COLECCIÓN FICHAS SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS

PROTECCIÓN PASIVA

1.4. Estabilidad al fuego. Protección estructural

Lluís Masimon Clavera
Ingeniero técnico industrial

ENGINYERS BCN
COL·LEGI D'ENGINYERS GRADUATS
I ENGINYERS TÈCNICS INDUSTRIALS
DE BARCELONA

Con el soporte de:

ROCKWOOL®
FIRESAFE INSULATION

Créditos

Autor:
Lluís Masimon Clavera

Coordinación:
Laia Liébana y Òscar Rosique

Revisión:
Comissió de Seguretat Contra Incendis i Emergències

Coordinación editorial:
Departament de Formació, Comunicació i Màrqueting

1ª Edición:
Julio de 2016

Edita:
Col·legi d'Enginyers Graduats i Enginyers Tècnics Industrials de Barcelona
Consell de Cent, 365 - 08009 Barcelona
Tel.: 934 96 14 20 - Fax: 932 15 20 81
ebcn@ebcn.cat - www.enginyersbcn.cat

Corrección y asesoramiento lingüístico:
l'Apòstrof

Diseño gráfico:
María Luque

Con el soporte de:

ROCKWOOL®
FIRESAFE INSULATION

Índice

1. Objetivo y alcance 04
2. Normativa de referencia 04
3. Sistemas de estabilidad al fuego estructural 05
3.1. Pinturas intumescentes 05
3.2. Morteros de perlita y vermiculita 06
3.3. Lanas minerales 07
3.3.1. Mortero proyectado de lana mineral 07
3.3.2. Paneles semirrígidos de lana mineral 08
3.4. Placas/paneles de yeso o fibrosilicato 08
4. Apoyos estructurales 09
Recordatorio de la nomenclatura de la estabilidad al fuego 09
4.1. Soluciones de protección pasiva para estructuras de hormigón 09
4.1.1. Forjados 10
4.1.2. Vigas y pilares 13
4.2. Estructuras de acero 15
4.2.1 Vigas y pilares 18
4.2.2. Elementos de sustitución (tipo NOU BAU) 19
4.3. Estructuras de madera 19
4.3.1. Forjados 20
4.3.2. Elementos individuales 21
4.4. Estructuras mixtas – forjado colaborante 22
5. Mantenimiento 23
6. Caducidad del certificado 23
7. Caso práctico 23
8. Anexo. Tablas de factores de forma de perfiles estándares 32
9. Archivos PROveedores COMerciales 34

1. Objeto y alcance

Esta es una ficha eminentemente práctica, que pretende definir los diferentes sistemas más comunes para la protección al fuego de los elementos estructurales que requieren, según normativa, una estabilidad al fuego determinada, y profundizar en cada uno de los tipos de estructura a tratar para hallar los sistemas más adecuados de protección que se deben prescribir.

El alcance de esta ficha va desde las normativas de referencia hasta cómo calcular en cada caso la protección específica que se determine. Se dará una visión global de cada tipo de sistema para poder elaborar un criterio adecuado para cada situación.

2. Normativas de referencia

Los ensayos de productos utilizados para la protección estructural (resistencia al fuego) se realizan a partir de la norma de ensayo para determinar la contribución a la resistencia al fuego de los elementos estructurales UNE EN-13381-X. Esta X dependerá del material a proteger y/o del tipo de material protector:

- **UNE EN-13381-1:** Protección aplicada a membranas protectoras horizontales.
- **UNE EN-13381-2:** Protección aplicada a membranas protectoras verticales
- **UNE EN-13381-3:** Protección aplicada a los elementos de hormigón
- **UNE EN-13381-4:** Protección PASIVA aplicada a los elementos de acero (*)
- **UNE EN-13381-5:** Protección aplicada a elementos mixtos de hormigón y chapa de acero perfilado
- **UNE EN-13381-6:** Protección aplicada a pilares vacíos rellenos con hormigón
- **UNE EN-13381-7:** Protección aplicada a vigas de madera
- **UNE EN-13381-8:** Protección REACTIVA aplicada a los elementos de acero (**)

(*): PASIVA: Aquellos elementos de protección que actúan por grosor aplicado en obra de tipo mortero de perlita y vermiculita o lana de roca.

(**): REACTIVA: Sobre todo las pinturas intumescentes, ya que reaccionan ante el fuego desarrollando una intumescencia que es térmicamente aislante.

Otras normativas de referencia:

- **CTE-SI**: Seguridad en caso de incendio.
- **RSCIEI-2004**: Reglamento de Seguridad Contraincendios en Establecimientos Industriales.

- **UNE-EN 1993-1-1:2008 Eurocódigo 3**: Proyecto de estructuras de acero. Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificios.

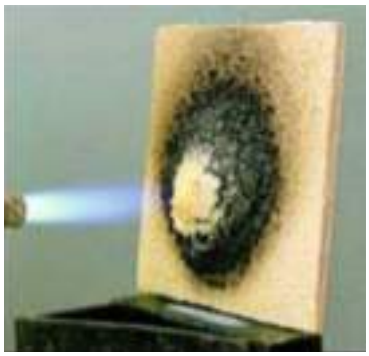
3. Sistemas de estabilidad al fuego estructural

A continuación se hace una breve descripción de los sistemas más empleados para la protección pasiva de los elementos estructurales, tanto para el acero y el hormigón como para la madera.

3.1. Pinturas intumescentes

Son productos que actúan de forma reactiva ante el fuego.

Pinturas, barnices o revestimientos, de capa fina, capaces de formar un aislamiento térmico por la creación de una masa carbonosa expandida y aislante cuando se produce un incremento significativo de la temperatura. El efecto de esta reacción se llama *intumescencia*.



El coeficiente de conductividad térmica del carbono es mil veces menor que el del acero, y en eso se basa la filosofía de estos materiales. Pero también son altamente eficaces por otros motivos: la reacción química que se produce es endotérmica, por lo que se aprovecha el calor del mismo incendio; los gases que desprende, que no son de naturaleza tóxica, actúan como refrigerantes de la misma capa intumescente que se forma; el volumen de espuma carbonosa formado (intumescencia), muy porosa y llena de gases, es un eficaz aislante térmico.

Estos materiales se pueden aplicar a brocha, rodillo o pistola *airless*. Esta aplicación dependerá de variables como el volumen de la obra, la dificultad de acceso donde se debe aplicar el producto, los requerimientos de trabajo de la misma obra (ambiente, polvo...), etc.

Dentro de este ámbito, están también las pinturas llamadas *ablativas*, que se utilizan principalmente para la protección del hormigón, y que son capaces de crear un elevado aislamiento térmico por deshidratación y de laminación progresiva de la masa carbonosa que se forma cuando se produce un incremento significativo de la temperatura.

Las pinturas intumescentes y las ablativas son productos que, según el Reglamento UE n.º 305/2011 de Productos de Construcción, no necesitan el marcaje CE, ya que van por la vía DEE (documento de evaluación europeo), denominada antiguamente Guía DITE.

3.2. Morteros de perlita y vermiculita

Se trata de un mortero seco de grano fino fabricado industrialmente sobre la base de perlita (roca volcánica tratada), aligerado con minerales laminares, tipo vermiculita, y formulado con varios aditivos para mejorar su aplicación mecánica (que se crea amasando con agua y proyectando) y también para optimizar su endurecimiento y sus características físico-químicas del producto fraguado y endurecido sobre el soporte a proteger. Pueden ser de yeso (color final blanco) o cemento (color final gris). Se aplica mediante una máquina mezcladora automática de proyección por vía húmeda y con bomba helicoidal. Su aspecto final es rugoso.

De cara a una buena adherencia con el material a proteger, se deben seguir las instrucciones del fabricante y del ensayo.

