

Anejo SI E Resistencia al fuego de las estructuras de madera

E.1 Generalidades

- 1 En este anejo se establecen un método simplificado de cálculo que permite determinar la resistencia de los elementos estructurales de madera ante la acción representada por la *curva normalizada tiempo-temperatura*.

E.2 Método de la sección reducida

E.2.1 Generalidades

- 1 La comprobación de la capacidad portante de un elemento estructural de madera se realiza por los métodos establecidos en DB SE-M, teniendo en cuenta las reglas simplificadas para el análisis de elementos establecidos en E.3, y considerando:

- a) una sección reducida de madera, obtenida eliminando de la sección inicial la profundidad eficaz de carbonización, d_{ef} , en las caras expuestas, alcanzada durante el periodo de tiempo considerado;

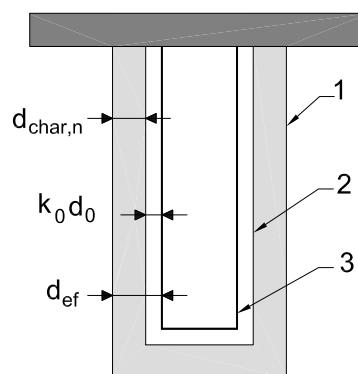
$$d_{ef} = d_{char,n} + k_0 \cdot d_0 \quad (E.1)$$

siendo:

$d_{char,n}$ profundidad carbonizada nominal de cálculo, se determinará de acuerdo con el apartado E.2.2.

d_0 de valor igual a 7 mm

k_0 de valor igual a 1 para un tiempo, t , mayor o igual a 20 minutos y $t/20$ para tiempos inferiores, en el caso de superficies no protegidas o superficies protegidas cuyo tiempo del inicio de la carbonización, t_{ch} , sea menor o igual que 20 minutos. Para superficies protegidas cuyo tiempo del inicio de la carbonización, t_{ch} , sea mayor que 20 minutos se considerará que k_0 varía linealmente desde cero hasta uno durante el intervalo de tiempo comprendido entre cero y t_{ch} , siendo constante e igual a uno a partir de dicho punto.



- 1 Superficie inicial del elemento
- 2 Límite de la sección residual
- 3 Límite de la sección eficaz

Figura E.1. Definición de la sección residual y eficaz.

- b) que la resistencia de cálculo y los parámetros de cálculo de la rigidez se consideran constantes durante el incendio, tomando como tales los valores característicos multiplicados por el siguiente factor k_{fi} :

para : madera maciza	$k_{fi} = 1,25$
madera laminada encolada	$k_{fi} = 1,15$
tableros derivados de la madera	$k_{fi} = 1,15$
madera microlaminada (LVL)	$k_{fi} = 1,10$
uniones con elementos laterales de madera y tableros derivados de la madera	$k_{fi} = 1,15$
uniones con placas de acero externas	$k_{fi} = 1,05$

- c) que el factor de modificación K_{mod} en situación de incendio se tomará igual a la unidad.

2 En este método se consideran las siguientes hipótesis implícitas:

- Se analizan, a estos efectos, solamente los elementos estructurales individualmente en lugar de la estructura global.
- Las condiciones de contorno y apoyo, para el elemento estructural, se corresponden con las adoptadas para temperatura normal.
- No es necesario considerar las dilataciones térmicas en los elementos de madera, aunque sí en otros materiales.

E.2.2 Profundidad carbonizada

- 1 Se considerará que se produce carbonización en todas las superficies de madera o de productos derivados de la madera expuestos al fuego y, en el caso de elementos protegidos, cuando ésta se inicie durante el tiempo de exposición al fuego especificado.
- 2 La profundidad carbonizada nominal de cálculo en una dirección, $d_{char,n}$, entendida como la distancia entre la superficie exterior de la sección inicial y la línea que define el frente de carbonización para un tiempo de exposición al fuego determinado, que incluye el efecto del redondeo de las aristas, se determina según la expresión siguiente:

$$d_{char,n} = \beta_n t \quad (E.2)$$

siendo:

- β_n velocidad de carbonización nominal. Se determinará de acuerdo con E.2.3;
 t tiempo de exposición al fuego.

