos no aumentan el valor nominal de resistencia al fuego de los miembros de madera o viga laminada grande.

## SISTEMAS DE ROCIADORES

Los sistemas de rociadores automáticos gozan de un excelente récord de mejoramiento de la seguridad en los incendios y de reducción de las pérdidas. En numerosos reglamentos de protección contra incendio se requiere la instalación de sistemas de rociadores automáticos en edificios comerciales nuevos, y en algunos casos, la instalación de dichos sistemas en edificios ya existentes.

Tales sistemas de rociadores pueden mejorar los valores nominales de resistencia al fuego y dispersión de llamas del sistema estructural de un edificio. Como resultado de ello, puede llegar a permitirse (en los reglamentos) un piso adicional de altura, o una mayor área de construcción, en el caso de los edificios dotados de rociadores. Los sistemas de rociadores también reducen las primas de seguro, y dicho sistema se paga por sí solo en cuestión de unos años, según sea el valor del edificio y de su contenido.

## PRIMAS DE SEGURO CONTRA INCENDIOS

La mayoría de las compañías aseguradoras reconocen la excelente resistencia al fuego de la construcción con madera pesada y ajustan sus primas de seguro de conformidad con ello. No obstante, en algunos casos, las primas de seguro para una construcción con materiales “incombustibles” pueden ser más bajas que aquéllas para una construcción con madera pesada. En tales casos, el menor costo de la construcción con vigas laminadas compensa en general el costo adicional del seguro.

Además, los métodos de construcción más costosos necesarios para los materiales incombustibles aumentan el costo de financiamiento de los proyectos. En general, los mayores costos de financiamiento sobrepasan todo posible ahorro en el costo del seguro. Así, al emplear métodos de construcción más costosos con el fin de lograr menores primas de seguros, en realidad pueden producirse costos totales mayores.

## MAYORES ÁREAS PERMITIDAS PARA LA CONSTRUCCIÓN CON MADERA PESADA

Los reglamentos de construcción de EE.UU. estipulan limitaciones en la altura y el área de los edificios con el fin de proteger a los ocupantes de los mismos. Aunque la construcción con madera se asigna normalmente a las alturas y áreas básicas permitidas más bajas, los reglamentos de construcción modelo también proporcionan numerosas opciones para aumentar las áreas permitidas. La siguiente lista proporciona sugerencias sobre la forma de aumentar, de conformidad con los reglamentos de construcción modelo de EE.UU., las áreas permitidas de construcción con madera, protegiendo al mismo tiempo la seguridad de los ocupantes de los edificios.

1. Dote de un valor nominal de resistencia al fuego de una hora a los miembros estructurales y ensambles de construcción.
2. Instale sistemas de rociadores automáticos.
3. Mantenga una separación entre edificios contiguos siempre que sea posible.
4. Cuando así corresponda, para usos específicos de los edificios, busque áreas ilimitadas proporcionando espacios abiertos alrededor del edificio, combinadas con el uso de rociadores automáticos.
5. Instale muros separadores de áreas debidamente construidos, con aberturas protegidas.

# Control de calidad e inspección

El AITC proporciona Marcas de Control de Calidad y Certificados de Cumplimiento de Normas a los fabricantes de vigas laminadas calificados. Solamente los productores de vigas laminadas autorizados por el AITC tienen permiso de utilizar estas marcas de calidad y certificados para identificar productos que cumplen con la norma ANSI/AITC A190.1.

El Instituto Norteamericano de Construcción con Madera (*American Institute of Timber Construction - AITC*) se esfuerza por reunir todos los aspectos de la industria de productos de madera basados en el diseño de ingeniería mediante el suministro de especificaciones adecuadas y la supervisión de los productos, con miras a lograr construcciones de madera seguras, durables y de alta calidad.

El Programa de Control de Calidad e Inspección de vigas laminadas de uso estructural del AITC tiene el objeto de:

- Estandarizar la producción, prueba, inspección, identificación y certificación de vigas laminadas de uso estructural.
- Ahorrar costos mediante una aplicación más extensa de las normas.
- Asegurar la fabricación de productos fiables.

El Programa consta de tres elementos básicos:

- Otorgamiento de licencia a los fabricantes de vigas laminadas calificados cuyo personal, procedimientos e instalaciones cumplen con los requisitos de la *Norma Nacional de Productos de Madera de EE.UU. (American National Standard for Wood Products—Vigas Laminadas de Uso Estructural)* — ANSI/AITC A190.1.
- Mantenimiento continuo de los sistemas de control de calidad de los fabricantes calificados, de conformidad con la norma ANSI/AITC A190.1.
- Inspección y verificación periódicas, efectuadas por la Oficina de Inspección del AITC, del sistema de control de calidad, procedimientos y producción de las compañías laminadoras autorizadas.





El AITC y los fabricantes de vigas laminadas miembros del mismo apoyan al Consejo de Exportación de Madera de Coníferas (*Softwood Export Council - SEC*) el cual es una organización no lucrativa formada por los organismos de clasificación de madera de coníferas, asociaciones de comercio del ramo de la madera, organismos estatales de desarrollo de la exportación y otros organismos interesados en la promoción a nivel internacional de la madera de coníferas producida en EE.UU.