Es efectivo por su baja conductividad térmica; por lo tanto, es muy importante el grosor que se debe aplicar, que viene dado por el tipo de elemento a proteger y por la resistencia al fuego solicitada. En el caso del acero, se deben mirar las tablas del fabricante en las que se indica el grosor a aplicar según el factor de forma del perfil y la resistencia al fuego necesaria. En el caso del hormigón, actúa como espesor equivalente; es decir, según el grosor equivalente de hormigón necesario para llegar a una resistencia determinada al fuego (según las tablas del Anexo C del DBSI 6), el ensayo indica el espesor de mortero que hay que proyectar. En el caso de la madera, el ensayo indica el grosor a aplicar según la resistencia al fuego; en realidad, indica el tiempo de retardo de la combustión.

Son productos que, según el Reglamento UE n.º 305/2011 de Productos de Construcción, no necesitan el marcaje CE, ya que van por la vía DEE (documento de evaluación europeo), denominado antiguamente Guía DITE.

3.3. Lanas minerales

Las lanas minerales son productos aislantes naturales constituidos por un entramado de filamentos de materiales pétreos que forman un fieltro que mantiene entre ellos aire inmovilizado, de manera que ofrecen una elevada resistencia al fuego. Son materiales incombustibles, no existe reacción ante el fuego y no existe, tampoco, aportación de energía calorífica ni desprendimiento de humos de combustión. Podemos hallar este tipo de material en dos formas diferentes: como mortero para proyectar y como paneles semirrígidos.

3.3.1. Mortero proyectado de lana mineral

El mortero de lana de roca se aplica mediante una máquina neumática que proyecta el mortero en seco hasta la punta de la embocadura, donde se realiza la mezcla con agua pulverizada. Se proyecta directamente sobre el soporte a proteger sin ninguna operación previa y ningún tipo de refuerzo.

El grosor que se aplica depende directamente del factor de forma del perfil y de la resistencia al fuego solicitada.

3.3.2. Paneles semirrígidos de lana mineral

Los paneles semirrígidos tienen unas características equiparables, en cuanto a ensayos, a las placas rígidas. Sin embargo, es un sistema más centrado en protección de ventilaciones o sectorización oculta. También se puede utilizar para estructuras metálicas, tal y como se muestra en la foto, cuando se requiere una instalación limpia y/o una elevada estabilidad al fuego.

Las lanas minerales para aplicaciones en la edificación tienen la obligatoriedad del marcado CE como materiales aislantes térmicos.

3.4. Placas/paneles de yeso o fibrosilicato

El sistema de placas rígidas contra el fuego es principalmente material de sectorización: compartimentación de falso techos, pantallas cortafuegos, encofrado de perfilería, etc. Pero también se utiliza en aplicaciones específicas de protección contraincendios donde se prioriza un acabado especialmente embellecido o donde hay dificultad para la aplicación de mortero o pintura o, también, donde la estabilidad al fuego es elevada. En estos sistemas se debe poner atención en la perfilería necesaria para la instalación.

Existen dos tipos de paneles de placa rígida: los paneles de fibrosilicato y los de cartón yeso. La diferencia entre ambos se halla más en la fabricación y la dificultad de instalación que en las características antiincendios.

Los de fibrosilicato son placas compuestas por silicatos cálcicos, reforzados con fibras inorgánicas resistentes al fuego, y sometidas durante el proceso de fabricación a un tratamiento térmico que les otorga buenas características mecánicas; por este motivo se pueden instalar mediante grapas, tornillos o clavos sin ningún problema.

Los paneles de cartón yeso están compuestos por una alma de yeso especial recubierta por láminas de fibra de vidrio incombustible. Eso les confiere rigidez en todo el conjunto. Obtienen mayor facilidad de manipulación en la instalación.

En el momento de elegir uno de estos materiales, hay que fijarse más en las características específicas antiincendios del ensayo que en el tipo de material.
Muy utilizado en parallamas.

Los paneles rígidos de cartón yeso y de fibrosilicato requieren del marcaje CE.

4. Apoyos estructurales

En este punto se estudiará cómo proteger del fuego los diferentes soportes clasificados según los anexos del documento básico de seguridad en caso de incendio (DBSI) del Código Técnico de la Edificación.

Anexo C: Resistencia al fuego de las estructuras de hormigón armado.
Anexo D: Resistencia al fuego de los elementos de acero.
Anexo E: Resistencia al fuego de las estructuras de madera.

Recordatorio de la nomenclatura de la estabilidad al fuego

R: Capacidad portante *(resistance)*
E: Integridad *(integrity)*
I: Aislamiento *(insulation)*

R(t): tiempo que se cumple la estabilidad al fuego o capacidad portante (similar al concepto de estabilidad al fuego, EF). Es específico para elementos que solo ejercen la función portante, como las vigas y los pilares.

EI(t): tiempo que se cumple la estabilidad y la integridad al paso de las llamas y gases calientes (similar al concepto de parallamas, PF) y a la temperatura. Es específico en elementos separadores no portantes, como las medianeras, las paredes, las fachadas, los cortafuegos, etc.

REI(t): tiempo que se cumple la estabilidad, la integridad y el aislamiento térmico (similar al concepto de resistencia al fuego, RF) y aislamiento a la temperatura. Es específico en elementos separadores que también actúan como portantes, como los forjados o muros portantes.

4.1. Soluciones de protección pasiva para estructuras de hormigón

Ante el fuego, el hormigón actúa de la siguiente manera:

- Disminuye su resistencia en función de la temperatura; una vez alcanzados los 500 ºC, el hormigón pierde el 50 % de su capacidad resistente (el acero, el 80 %).

- Los recubrimientos de hormigón de las armaduras son buenos aislantes térmicos, evitan su calentamiento y se convierten en una protección integrada. Por lo tanto, este es un punto clave. Un aspecto crítico es la alteración de la adherencia entre armadura y hormigón.

- La dilatación y evaporación del agua de los poros aislados producen un desprendimiento explosivo del recubrimiento (*spalling*).

- El aumento de temperatura del hormigón produce un aumento en la deformación.

- El hormigón presenta un excelente comportamiento a la compresión, pero resiste mal la tracción. Este componente es absorbido por el acero, que trabaja bien sometido a este esfuerzo.

- La exposición térmica en los techos es más severa debido al efecto combinado de la convección y la radiación. Las barras situadas en la cara inferior tienen que absorber importantes esfuerzos de tracción, y la reducción de las capacidades resistentes puede llevar el elemento a una situación de fallo.

Por lo tanto, en el caso de las estructuras de hormigón armado, hay que fijarse principalmente en las medidas de la estructura estudiada, y en el recubrimiento de hormigón que tienen sus armaduras, que en el Anexo C se denomina *distancia mínima equivalente al eje* a_m (se estudiará un caso para practicar este cálculo). Estas dos variables nos darán la estabilidad al fuego de la estructura. Los recubrimientos estándares de las armaduras por durabilidad, en lo que se refiere a la anticorrosión, exigidos a las estructuras de hormigón armado pueden estar entre 15 mm y 65 mm. Sin embargo, para estructuras existentes, si no se dispone de proyecto reciente, se recomienda realizar una cata para confirmarlo. Un valor habitual son 25 mm, pero puede ser diferente en cada caso.

Una vez conocido este grosor de recubrimiento de hormigón de la armadura, hay que fijarse en las tablas del Anexo C del DBSI 6 para saber el punto en el que estamos.

En el supuesto de que no lleguemos a la estabilidad deseada, se deberá actuar con métodos de protección pasiva para llegar hasta donde nos indique la normativa.

Diferentes métodos/sistemas para añadir estabilidad al fuego en el hormigón

Placas / Lanas. La estabilidad al fuego que confieren estos productos es proporcional al grosor instalado de acuerdo con los ensayos del fabricante.