E.2.3 Velocidad de carbonización nominal de cálculo

E.2.3.1 Madera sin protección

- 1 Para maderas sin protección, la velocidad de carbonización nominal de cálculo, β_n , se considerará constante durante todo el tiempo de exposición al fuego y su valor se determinará de acuerdo con la tabla E.1.

Tabla E.1. Velocidad de carbonización nominal de cálculo, β_n , de maderas sin protección

	β_n (mm/min)
Coníferas y haya	
Madera laminada encolada con densidad característica $\geq 290 \text{ kg/m}^3$	0,70
Madera maciza con densidad característica $\geq 290 \text{ kg/m}^3$	0,80
Fronosas	
Madera maciza o laminada encolada de frondosas con densidad característica de 290 kg/m^3 ⁽¹⁾	0,70
Madera maciza o laminada encolada de frondosas con densidad característica $\geq 450 \text{ kg/m}^3$	0,55
Madera microlaminada	
Con una densidad característica $\geq 480 \text{ kg/m}^3$	0,70

⁽¹⁾ Para densidad característica comprendida entre 290 y 450 kg/m^3 , se interpolará linealmente

E.2.3.2 Madera con protección

E.2.3.2.1 Generalidades

1 Para elementos de madera protegidos (ver figura E.2), la velocidad de carbonización nominal de cálculo varía durante el tiempo de exposición al fuego, debiendo considerarse los siguientes casos:

- Si el inicio de la carbonización del elemento se produce por el fallo de la protección deben considerarse las siguientes fases. El inicio de la carbonización se retrasa hasta el momento en que se produce el fallo de la protección, t_f . A partir de este momento debe considerarse una velocidad de carbonización nominal igual al doble de la establecida en la tabla E.1 para madera sin protección, hasta que se alcance una profundidad carbonizada nominal de cálculo igual al menor de los dos valores siguientes: 25mm o la profundidad carbonizada nominal de cálculo de una superficie no protegida. En la fase posterior a dicho instante, se considerará como velocidad de carbonización nominal la correspondiente a la madera sin protección.
- Si el inicio de la carbonización del elemento se produce antes del fallo de la protección deben considerarse las siguientes fases. Una primera fase hasta el momento en que se inicia la carbonización del elemento, t_{ch} . A partir de este momento y hasta que se produzca el fallo de la protección, t_f , debe considerarse una velocidad de carbonización nominal igual a la establecida en la tabla E.1 para madera sin protección multiplicada por un coeficiente reductor k_2 , función del tipo de protección. A partir de este momento, debe considerarse una velocidad de carbonización nominal igual al doble de la establecida en la tabla E.1 para madera sin protección, hasta que se alcance una profundidad carbonizada nominal de cálculo igual al menor de los dos valores siguientes: 25mm o la profundidad carbonizada nominal de cálculo de una superficie no protegida. En la fase posterior a dicho instante, se considerará como velocidad de carbonización nominal la correspondiente a la madera sin protección.

Cuando el elemento esté protegido con mantas de lana de roca con un espesor mayor o igual a 20 mm. y una densidad mayor o igual a 26 kg/m^3 que se mantengan con cohesión hasta $1000 \text{ }^\circ\text{C}$, los valores de k_2 pueden tomarse de la tabla E.2 Para espesores comprendidos entre 20 y 45mm puede interpolarse linealmente.

Tabla E.2. Valores de k_2 para madera protegida por mantas de lana de roca

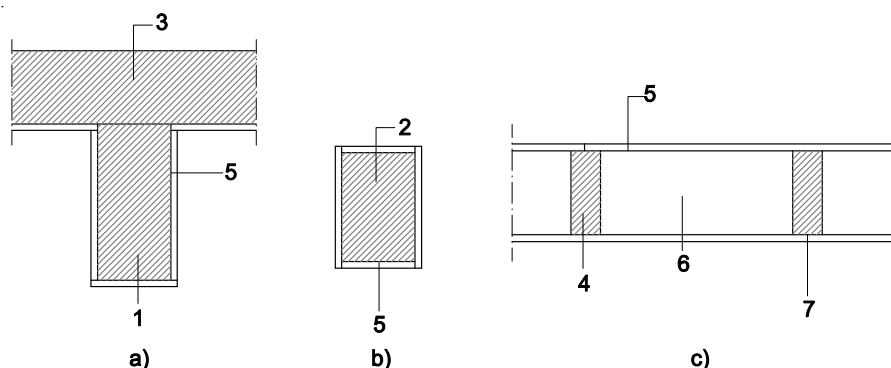
Espesor h_{ins} [mm]	k_2
20	1
≥ 45	0,6

Si el elemento se protege con una única capa de placas de yeso de tipo F, el factor de corrección k_2 viene dado por la expresión:

$$k_2 = 1 - 0,018h_p \quad (\text{E.3})$$

siendo h_p el espesor en milímetros de la capa de yeso.