El sitio web del SEC proporciona información sobre las organizaciones miembros del consejo, sobre servicios y compañías, y además contiene un índice de material de lectura e información relacionada sobre productos. Puede pedirse la mayoría de las publicaciones de descripción de los productos, muchas de las cuales están en varios idiomas, directamente a las oficinas de campo del SEC más cercanas.

El SEC cuenta con oficinas de campo y representantes en Tokio, Seúl, Beijín, Madrid, Londres y Veracruz, México. En el sitio web del SEC se ofrece más información.

Softwood Export Council

USA

Correo electrónico: [info@softwood.org](mailto:info@softwood.org)

Sitio web: [www.softwood.org/mexico](http://www.softwood.org/mexico)



**SI DESEA INFORMACIÓN ADICIONAL,  
LE SUPPLICAMOS COMUNICARSE CON:**

American Institute of Timber Construction

7012 S. Revere Parkway, Suite 140

Centennial, CO 80112

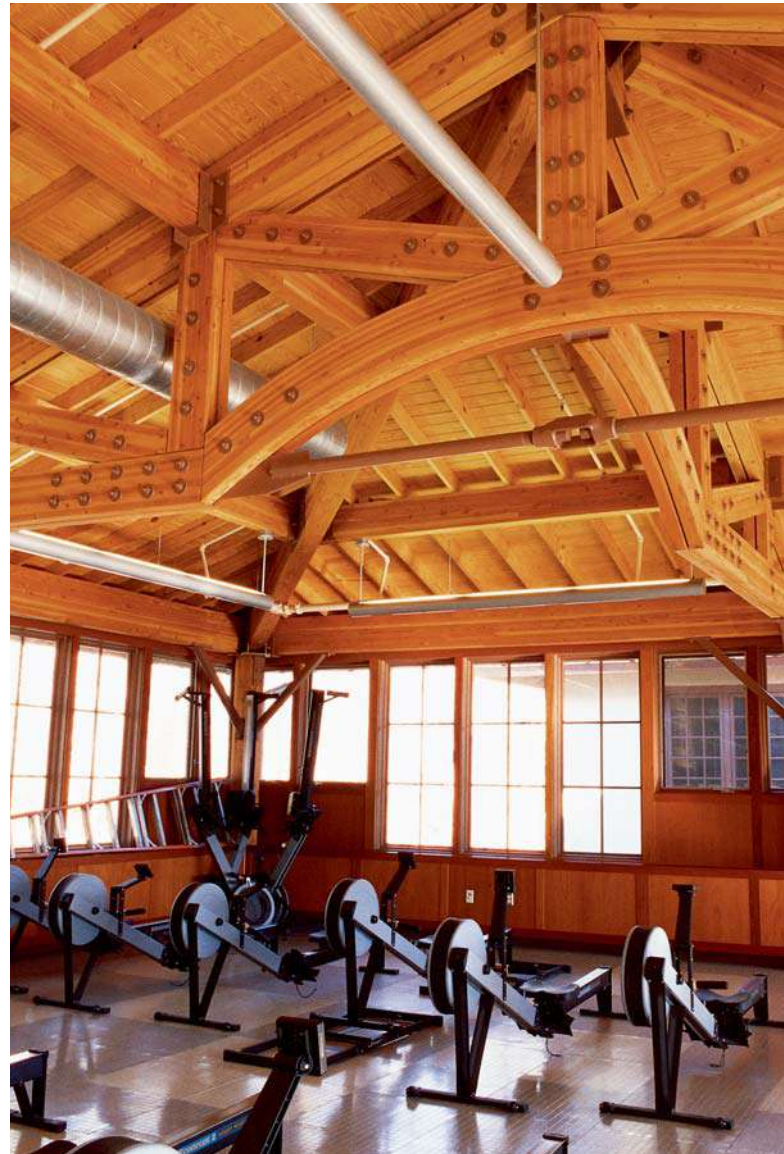
USA

tel.: (303) 792.9559

fax: (303) 792.0669

Correo electrónico: [info@aitc-glulam.org](mailto:info@aitc-glulam.org)

Sitio web: [www.aitc-glulam.org](http://www.aitc-glulam.org)



ARRIBA: La viga laminada es muy utilizada en los sistemas estructurales de los espacios recreativos. Cobertizo para botes, Princeton University, EE.UU.

TAPA FRONTAL: La viga laminada puede fabricarse en una gran variedad de configuraciones para satisfacer requisitos específicos de diseño. Biblioteca pública, Beaverton, Oregón, EE.UU.

Si desea más información en relación con el cálculo del valor nominal de resistencia al fuego, le suplicamos consultar la Nota Técnica Núm. 7 del AITC, Cálculo de Resistencia al Fuego de Vigas Laminadas (*Calculation of Fire Resistance of Glued Laminated Timbers*) ([www.aitc-glulam.org](http://www.aitc-glulam.org)) y el Informe Técnico Núm. 10 de la AF&PA, Cálculo de Resistencia al Fuego de Miembros de Madera Expuestos (*Calculating the Fire Resistance of Exposed Wood Members*) ([www.awc.org](http://www.awc.org)). Estas publicaciones están en inglés.