Pintura. La protección a la estabilidad al fuego de la pintura de protección pasiva contra el fuego en el hormigón, que se denomina comercialmente *pintura ablativa*, se justifica como grosor equivalente de hormigón. Son pinturas que frente al fuego ofrecen una resistencia que los ensayos de los fabricantes traducen a grosor de hormigón equivalente. Por lo tanto, el valor que nos ofrecen las tablas de los ensayos son gruesos que equivalen al espesor del hormigón.

Morteros perlita y vermiculita. Son productos que justifican su eficacia frente al fuego como grosor equivalente de hormigón, igual que las pinturas ablativas.

4.1.1. Forjados

A los forjados se les pide una estabilidad al fuego REI, es decir, no solo la R de resistencia al fuego, como pueden tener los elementos que actúan únicamente como elementos portantes, sino también se les pide la EI (sectorización); eso añade una protección del forjado ante al paso de las llamas y de los gases calientes (E), y de aislamiento térmico (I), tal y como se ha visto en el punto 4.

Dado que la distancia mínima equivalente a_m (el recubrimiento de hormigón de la armadura) es un valor importante y que hay que tenerlo en cuenta en todo el apartado de hormigón, hay un ejemplo de cómo calcularlo en el punto 4.1.2 de vigas y pilares.

Ejemplo:

Veamos un ejemplo de cómo proteger el hormigón con mortero de perlita y vermiculita.

Tenemos un forjado bidireccional que, según la tabla C.5 de la Anexo C, cumple un REI90 en la opción 1.

Tabla C.5 Forjados bidireccionales

Resistencia al fuego	Anchura de nervio mínimo b_{min} / Distancia mínima equivalente al eje a_m [1] (mm)			Espesor mínimo h_{min} (mm)
	Opción 1	Opción 2	Opción 3	
REI 30	80 / 20	120 / 15	200 / 10	60
REI 60	100 /30	150 / 25	200 / 20	80
REI 90	120 / 40	200 / 30	250 / 25	100
REI 120	160 / 50	250 / 40	300 / 35	120
REI 180	200 / 70	300 / 60	400 / 55	150
REI 240	250 / 90	350 / 75	500 / 70	175

(1) Los recubrimientos por exigencias de durabilidad pueden requerir valores superiores.

Esto quiere decir que la anchura mínima del nervio (b_{min}) es de 120 mm y que el recubrimiento de hormigón de la armadura (a_m) es de 40 mm. Por otro lado, también sabemos que el grosor del forjado, en su valor mínimo (h_{min}), es de 100 mm.

Pero pongamos por caso que se necesita un REI180:

Tabla C.5 Forjados bidireccionales

Resistencia al fuego	Anchura de nervio mínimo b_{min} / Distancia mínima equivalente al eje a_m [1] (mm)			Espesor mínimo h_{min} (mm)
	Opción 1	Opción 2	Opción 3	
REI 30	80 / 20	120 / 15	200 / 10	60
REI 60	100 /30	150 / 25	200 / 20	80
REI 90	120 / 40	200 / 30	250 / 25	100
REI 120	160 / 50	250 / 40	300 / 35	120
REI 180	200 / 70	300 / 60	400 / 55	150
REI 240	250 / 90	350 / 75	500 / 70	175

(1) Los recubrimientos por exigencias de durabilidad pueden requerir valores superiores.

Por lo tanto, mirando otra vez la tabla C.5, nos damos cuenta de que necesitamos: una anchura mínima de nervio (b_{min}) de 200 mm, un recubrimiento de hormigón de la armadura (a_m) de 70 mm y un grosor de forjado (h_{min}) de 150 mm.

Esto quiere decir que se debe añadir el espesor equivalente de hormigón:

Al nervio (b_{min}) hay que añadirle un espesor de hormigón equivalente de 40 mm por cada cara, de manera que se llegue al total de 80 que necesitamos (se tiene que pasar de 120 mm a 200 mm).

Para la distancia mínima equivalente (a_{min}) faltan 30 mm (se tiene que pasar de 40 mm a 70 mm).

Y para un grueso mínimo (h_{min}), se necesitan 50 mm (se tiene que pasar de 100 mm a 150 mm).

Ahora observamos un ensayo de un mortero de perlita y vermiculita:

Hay que fijarse en la columna de la estabilidad al fuego que se requiere. En este caso es de 180 minutos.

Evaluación del Espesor equivalente de hormigón.

El espesor equivalente de hormigón final obtenido según las curvas isotermas del Eurocódigo 2 (UNE ENV 1992-1-2:1995. Proyecto de Estructuras de Hormigón. Parte 1-2: Reglas Generales. Proyecto de Estructuras frente al Fuego) para el hormigón, de fecha Diciembre de 1996 es:

	Tiempo (min)					
	30	60	90	120	180	240
d_{pmin} = 10,61 mm Espesor medio total de aplicación .	31	37	41	42	44	44
d_{pmax} = 20,18 mm Espesor medio total de aplicación .	38	49	59	62	66	69
	Valores de espesor equivalente de hormigón en mm					

Y esta columna, según el ensayo de este producto, nos da dos valores (44 mm y 66 mm). Estos valores son el espesor equivalente de hormigón que confiere este producto según el grosor aplicado. Eso quiere decir que si se aplican 10,61 mm de mortero es como si se añadiera un grueso de 44 mm de hormigón, y si se aplican 20,18 mm de mortero es como si se añadieran 66 mm de hormigón. De aquí que se hable de «espesor equivalente de hormigón».

Si tomamos la primera fila (10,61 mm de mortero), da 44 mm de hormigón equivalente. Con esto cumpliríamos la b_{min} y la a_{min}, pero no la h_{min} (se llegaría a 144 no a 150), será necesario tomar el valor de la segunda fila y aplicar un grueso de 20,18 mm de mortero para cumplir la estabilidad al fuego de REI180.

Los valores resultantes son:

Inicio:

b_{min}/a_{min}: 120/40
h_{min}: 100

Una vez aplicados los 20,18 mm de perlita y vermiculita:

b_{min}/a_{min}: 252/106 (requerido 200/70) (*)
h_{min}: 166 (requerido 150)

(*): A la b_{min} se multiplica el valor del espesor equivalente por dos, ya que se aplica a las dos caras del nervio.

4.1.2. Vigas y pilares

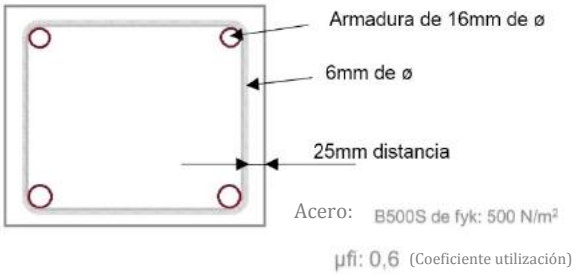
VIGAS. La presencia de armaduras traccionadas hacia la parte inferior debilita estos elementos frente el ataque del fuego. La exposición térmica es más severa debido al efecto combinado de la convección y la radiación, y las barras situadas en la cara inferior tienen que absorber importantes esfuerzos de tracción. Por lo tanto, la reducción de las capacidades resistentes puede llevar el elemento a una situación de fallo.

PILARES. En estos elementos, el esfuerzo principal es la compresión, a pesar de que las armaduras pueden tener un papel importante para absorber la compresión sesgada y el pandeo.

En ambos casos la resistencia al fuego del elemento depende esencialmente del recubrimiento de las barras: la a_{min}. Seguidamente se verá un ejemplo de cómo calcular esta distancia mínima equivalente.