La expresión (E.3) es válida para protecciones compuestas de por capas de yeso, siempre que la exterior sea de tipo F y la interior de tipo A o H.



1 viga - 2 soporte - 3 entrevigado - 4 montante o vigueta
5 revestimiento o cerramiento - 6 cavidad hueca
7 junta

Figura E.2. Ejemplos de paneles utilizados como revestimientos de protección contra el fuego

- Salvo para los casos que se establecen en este Documento o para aquellos en que se disponga de información suficiente, el tiempo para el que se produce el inicio de la carbonización t_{ch} del elemento, el tiempo para el que se produce el fallo del revestimiento de protección contra el fuego u otros materiales de protección t_f , así como las velocidades de carbonización en las diferentes fases, deben determinarse experimentalmente.
- Debe tenerse en cuenta en el inicio de la carbonización y, cuando proceda, en la velocidad de carbonización antes del fallo de la protección, el efecto de las juntas del revestimiento con holguras no rellenas mayores de 2mm.

E.2.3.2.2 Inicio de la carbonización

- En el caso de revestimientos de protección consistentes en una o varias capas de tableros derivados de la madera o tableros de madera maciza, el tiempo de inicio de carbonización t_{ch} del elemento protegido, en minutos, puede obtenerse mediante la siguiente expresión:

$$t_{ch} = \frac{h_p}{\beta_0} \quad (E.4)$$

siendo:

h_p espesor del tablero, en caso de varias capas el espesor total, [mm];

β_0 velocidad de carbonización básica de cálculo (ver tabla E.3);

Tabla E.3. Velocidad de carbonización básica de cálculo, β_0 , de tableros de protección

Tableros ⁽¹⁾	β_0 (mm/min)
Tableros de madera	0,90
Tableros contrachapados	1,00
Tableros derivados de la madera diferentes al tablero contrachapado	0,90

⁽¹⁾ Los valores se aplican para densidad característica de 450 kg/m³ y para un espesor del tablero de 20 mm. Para valores diferentes de la densidad característica ρ_k y del espesor h_p del tablero, la velocidad de carbonización básica de cálculo se determina mediante la siguiente expresión:

$$\beta_{0,p,t} = \beta_0 k_p k_t \quad (E.5)$$

siendo:

$$k_p = \sqrt{\frac{450}{\rho_k}} \quad \text{y} \quad k_t = \max \left\{ \sqrt{\frac{20}{h_p}}, 1,0 \right\} \quad (E.6) \quad (E.7)$$

donde:

ρ_k densidad característica en kg/m³
 h_p espesor del tablero en mm

- En el caso de muros o forjados formados por tableros unidos a un entramado de madera (ver figura E.2 c), el tiempo de inicio de carbonización t_{ch} de los elementos del entramado protegido puede obtenerse mediante la siguiente expresión:

$$t_{ch} = \frac{h_p}{\beta_0} - 4 \quad (E.8)$$

siendo:

h_p espesor del tablero, en caso de varias capas el espesor total, [mm];

β_0 velocidad de carbonización básica de cálculo (ver tabla E.3).

- Para los casos de elementos protegidos mediante mantas de lana de roca, que cumplan las especificaciones del párrafo 1 b) del apartado E.2.3.2.1, el tiempo para el que se produce el inicio de la carbonización t_{ch} , puede obtenerse de la siguiente expresión:

$$t_{ch} = 0,07(h_{ins} - 20)\sqrt{\rho_{ins}} \quad (E.9)$$

siendo:

h_{ins} espesor del material aislante en milímetros;

ρ_{ins} densidad del material aislante en kg/m³.

- 4 En el caso de elementos protegidos con una capa de paneles de yeso de tipo A, F o H, situados lejos de juntas entre paneles, o en las cercanías de juntas selladas o con aperturas menores de 2 mm, el tiempo de inicio de la carbonización, t_{ch} , en minutos, se obtiene de la expresión:

$$t_{ch} = 2,8h_p - 14 \quad (E.10)$$

Si el elemento protegido se encuentra cerca de juntas sin sellar, de espesor mayor de 2 mm, t_{ch} debe calcularse según la expresión:

$$t_{ch} = 2,8h_p - 23 \quad (E.11)$$

- 5 En el caso de revestimientos compuestos por dos capas de paneles de yeso, se pueden emplear las expresiones (E.10) y (E.11) siempre que las dos capas permanezcan unidas y su fallo se produzca de manera simultánea. La cercanía a las juntas entre paneles se evaluará en la capa exterior.

E.2.3.2.3 Tiempos de fallo de revestimientos de protección

- 1 El fallo del revestimiento de protección contra el fuego puede ocurrir por los siguientes motivos:
 - a) carbonización o degradación mecánica del material del revestimiento;
 - b) insuficiente longitud de penetración de los elementos de fijación en la zona no carbonizada de la madera;
 - c) separación o distancias inadecuadas de los elementos de fijación.
- 2 En el caso de revestimientos de protección contra el fuego mediante tableros derivados de la madera y tableros de madera maciza o placas de yeso de tipo A o H, se considerará como tiempo de fallo del revestimiento, t_f , el tiempo para el que se produce el inicio de la carbonización del elemento protegido, t_{ch} (ver apartado E.2.3.2.2).
- 3 El tiempo de fallo por degradación mecánica del material de los paneles de yeso de tipo F debe determinarse mediante ensayos y será proporcionado por el fabricante.
- 4 Para evitar el fallo por insuficiente longitud de penetración de los elementos de fijación en la zona no carbonizada, l_a , esta longitud será al menos de 10 mm. La longitud requerida del elemento de fijación se determinará mediante la expresión siguiente,

$$l_{f,req} = h_p + d_{char,n} + l_a \quad (E.12)$$

siendo:

h_p espesor del tablero;

$d_{char,n}$ profundidad de carbonización en el elemento de madera.;

l_a longitud mínima de penetración del elemento de fijación en la zona no carbonizada de la madera.

E.3 Reglas simplificadas para el análisis de elementos estructurales

E.3.1 Generalidades

- 1 Puede despreciarse la compresión perpendicular a la fibra.
- 2 En secciones rectangulares y circulares macizas puede despreciarse el cortante.
- 3 Cuando para el cálculo de los elementos sometidos a compresión o a flexión se tenga en cuenta el efecto del arriostramiento, debe verificarse que no se produce el fallo del mismo durante el tiempo requerido de exposición al fuego.
- 4 Se considera que no se produce el fallo del arriostramiento si el ancho y la sección reducida del mismo es al menos el 60% del ancho y la sección requerida en situación de cálculo a la temperatura normal, siempre que la fijación se realice con clavos, tirafondos, pasadores o pernos.

E.3.2 Vigas

- 1 Cuando pueda producirse el fallo del arriostramiento lateral de la viga durante el tiempo requerido de exposición al fuego, debe considerarse a efectos de cálculo la posibilidad de vuelco lateral de la viga sin arriostramiento.
- 2 En vigas con entalladuras debe verificarse que la sección residual en las proximidades de la entalladura es como mínimo del 60% de la sección requerida en condiciones de cálculo a la temperatura normal.

E.3.3 Soportes

- 1 Cuando pueda producirse el fallo del arriostramiento del soporte durante el tiempo requerido de exposición al fuego, debe considerarse a efectos de pandeo el soporte sin arriostramientos.
- 2 En estructuras arriostradas y si el sector de incendio no abarca más de una planta, puede tomarse como longitud de pandeo la mitad de la altura entre plantas intermedias, o el 0,7 de la altura de la última planta.

E.3.4 Elementos compuestos con uniones mecánicas

- 1 En elementos compuestos con uniones mecánicas, debe tenerse en cuenta la reducción del módulo de deslizamiento en la situación de incendio.
- 2 El módulo de deslizamiento K_{fi} para la situación de incendio se determina a partir de la siguiente expresión:

$$K_{fi} = K_u \cdot \eta_f \quad (\text{E.13})$$

siendo:

K_u módulo de deslizamiento en la situación normal de temperatura para los estados límite últimos de acuerdo con el DB-SE-M.; en N/mm

η_f factor de conversión definido en la tabla E.4.