Ejemplo:

Tenemos el siguiente pilar de hormigón armado:



Se define la distancia mínima equivalente al eje a_{min} a efectos de resistencia al fuego según:

$$a_m = \frac{\sum\left[A_{si} f_{yki}(a_{si} + \Delta a_{si})\right]}{\sum A_{si} f_{yki}}$$

Donde:

A_{si}: área de cada una de las armaduras i.
a_{si}: distancia al eje de cada una de las armaduras i, al paramento expuesto más cercano.
f_{yki}: resistencia característica del acero de las armaduras i.
Δa_{si}: corrección debida a las diferentes temperaturas críticas del acero según la tabla C.1 del Anexo D del DBSI.

Si todas las armaduras son de la misma sección, el valor de la distancia mínima equivalente queda reducido según la siguiente fórmula:

$a_{min}=a_{si} + \Delta a_{si}$

Donde, según el ejemplo del pilar:

$$a_{si}= 25\ mm + 6\ mm + \frac{16\ mm}{2} = 39\ mm$$

Se debe hallar Δa_{si} para sumarlo al valor hallado de a_{si} y obtener finalmente la a_{min}. Para eso nos tenemos que remitir a la tabla C.1 del Anexo D del DBSI.

Para leer la tabla, necesitaremos saber el coeficiente de utilización (μ_{fi}), que habitualmente es 0 por un elemento sin carga, 1 por un elemento a carga máxima, y de 0,5 a 0,6 por un elemento en situación de incendio.

También en esta tabla se puede observar, por ejemplo, que castiga el hormigón pretensado. Es decir, es una tabla de corrección del tipo de material empleado y del uso estructural de este.

Tabla C.1. Valores de Δa_{si} (mm)

μ_{fi}	Acero de armar		Acero de pretensar			
	Vigas[1] y losas (forjados)	Resto de los casos	Vigas[1] y losas (forjados)		Resto de los casos	
			Barras	Alambres	Barras	Alambres
≤0,4	+5		-5	-10		
0,5	0	0	-10	-15	-10	-15
0,6	-5		-15	-20		

(1) En el caso de armaduras situadas en las esquinas de vigas con una sola capa de armadura se reducirán los valores de Δa_{si} en 10 mm, cuando el ancho de las mismas sea inferior a los valores de b_{min} especificados en la columna 3 de la tabla C.3.

En el caso que nos ocupa:

Sabemos que μ_{fi} es 0,6 y que se trata de un pilar, por lo tanto Δa_{si}= 0.

Finalmente obtenemos:

$a_{min}= a_{si} + \Delta a_{si} = 39 + 0= 39\ mm$

A partir de aquí, el cálculo para proteger este tipo de elementos es igual al visto en el punto anterior (4.1.1 de forjados), pero utilizando las tablas específicas del anexo C del DBSI para cada elemento (para pilares las tablas del punto C.2.2 y para vigas las tablas del punto C.2.3).

4.2. Estructuras de acero

Comportamiento del acero ante el fuego

El acero cambia con la temperatura y reduce los valores resistentes y su límite elástico. Tiene una fase plástica muy importante y deforma mucho antes de su rotura.

Temperatura crítica: es la temperatura de un elemento con una capacidad portante igual a las cargas actuantes.

Para la protección del acero frente al fuego, se debe saber:

- Temperatura crítica: esta viene determinada según la UNE-EN 1993-1-1 y habitualmente llega a 500ºC para acero grueso de clase 1, 2 y 3, ya que se considera que a partir de esta temperatura el elemento puede entrar en colapso. Y una temperatura crítica de 350ºC en casos de secciones esbeltas (clase 4 según el Eurocódigo 3 parte 1.1).

- Concepto de factor de forma (masividad), que según el Anexo D del DBSI es:

$$\text{Factor de forma} = \frac{A_m}{V} \ (m^{-1})$$

Donde:

A_m: es la superficie expuesta al fuego del elemento por unidad de longitud, considerando únicamente la del contorno expuesto.
V: volumen del elemento de acero por unidad de longitud.

No obstante, si se trata de perfiles de sección constante, esta fórmula queda reducida a:

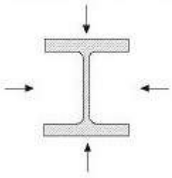
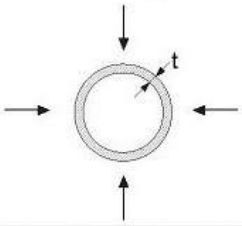
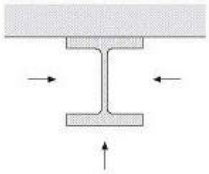
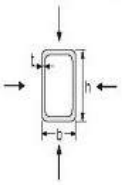
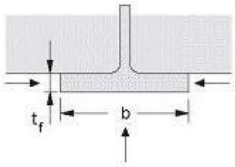
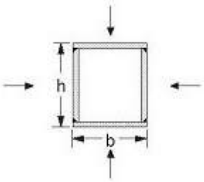
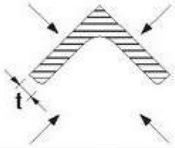
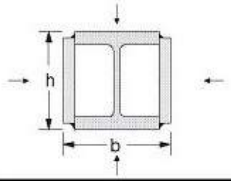
$$\text{Factor de forma} = \frac{P_s}{A_s} \ (m^{-1})$$

Donde:

P_s: perímetro expuesto al fuego del elemento.
A_s: área de la sección del elemento de acero.

Las unidades del factor de forma son m^{-1}.

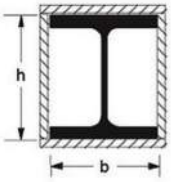
Aplicando la fórmula anterior, y haciendo algunas simplificaciones algebraicas, se obtiene el formulario del cuadro adjunto.

Factor de sección (A_m / V)	Factor de sección (A_m / V)
Sección abierta expuesta al fuego en todas sus caras: $\frac{A_m}{V} = \frac{\text{perímetro}}{\text{área de la sección transversal}}$ 	Tubo expuesto al fuego en todas sus caras: $A_m / V = 1/t$ 
Sección abierta expuesta al fuego en tres de sus caras: $\frac{A_m}{V} = \frac{\text{superficie expuesta al fuego}}{\text{área de la sección transversal}}$ 	Sección hueca (o sección en cajón soldada con espesor uniforme) expuesta al fuego en todas sus caras: Si $t << b$: $A_m / V \approx 1/t$ 
Sección en T abierta expuesta al fuego en tres de sus caras: $A_m / V = (b + 2t_f)/(bt_f)$ Si $t << b$: $A_m / V \approx 1/t_f$ 	Sección en cajón soldada expuesta al fuego en todas sus caras: $\frac{A_m}{V} = \frac{2(b+h)}{\text{área de la sección transversal}}$ Si $t << b$: $A_m / V \approx 1/t$ 
Perfil angular expuesto al fuego en todas sus caras: $A_m / V = 2/t$ 	Sección en doble T abierta reforzada en cajón, expuesta al fuego en todas sus caras: $\frac{A_m}{V} = \frac{2(b+h)}{\text{área de la sección transversal}}$ 

Son fórmulas guía para calcular el factor de forma según la sección geométrica de los perfiles cuando están sin protección.

Como se puede observar, por ejemplo, en el caso de los perfiles circulares haciendo la inversa del grosor ya se obtiene el factor de forma. Y en el caso de los perfiles angulares expuestos en todas sus caras, se puede calcular multiplicando por dos la inversa del grosor; igual que en el caso de las planchas expuestas en las cuatro caras. Cuando están expuestas en tres caras, se puede simplificar su cálculo con la inversa del grosor.

En el caso del cálculo del factor de forma de los perfiles que se protegen con paneles de lana de roca o con placas, se realiza según indica la siguiente fórmula genérica:



$$\textit{Factor de forma} = \frac{2(b + h)}{A_s} \quad (m^{-1})$$

Existen muchas tablas ya elaboradas donde el factor de forma está calculado teniendo en cuenta las diferentes caras expuestas al fuego, e incluso las caras protegidas. Al final de esta ficha se adjuntan unas tablas con los perfiles más usuales.