Tabla E.4. Factor de conversión

	η_f
Clavos y tirafondos	0,2
Pernos, pasadores y conectores	0,67

E.4 Uniones

E.4.1 Generalidades

- 1 En este apartado se tratan las uniones entre elementos expuestos a la acción representada por la *curva normalizada tiempo-temperatura* realizadas con clavos, pernos, pasadores y conectores de anillo y de placa de acuerdo con la norma UNE EN 912:2000 y con barras encoladas. Mientras en el texto no se indique lo contrario, las reglas son solo de aplicación para *resistencias al fuego* no mayores que R 60.
- 2 Los apartados E.4.2 y E.4.3 son sólo válidos para uniones simétricas de tres elementos sometidas a carga lateral.

E.4.2 Uniones con piezas laterales de madera

E.4.2.1 Uniones no protegidas

- 1 Mediante la tabla E.5 puede obtenerse la resistencia al fuego de uniones no protegidas entre madera y madera, cuyas separaciones, distancias entre elementos de fijación y espesor de la pieza lateral cumplen los requisitos mínimos definidos en el capítulo 8 del DB-SE-M.

Tabla E.5. Resistencia al fuego de uniones no protegidas con piezas laterales de madera

	Resistencia al fuego	Condiciones
Clavos lisos	R-15	$d \geq 2,8 \text{ mm}^{(1)}$
Tirafondos	R-15	$d \geq 3,5 \text{ mm}^{(1)}$
Pernos	R-15	$t_1 \geq 45 \text{ mm}^{(2)}$
Pasadores	R-20	$t_1 \geq 45 \text{ mm}^{(2)}$
Conectores	R-15	$t_1 \geq 45 \text{ mm}^{(2)}$

⁽¹⁾ d es el diámetro de la clavija

⁽²⁾ t_1 es el espesor de la pieza lateral

- 2 En uniones realizadas con pasadores, clavos o tirafondos en los que la cabeza no sobresalga de la superficie de la pieza, pueden considerarse resistencias al fuego superiores a las indicados en la tabla

E.5 si se incrementa el espesor, la longitud y el ancho de las piezas laterales, así como las distancias a la testa y a los bordes desde los elementos de fijación, una cantidad a_{fi} , definida por la siguiente expresión:

$$a_{fi} = \beta_n \cdot k_{flux} (t_{req} - t_{fi,d}) \quad (E.14)$$

siendo:

- β_n velocidad de carbonización nominal de cálculo de la madera según tabla E.1.
- k_{flux} coeficiente que tiene en cuenta el incremento del flujo de calor a través del elemento de fijación. Puede tomarse igual a 1,5.
- t_{req} tiempo requerido de resistencia al fuego, en minutos. Esta formulación no es válida resistencias al fuego superiores a 30 minutos
- $t_{fi,d}$ tiempo de resistencia al fuego de la unión no protegida de acuerdo con la tabla E.5.

E.4.2.2 Uniones protegidas

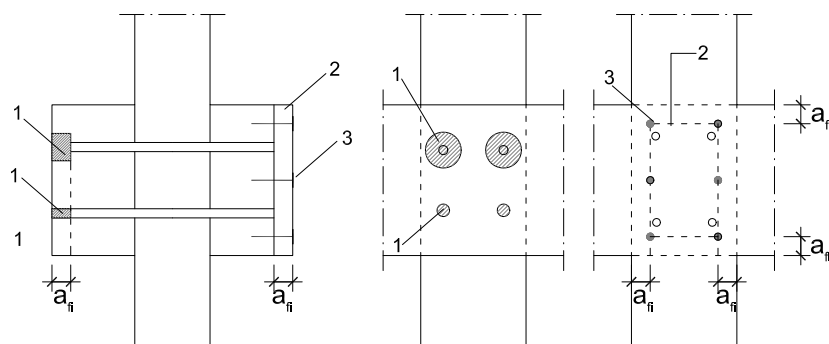
- 1 Cuando la unión se proteja mediante el adosado de tableros de madera o tableros derivados de la madera, debe cumplirse la siguiente condición:

$$t_{ch} \geq t_{req} - 0,5 \cdot t_{fi,d} \quad (E.15)$$

siendo:

- t_{ch} tiempo en el que inicia la carbonización de acuerdo con E.2.3.2.2;
- t_{req} tiempo requerido para una exposición al fuego normalizado;
- $t_{fi,d}$ tiempo de resistencia al fuego de la unión sin proteger de acuerdo con la tabla E.5, sometida al efecto de cálculo de las acciones en situación de incendio.

- 2 En uniones en las que los elementos de fijación están protegidos por tapones o parches encolados, el espesor del parche debe determinarse mediante la expresión E.14, (ver figura E.3).
- 3 La protección debe fijarse de tal manera que se evite su fallo prematuro. Cuando la protección se realice mediante tableros derivados de la madera, ésta debe permanecer en su posición hasta que se alcance el tiempo requerido de inicio de la carbonización del elemento protegido ($t = t_{ch}$).
- 4 Para la protección de uniones con pernos, la cabeza de los pernos debe protegerse con un elemento de protección de espesor a_{fi} según la ecuación E.14 (ver figura E.4).
- 5 Cuando la fijación de la protección se realice con clavos o tirafondos deben cumplirse las siguientes condiciones:
 - a) la distancia entre elementos de fijación debe ser de al menos 100 mm a lo largo de los bordes de la pieza y de al menos 300 mm en las líneas interiores (alejadas de los bordes);
 - b) la distancia a los bordes desde los elementos de fijación debe ser al menos igual a la obtenida mediante la ecuación E.14 (ver figura E.3).
- 6 La profundidad de penetración en el elemento protegido, de los elementos de fijación de tableros de madera o derivados de la madera, debe ser al menos igual a $6d$.



1. Parches encolados
2. Protección adicional utilizando tableros
3. Fijación para la protección adicional con tableros

Figura E.3. Ejemplos de protecciones adicionales mediante parches encolados y protección mediante tableros derivados de la madera o (la protección de los bordes de las piezas laterales y central no está representada en el dibujo)

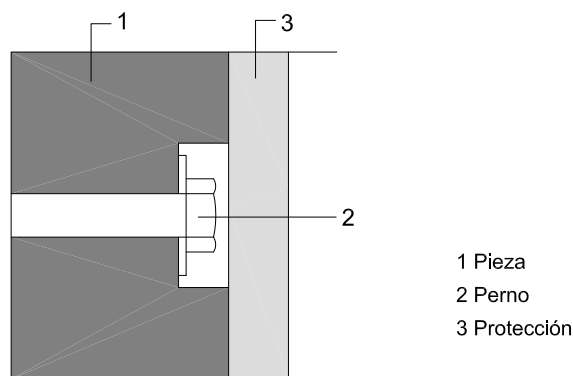


Figura E.4. Ejemplo de protección de la cabeza de un perno.

E.4.2.3 Reglas complementarias para uniones con placas de acero en el interior

- 1 En uniones con placas de acero espesor mayor o igual a 2 mm, situadas como piezas centrales, en las que la placa de acero no sobresalga respecto de la superficie de la pieza de madera, el ancho b_{st} de la placa de acero debe cumplir las condiciones definidas en la tabla E.6.

Tabla E.6. Anchos de las placas de acero con bordes sin proteger b_{st} .

	Tiempo de <i>resistencia al fuego</i> (min)	b_{st} (mm)
Bordes sin proteger en general	R-30	≥ 200
	R-60	≥ 280
Bordes sin proteger en uno o dos lados	R-30	≥ 120
	R-60	≥ 280

- 2 En placas de acero cuyo ancho sea menor que el de las piezas de madera pueden considerarse protegidas en los casos siguientes, (ver figura E.5):
 - a) En placas con un espesor no superior a 3 mm, cuando el retranqueo d_g sea mayor que 20 mm para una *resistencia al fuego* R 30, y mayor que 60 mm para una *resistencia al fuego* R 60.
 - b) En uniones con filetes encolados o tableros derivados de la madera, cuando el retranqueo d_g o el espesor del panel h_p , respectivamente, sea mayor que 10 mm para una *resistencia al fuego* R 30, y mayor que 30 mm para una *resistencia al fuego* R 60.