Sin embargo, siempre pueden salir posiciones de los perfiles en obra donde las caras expuestas no coinciden con las indicadas en las tablas, y por lo tanto se deberá calcular su factor de forma manual (se verá un ejemplo en el caso práctico al final de esta ficha). O también se puede calcular manualmente cuando los perfiles son de sección variable.

Ejemplo de tabla existente de factor de forma calculado:

PERFILES **IPN**
UNE 36,521
DIN 1025-5

Denominación IPN	h (mm)	B (mm)	m^{-1}	m^{-1}	m^{-1}	m^{-1}
80	80	42	401,1	321,9	345,6	266,5
100	100	50	349,1	283,0	301,9	235,8
120	120	58	309,2	250,7	268,3	209,9
140	140	66	274,3	225,1	238,3	189,1
160	160	74	252,2	205,3	219,7	172,8
180	180	82	229,4	187,8	200,0	158,4
200	200	90	211,6	173,1	184,8	146,3
220	220	98	195,7	160,6	171,0	135,9
240	240	106	183,1	150,1	160,1	127,1
260	260	113	169,7	139,7	148,5	118,5
280	280	119	158,1	130,6	138,6	111,1
300	300	125	149,1	123,0	131,0	104,9
320	320	131	140,1	115,0	123,,3	99,1
340	340	137	132,5	109,9	116,7	94,1
360	360	143	124,6	103,6	109,9	88,9
380	380	149	118,7	98,9	104,8	85,0
400	400	155	112,7	94,1	99,6	80,9
450	450	170	100,7	84,4	89,1	72,8
500	500	185	90,6	76,1	80,3	65,8
550	550	200	84,0	70,4	75,1	61,0
600	600	215	75,6	64,2	67,1	55,7

Diferentes métodos/sistemas para añadir estabilidad al fuego al acero

Pintura. La protección de la estabilidad al fuego de las pinturas de protección pasiva contra el fuego en el acero, la da el grosor medido en micras, indicado en las tablas que nos facilitan los fabricantes, cruzando el factor de forma y la resistencia al fuego necesaria.

Morteros de perlita y vermiculita. Igual que el caso de las pinturas, aunque el grosor se suele dar en milímetros.

Placas / paneles. Según la resistencia al fuego será necesario poner más o menos placas para llegar al grosor que indique el ensayo.

4.2.1 Vigas y pilares.

Para la protección al fuego de vigas y pilares, solo hay que conocer la resistencia al fuego que nos pide la normativa, calcular el factor de forma del perfil a proteger, y aplicar las tablas a la temperatura crítica escogida (habitual 500ºC) del ensayo de los fabricantes del producto escogido para protegerlos.

Ejemplo: se dispone de un pilar IPN 300 a cuatro caras y se requiere un R90. Observando las siguientes tablas de pintura intumescente que facilita el fabricante, se puede obtener el grosor que se debe aplicar de pintura para llegar a la estabilidad al fuego que nos interesa.

Si se observa la tabla del factor de forma (más arriba), y buscamos una IPN 300 a cuatro caras, nos damos cuenta que su factor de forma es de 149,1 m^{-1}.

MASIVIDAD	VIGAS	COLUMNAS	SECCIONES HUECAS*
47			1,278
49		1,067	1,278
50		1,134	1,278
55		1,200	1,385
60		1,267	1,523
65		1,334	1,660
70		1,401	1,798
75	0,907	1,467	1,935
80	0,943	1,534	2,073
85	0,980	1,601	2,210
90	1,016	1,668	2,347
95	1,053	1,734	2,485
100	1,090	1,801	2,622
105	1,126	1,868	2,760
110	1,163	1,935	2,897
115	1,199	2,001	3,035
120	1,236	2,068	3,172
125	1,272	2,135	3,309
130	1,309	2,202	3,447
135	1,345	2,268	3,584
140	1,382	2,335	3,722
145	1,418	2,402	3,859
150	1,455	2,469	3,997
155	1,491	2,535	4,134
160	1,528	2,602	4,295
165	1,575	2,669	4,551
170	1,622	2,736	4,806
175	1,669	2,802	5,061
180	1,716	2,864	5,317
185	1,763	2,923	5,572
190	1,810	2,982	5,828

Este valor se traspasa a la tabla del ensayo del producto (en este caso una pintura intumescente), y se obtiene el grosor a aplicar de este producto para la protección al fuego del perfil. Tomamos un factor de forma de 150 m^{-1} (en los ensayos suelen saltar las unidades de cinco en cinco), por lo tanto se toma un valor superior para redondear por el lado de la seguridad; ya que cuanto mayor es la masividad, más grosor se debe aplicar (perfil más pequeño).

Finalmente obtenemos que el grosor a aplicar es 2.469 micras de pintura intumescente, siempre siguiendo las recomendaciones del fabricante, como por ejemplo la aplicación previa de imprimación para garantizar el puente de anclaje entre el acero y la pintura intumescente.

Nota: En las memorias no se debe hablar nunca de capas de pintura intumescente, sino del espesor en micras, porque el grosor que se deja por capa depende del sistema utilizado para la aplicación (brocha, rodillo, pistola air-less) y también de la mano del aplicador. Por lo tanto, olvidamos el tema de capas, lo dejamos para el profesional aplicador y nos concentramos en el grosor que se deba aplicar.

4.2.2. Elementos de sustitución (tipo NOU BAU)

Es un sistema de **sustitución** funcional de vigas degradadas. No es un elemento de refuerzo, es de sustitución. Habitualmente se utiliza para sustituir perfiles en mal estado, que puede provenir de diferentes patologías según el material: termitas en la madera, aluminosis o carbonatación u oxidación de la armadura de acero en el hormigón, etc.

Se trata de perfilería metálica de grosor fino que envuelve el perfil a sustituir (sin quitarlo) y el vacío que queda entre el perfil y el envolvente se rellena con cemento celular (*véase la foto de la viga de hormigón sustituida*).

Dado que es un elemento de sustitución, de cara a la protección al fuego no debemos tener en cuenta el perfil *sustituido* (envuelto); el elemento a proteger contra el fuego es el sistema nuevo instalado, y se realiza con el mismo criterio que los forjados colaborantes, ya que no hay ensayos específicos y se acepta tratarlo como tal (*véase punto 4.4*).

4.3. Estructuras de madera

El Anexo E del DBSI explica cómo calcular con el método de la sección reducida la resistencia al fuego de la madera sin protección. Si una vez efectuado este cálculo, no se llega a la estabilidad al fuego que se requiere, entonces es cuando hay que plantearse la protección de la madera.

A pesar de que la madera arda, es un material que tiene unas muy buenas características en situación de incendio:

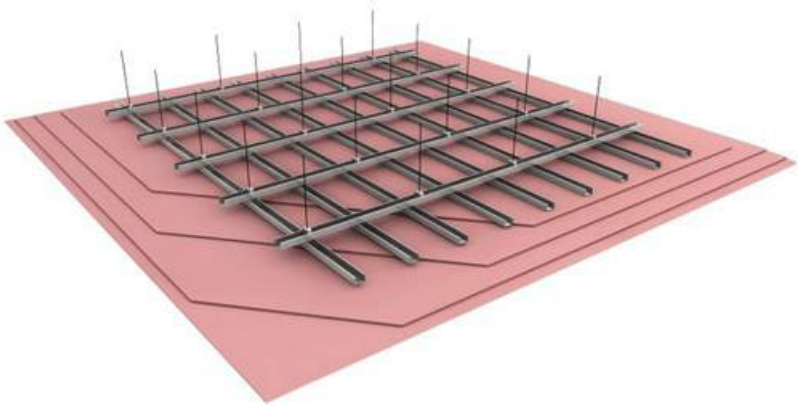
- Buen aislamiento térmico.
- La capa carbonizada aísla 6 veces más que la madera no afectada. Por lo tanto, se autoaísla de la temperatura.
- La temperatura de autoignición en superficie superior a 400 ºC; esta es la que empieza a arder sin presencia de llama.
- Una relación lineal entre la profundidad de carbonización y el tiempo.

4.3.1. Forjados

Para la protección de los forjados donde los elementos estructurales (las vigas) son de madera, se pueden elegir diferentes sistemas:

Instalación de placas:

La filosofía de estos sistemas es la instalación de un falso techo con placas ensayadas contra el fuego, y en que el grueso de placas o paneles a poner depende directamente de la estabilidad al fuego que se pida. Es un sistema que oculta las vigas protegidas.



Proyección de mortero o lana de roca:

Una opción válida para proteger los forjados de madera es la aplicación en la parte inferior con proyectado de mortero perlítico (empleando una malla metálica de apoyo), o proyectado de lana de roca mineral, tal y como se indica en la foto adjunta. Con estos sistemas se puede llegar a un REI180.

Para saber el grosor a aplicar de mortero, se tiene que ver el ensayo de cada fabricante.

4.3.2. Elementos individuales

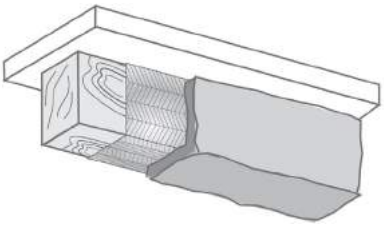
Instalación de placas de fibrosilicato o paneles de lana de roca:

La estabilidad al fuego que confieren estos productos es proporcional al grosor instalado de acuerdo con los ensayos del fabricante. Se trata de encajonar el perfil según instrucciones del fabricante del sistema empleado.

Es un sistema que oculta los elementos protegidos.

Proyección de mortero o lana de roca:

Si el forjado ya cumple el «EI» requerido, y solo hay que llegar a la «R» de las vigas de madera, se puede plantear actuar únicamente sobre estos elementos con mortero perlítico o con lana de roca, tal y como se indica en el dibujo.



En estos casos se debe poner atención en el certificado del producto, ya que seguramente obliga a armarlo con alguna malla para evitar futuros desprendimientos del producto proyectado. Estos productos se proyectan con agua, y esta humedece la madera y la dilata. Cuando la madera se seca, se contrae y si el producto proyectado no ha sido armado, se desprende con mucha facilidad.

Pintura – Barniz intumescente

También se puede utilizar para los elementos estructurales de madera pintura o barniz intumescentes. El barniz se plantea cuando interesa mantener el aspecto original de los elementos por un tema de bien patrimonial o simplemente por interés del propietario en mantener la imagen de la estructura de madera de la instalación.

En estos casos se puede llegar hasta unas estabilidades al fuego bajas (como orientación R60 con pintura y R30 con barnices). Pero la estabilidad al fuego a la que se pueda llegar con estos sistemas depende sobre todo del sobredimensionado que tenga el elemento calculado con el método de la sección reducida.

Actualmente no se acepta que se sume la resistencia al fuego del mismo elemento, calculado teóricamente por el método de la sección reducida, con la resistencia al fuego que ofrece el material a aplicar. Antes si, por ejemplo, se disponía de un barniz que ofrecía un R15 y el sobredimensionado de la viga por el método de la sección reducida (velocidad de carbonización) daba 17 minutos, se podía hacer la suma de ambos valores y justificar un R30. En la actualidad no es así, porque se entiende que cuando el tiempo de protección del barniz o pintura aplicados ya se ha acabado y la temperatura llega a la superficie de la madera, esta ya está deshidratada y consecuentemente su velocidad de carbonización es mayor; por lo tanto, los 17 minutos que habíamos calculado por el método de la sección reducida (que se calcula sin tener en cuenta ninguna protección), es inferior.

Por lo tanto, hoy en día hay que remitirse directamente al ensayo del fabricante y, de acuerdo con la sección sobredimensionada hallada, aplicar el consumo de producto para la resistencia al fuego requerida.

La norma que describe el ensayo al fuego por elementos estructurales de madera (UNE EN-13381-7) concreta la temperatura crítica de la madera en aquella que empieza la carbonización, que es 300ºC.

Nota: Hay que vigilar los ensayos que nos facilitan, ya que en el caso de la madera se considera que su temperatura crítica es 300ºC, tal y como indica la norma de ensayo UNE EN-13381-7. Hay ensayos que indican el tiempo de protección a una temperatura del termopar de 500ºC. Estos ensayos se deben obviar y avisar al fabricante de que no son correctos.

4.4. Estructuras mixtas – forjado colaborante

En el caso de paneles rígidos o de placas, se trata como si fuera un forjado. Es decir, se pone en forma de falso techo y el grosor necesario (número de placas) que indique el ensayo para la estabilidad al fuego requerida.

En el caso de morteros proyectados o pintura, son ensayos específicos que indican el grosor a aplicar según la resistencia al fuego necesaria. Se basan en el espesor del hormigón equivalente. La temperatura crítica considerada en el ensayo es de 350ºC, dado que se trata de acero laminado en frío tipo esbelto; son perfiles de poco espesor de la clase 4 según la tabla 5.1 del CTE de Clasificación de secciones transversales solicitadas para momentos flectores.

Ejemplo: Tenemos un forjado colaborante donde nos piden un REI90. Se realizará con mortero perlítico y disponemos del ensayo que muestra la fotografía.

El asilamiento térmico del conjunto forjado mixto + la protección de acuerdo a lo establecido en la norma UNE-EN 1363-1 ha sido el siguiente:

	Muestra nº	
	7497A Espesor de protección máximo ≡ dp_{max} ≡ 27,6 mm	7497B Espesor de protección mínimo ≡ dp_{min} ≡ 11,4 mm
Tiempo (min) Cumplimiento con criterios de ***aislamiento*** según Norma UNE-EN 1363-1:2000	182	74

Los presentes resultados se consideran válidos pues las condiciones de ensayo establecidas durante el mismo

Por lo tanto, observando el ensayo, nos damos cuenta de que será necesario aplicar 27,6 mm de mortero para llegar a la R90, y la protección que nos dará será de 182 minutos.

5. Mantenimiento

Para el mantenimiento de todos los sistemas descritos en esta ficha no se dispone de ninguna normativa donde poder consultar. Será necesario, entonces, consultar a los fabricantes.

Sin embargo, ante estos sistemas, los fabricantes suelen aconsejar, de cara a su mantenimiento, llevar a cabo inspecciones visuales periódicas y actuar sobre aquello que esté deteriorado.

6. Caducidad del certificado

Cuando se ejecuta una obra de Protección pasiva, existen principalmente dos tipos de ensayo y que no deben de confundirse. Por un lado tenemos el ensayo del producto. Este certificado (informe) tiene una caducidad de diez años según el punto IV de la introducción del DBSI, y recae sobre el fabricante del producto/sistema su renovación. Y por otro lado tenemos el certificado que emite el aplicador/instalador y que no tiene caducidad, puesto que no existe normativa al respecto. Por lo tanto, la caducidad de este documento estará estrechamente ligada a la durabilidad del sistema (ver apartado anterior número 5 “Mantenimiento”).

Como orientación, comentar que algunos fabricantes de paneles mencionan una durabilidad de 25 años si el sistema se ha mantenido en las condiciones adecuadas.

7. Caso práctico

Supongamos que estamos ante la protección contra el fuego de un típico altillo de oficinas de un taller. Las vigas del altillo son IPE 160 a tres caras, los pilares de soporte del altillo son HEB 180 a cuatro caras, y las dos zancas de la escalera que sube a oficinas son UPN 100 a cuatro caras una y a tres caras la otra (una cara está empotrada en la pared). El suelo del altillo está hecho con tablones de aglomerado de madera.