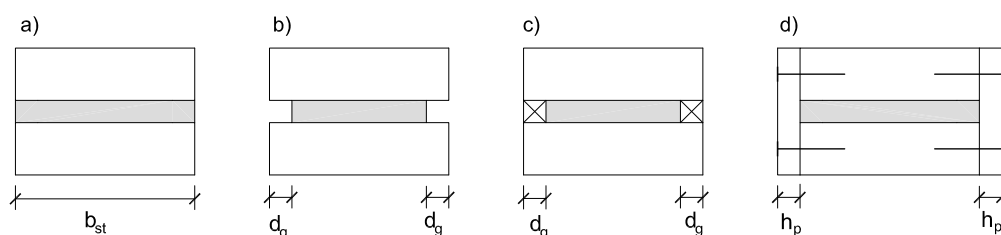


Figura E.5. Protección de los bordes de las placas de acero (no se muestran las conexiones entre la placa y la madera): a) sin proteger, b) protegidas con retranqueo, c) protegidas con filetes encolados, d) protegidas con tableros.

E.4.3 Uniones con placas de acero al exterior

E.4.3.1 Uniones no protegidas

- 1 La capacidad resistente de las placas de acero se determina mediante la aplicación de las reglas definidas en el anejo D de este Documento.
- 2 A los efectos del cálculo del factor de forma definido en el anejo D de este Documento, las superficies de acero en contacto con la madera pueden considerarse no expuestas al fuego.

E.4.3.2 Uniones protegidas

- 1 Las placas de acero utilizadas como piezas laterales pueden considerarse protegidas si están totalmente recubiertas por madera o productos derivados de la madera cuyo espesor mínimo sea igual a a_{fi} de acuerdo con la ecuación E.14 con $t_{fi,d} = 5$ min.

E.4.4 Tirafondos sometidos a carga axial

- 1 Las especificaciones contenidas en este apartado son sólo de aplicación a los tirafondos sometidos a carga axial que se encuentren protegidos de la exposición directa al fuego.
- 2 La capacidad resistente en situación de incendio se obtiene multiplicando la capacidad resistente en situación normal de temperatura (según DB-SE-M) por un coeficiente de reducción, denominado factor de conversión, cuyo valor se determina según las expresiones siguientes.
- 3 Para las uniones del tipo de las representadas en la figura E.6 con:

$$d_2 \geq d_1 + 40 \quad (E.16)$$

$$d_3 \geq d_1 + 20 \quad (E.17)$$

siendo d_1 , d_2 y d_3 distancias en mm,

El factor de conversión η se define mediante las ecuaciones siguientes:

$$\eta = 0 \quad \text{para } d_1 \leq 0,6 \cdot t_{fi,d} \quad (E.18)$$

$$\eta = \frac{0,44 \cdot d_1 - 0,264 \cdot t_{fi,d}}{0,2 \cdot t_{fi,d} + 5} \quad \text{para } 0,6 \cdot t_{fi,d} \leq d_1 \leq 0,8 \cdot t_{fi,d} + 5 \quad (E.19)$$

$$\eta = \frac{0,56 \cdot d_1 - 0,36 \cdot t_{fi,d} + 7,32}{0,2 \cdot t_{fi,d} + 23} \quad \text{para } 0,8 \cdot t_{fi,d} + 5 \leq d_1 \leq t_{fi,d} + 28 \quad (E.20)$$

$$\eta = 1,0 \quad \text{para } d_1 \leq t_{fi,d} + 28 \quad (E.21)$$

siendo:

d_1 recubrimiento lateral en mm, figura E.11.

$t_{fi,d}$ tiempo requerido de resistencia al fuego en minutos.

- 4 El factor de conversión η para recubrimientos laterales $d_2 = d_1$ y $d_3 \geq d_1 + 20$ mm puede calcularse mediante las ecuaciones E.16 a E.21, sustituyendo $t_{fi,d}$ por $1,25 \cdot t_{fi,d}$.

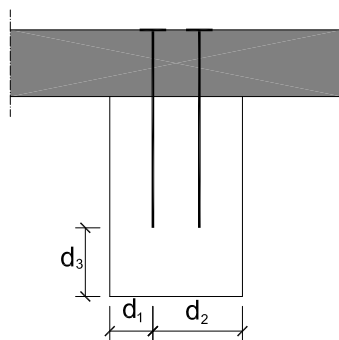


Figura E.6. Sección transversal y definición de distancias.