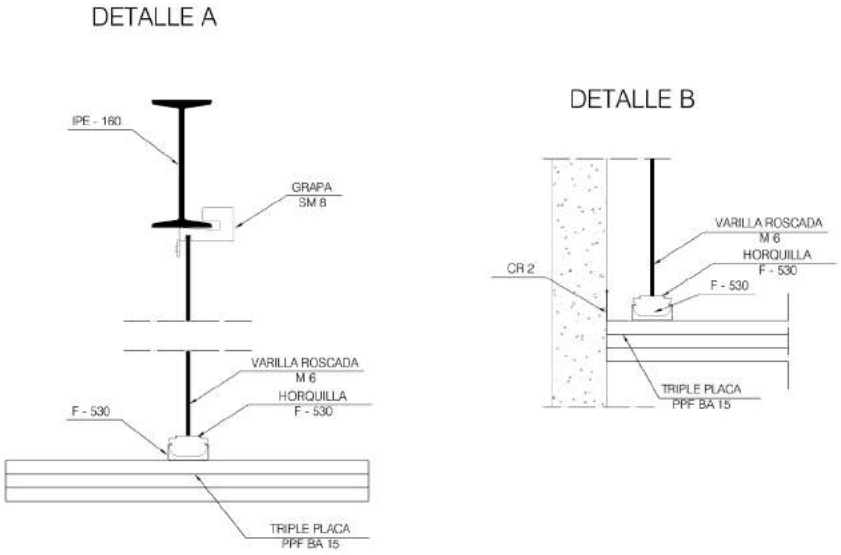
Por el tipo de actividad y configuración de la nave es necesario protegerlo a una estabilidad al fuego de 90 minutos.

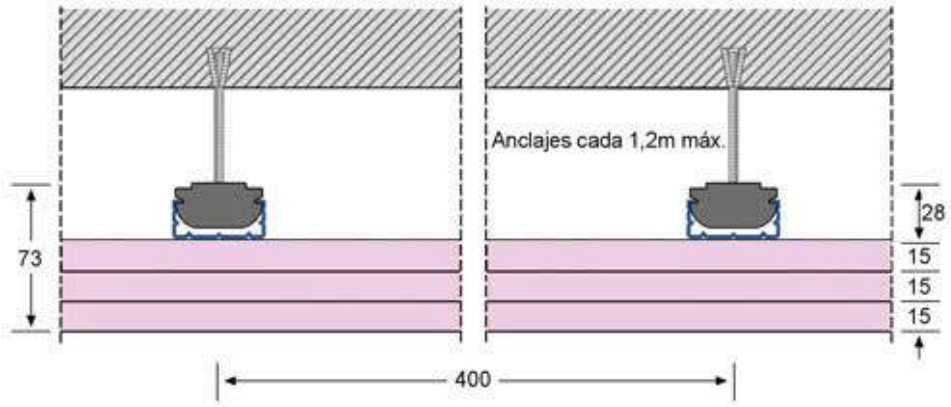
¿Cómo protegerlo a 90 minutos? Como se trata de un ejercicio, se hará la protección con varios materiales y razonando el motivo de cada elección.

VIGAS

Dado que el taller y las oficinas son dos sectores de incendio diferenciados, se debe sectorizar el altillo y plantear dar una estabilidad a todo el techo para conferirle una protección EI90 (se debe consultar el recordatorio de la nomenclatura de la estabilidad al fuego del punto 4 de esta ficha), con lo cual la perfilería de las vigas IPE 160 quedará oculta y protegida al fuego y, por lo tanto, no habrá que actuar sobre ella.

Un ejemplo de anclaje del sistema de placas sería (hay que buscarlo en el ensayo del fabricante):





Como se puede ver en el esquema, con este sistema de falso techo con tres placas de 15 mm queda protegidos a la estabilidad de 90 minutos tanto la estructura metálica de vigas como el mismo altillo. Sin embargo, hay que tener presente que este falso techo no se podrá manipular ni hacer agujeros para instalaciones; debe ser totalmente continuo.

PILARES

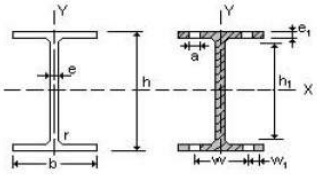
Podríamos plantear hacer los pilares con **mortero**. *Tendríamos que ver su factor de forma (también llamado masividad), y con este dato y sabiendo que requerimos de un R90, podríamos saber el grosor a aplicar mirando el ensayo del fabricante:*

Calcularemos el factor de forma a partir de la fórmula general (para perfiles estándares donde la sección es igual a lo largo de toda la longitud).

$$\text{Factor de forma} = \frac{P_s}{A_s} \ (m^{-1})$$

Miramos una tabla de dimensionado de perfiles y buscaremos la sección y el perímetro total (porque los pilares están en cuatro caras) de una HEB 180:

Perfiles HEB, HEA



A = Area de la de la sección
S_x = Momento estático de media sección, respecto a X.
I_x = Momento de inercia de la sección, respecto a X.
$W_x = 2I_x : h$. Módulo resistente de la sección, respecto a X.
$i_x = (I_x : A)^{1/2}$. Radio de giro de la sección, respecto a X.
I_y = Momento de inercia de la sección, respecto a Y.
$W_y = 2I_y : b$. Módulo resistente de la sección, respecto a Y.
$i_y = (I_y : A)^{1/2}$. Radio de giro de la sección, respecto a Y

I_t = Módulo de torsión de la sección.
I_a = Módulo de alabeo de la sección.
u = Perímetro de la sección.
a = Diámetro del agujero del roblón norma
w = Gramil, distancia entre ejes de agujero
h_1 = Altura de la parte plana del alma.
p = Peso por metro.

Perfil	Dimensiones							Términos de la sección										Agujeros			Peso
	h mm	b mm	e mm	e_1 mm	r mm	h_1 mm	u mm	A cm^2	S_x cm^3	I_x cm^4	W_x m^3	i_x cm	I_y cm^4	W_y cm^3	i_y cm	I_t cm^4	I_a cm^6	w mm	w_1 mm	a mm	p kp/m
HEB 100	100	100	6,0	10	12	56	567	26,0	52,1	450	90	4,16	167	33	2,53	9,34	3375	55	-	13	20,4
HEB 120	120	120	6,5	11	12	74	686	34,0	82,6	864	144	5,04	318	53	3,06	14,9	9410	65	-	17	26,7
HEB 140	140	140	7,0	12	12	92	805	43,0	123	1509	216	5,93	550	79	3,58	22,5	22480	75	-	21	33,7
HEB 160	160	160	8,0	13	15	104	918	54,3	177	2492	311	6,78	889	111	4,05	33,2	47940	85	-	23	42,6
HEB 180	180	180	8,5	14	15	122	1040	65,3	241	3831	426	7,66	1363	151	4,57	46,5	93750	100	-	25	51,2

Obtenemos una sección de 65,3 cm^2, y un perímetro total de 1.040 mm. Para no errar con las unidades, es más sencillo pasarlo todo a milímetros y una vez tengamos el resultado del factor de forma, multiplicarlo por 1.000 para pasarlo a m^{-1}.

Por lo tanto, sería:

$$\text{Factor de forma} = \frac{1040\ mm}{6530mm^2} \times \frac{1000mm}{1m} = 159{,}3\ m^{-1}$$

Y ahora, con este valor, y sabiendo que queremos uno R90, miramos la tabla de grosores del fabricante del mortero, y sabremos qué grueso hay que aplicar:

Si el valor obtenido del factor de forma no corresponde exactamente a los de la tabla, cogeremos el valor inmediatamente superior al obtenido, para estar al lado de la seguridad.