E.5 Disposiciones constructivas

E.5.1 Muros y forjados

E.5.1.1 Dimensiones y separaciones

- 1 La separación entre ejes de montantes de muros entramados y de viguetas de forjado no debe superar los 625 mm
- 2 En los muros, los paneles individuales deben tener un espesor mínimo $t_{p,min}$.

$$t_{p,min} = \max \left\{ \frac{l_p}{70}, \frac{l_p}{8} \right\} \quad (E.22)$$

siendo:

$t_{p,min}$ espesor mínimo del panel en milímetros

l_p luz del panel (separación entre las piezas del entramado) en milímetros.

- 3 En los elementos constructivos con una sola capa en cada lado, los tableros derivados de la madera deberán tener una densidad característica de al menos 350 kg/m^3 .

E.5.1.2 Detalles de las uniones de los tableros

- 1 Los tableros deben fijarse al entramado de madera.
- 2 Para los paneles o tableros de madera o derivados de la madera fijados con clavos, la separación máxima entre clavos será de 150 mm. La profundidad mínima de penetración debe ser ocho veces el diámetro del elemento de fijación para tableros portantes y seis veces el diámetro del elemento de fijación para los tableros no portantes. Si los paneles se fijan con tirafondos, la separación máxima será de 250 mm.
- 3 Los cantos de los tableros deberán quedar en contacto con una holgura máxima de 1 mm. Deben fijarse al entramado en al menos dos bordes opuestos. En el caso de capas múltiples este requisito se aplica a la capa externa.
- 4 En el caso de capas múltiples las juntas de los paneles deben desfasarse al menos 60 mm. Cada panel se fijará de manera individual.

E.5.1.3 Aislamiento

- 1 Las capas de materiales aislantes o tableros que sean tenidos en cuenta en el cálculo deben fijarse al entramado de madera de tal forma que se evite el fallo prematuro o descuelgue.

E.5.2 Otros elementos

- 1 Los tableros utilizados como protección de elementos estructurales tales como vigas y soportes deben fijarse a los elementos de acuerdo con las indicaciones siguientes. Los tableros deben fijarse directamente al elemento y no a otro tablero. En los revestimientos consistentes en múltiples capas de tableros, cada capa debe fijarse individualmente, y las juntas deben desfasarse al menos 60 mm. La separación entre los elementos de fijación no debe ser mayor que el menor de los valores siguientes: 200 mm. o 17 veces el espesor del tablero h_p . En relación a la longitud del elemento de fijación, se aplicará lo indicado en el párrafo 2 del apartado E.5.1.2., véase figura E.7 b). La distancia al borde no debe ser mayor que 3 veces el espesor del tablero h_p , ni menor que 1,5 veces el espesor del tablero ó 15 mm., eligiendo el menor valor de ambos.

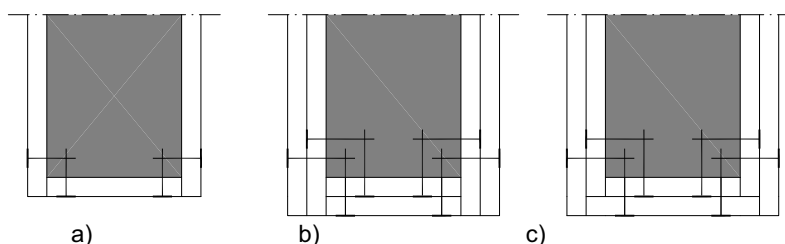


Figura E.7. Ejemplos de fijaciones para los tableros de protección

E.6 Adhesivos

- 1 Los adhesivos para uso estructural deben producir uniones con resistencia y durabilidad tales que la integridad del encolado se mantenga durante el periodo de resistencia al fuego exigido.
- 2 Para el encolado de madera con madera, madera con productos derivados de la madera o productos derivados de la madera con productos derivados de la madera, deberán utilizarse adhesivos de tipo fenol-formaldehído y aminoplásticos de tipo 1 de acuerdo con la norma UNE EN 301:1994 y adhesivos para tablero contrachapado y madera microlaminada de acuerdo con la norma UNE EN 314:1994.
- 3 Para el encolado de barras de acero, la temperatura de reblandecimiento del adhesivo deberá determinarse experimentalmente.