Se cruzan los datos de factor de forma y resistencia al fuego requerida, y obtenemos el grueso a aplicar de mortero (que se suele representar en milímetros).

	Resistencia al fuego (minutos)						
Factor de Forma (m^{-1})	R 15	R 30	R 45	R 60	R 90	R 120	R 180
60	10	10	10	12	17	23	33
65	10	10	10	13	18	23	34
70	10	10	11	13	19	24	35
75	10	10	11	14	19	24	35
80	10	10	11	14	19	25	36
85	10	10	11	14	20	25	36
90	10	10	12	15	20	26	37
95	10	10	12	15	20	26	37
100	10	10	12	15	21	26	38
110	10	10	13	16	21	27	39
120	10	10	13	16	22	28	39
130	10	10	13	16	22	28	40
140	10	11	13	16	22	28	40
150	10	11	14	17	23	29	41
160	10	11	14	17	23	29	41
170	10	11	14	17	23	29	41
180	10	11	14	17	23	30	42
190	10	11	14	17	24	30	42
200	10	11	15	18	24	30	42
210	10	12	15	18	24	30	43
220	10	12	15	18	24	30	43
230	10	12	15	18	24	30	43
240	10	12	15	18	24	31	43
250	10	12	15	18	24	31	43
260	10	12	15	18	25	31	43
270	10	12	15	18	25	31	44
280	10	12	15	18	25	31	44
290	10	12	15	18	25	31	44
300	10	12	15	19	25	31	44
310	10	12	15	19	25	31	44
320	10	12	15	19	25	31	44
330	10	12	16	19	25	31	44
340	10	12	16	19	25	32	44

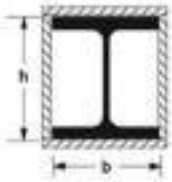
Informe de ensayo: **AFITI LICOF 2200T11-3**
Espesores de recubrimiento (mm) para una temperatura crítica de referencia de 500° C.

Por lo tanto, aplicando 23 mm de mortero perlítico, obtendremos un R90 a los pilares HEB 180 de cuatro caras.

IMPORTANTE:

***<u>Si quisiéramos proteger los pilares con paneles o placas</u>**, el factor de forma no sería el mismo, se haría según la siguiente ecuación (si trabajamos con milímetros, se deberá multiplicar por 1.000 para pasarlo a metros):*

$$m^{-1} = \frac{2(b+h)}{A_s}(10^3) = \frac{2(180+180)}{6530}(10^3) = 110{,}3m^{-1}$$



Si observamos la siguiente tabla de factores de forma, obtendremos el mismo resultado:

PERFILES **HEB**
UNE 36,522
DIN 1026

Denominación HEB	h (mm)	B (mm)	m⁻¹	m⁻¹	m⁻¹	m⁻¹
100	100	100	218,1	153,8	179,6	115,4
120	120	120	201,8	141,2	166,5	105,9
140	140	140	187,2	130,2	154,7	97,7
160	160	160	169,1	117,9	139,6	88,4
180	180	180	157,7	110,3	130,2	82,7
200	200	200	147,2	102,4	121,6	76,8
220	220	220	139,6	96,7	115,4	72,5
240	240	240	130,2	90,6	107,5	67,9
260	260	260	126,7	87,8	104,7	65,9
280	280	280	123,3	85,2	102,0	63,9
300	300	300	116,0	80,5	95,9	60,4
320	320	300	109,7	76,9	91,1	58,3
340	340	300	105,9	74,9	88,4	57,3
360	360	300	102,4	73,1	85,8	56,5
400	400	300	97,6	70,8	82,4	55,6
450	450	300	91,3	68,4	77,5	55,0
500	500	300	88,9	67,1	76,3	54,5
550	550	300	87,4	66,9	75,6	55,1
600	600	300	85,9	66,7	74,8	55,6

Observamos la tabla del fabricante (cedida por Rockwool):

Comportamiento ante el Fuego

Selector de espesores con CONLIT 150 (Pilares y vigas)

ESPESORES DE AISLAMIENTO SEGÚN LA ESTABILIDAD AL FUEGO REQUERIDA									
Masividad	15 min	30 min	45 min	60 min	90 min	120 min	180 min	240 min	300 min
45						25	50	70	95
50					20	30	55	75	100
60						35	60	90	
70					25	40	70	100	
80				20	30	45	75	110	
90					35	50	85		
100						55	90		
110					40		95		
120						60	100		
130			20		45	65	105		
140				25					
150					50	70			
160									
170						75			
180				30					
190					55				
200						80			
210									
220	20	20							
230					60				
240				35		85			
250									
260									
270									
280									
290						90			
300									
310									
320			25		65				
330									
340									
350				40					
360									
370						95			
380			30		70				
390									
400									
403									

Por lo tanto, para un perfil con un factor de forma de 110 m^{-1} y para un R90, nos hace falta un grosor de 40 mm de ***panel rígido de lana de roca CONLIT 150 AF*** *de la casa* ***Rockwool****, material que está revestido por una cara de una lámina de aluminio reforzado para aumentar su durabilidad ante agresiones externas.*

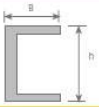
Por lo tanto, se debe tener presente que el cálculo del factor de forma no es el mismo cuando se valora la protección con placas o paneles, que cuando se valora la protección con pintura o mortero.

ZANCAS DE LA ESCALERA

Nos plantearemos las zancas con pintura. Con mortero no es muy recomendable, ya que en una escalera metálica hay cimbreo, y eso provoca que el mortero se pueda desprender. Por otro lado, plantearlo con encajonado de placas no es muy habitual por la dificultad del montaje. Por lo tanto, la pintura parece la mejor opción.

Los perfiles de la zanca son UPN 100. Uno a cuatro caras, y el otro a tres caras. En el primer caso, el factor de forma lo obtendremos mirando tablas donde ya está calculado (hay muchas facilitadas por los mismos fabricantes de producto).

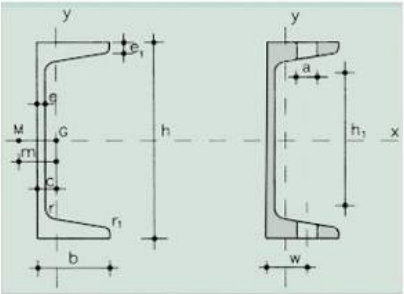
PERFILES **UPN**
UNE 36,522
DIN 1026



Denominación UPN	h (mm)	B (mm)	m^{-1}	m^{-1}	m^{-1}	m^{-1}
80	80	45	283,6	227,3	242,7	186,4
100	100	50	275,6	222,2	238,5	185,2
120	120	55	255,3	205,9	222,9	173,5
140	140	60	239,7	196,1	210,3	166,7
160	160	65	227,5	187,5	200,4	160,4
180	180	70	218,2	178,6	193,2	153,6
200	200	75	205,3	170,8	182,0	147,5
220	220	80	192,0	160,4	170,6	139,0
240	240	85	183,2	153,7	163,1	133,6
260	260	90	172,7	144,9	154,0	126,3
300	300	100	161,6	136,1	144,6	119,0

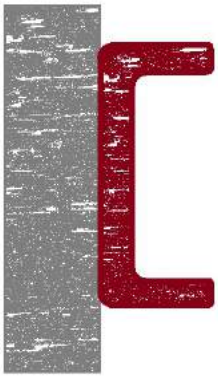
Según esta tabla, el factor de forma de la UPN100 a cuatro caras es 275,6 m^{-1}. Pero el perfil expuesto a tres caras que indica el enunciado del ejemplo, no está calculado, por lo tanto se tendrá que calcular aplicando la fórmula que se ha trabajado antes (punto 4.2).

Primero se debe consultar la tabla de detalles de perfilería:



A = Área de la sección
S_x = Momento estático de media sección, respecto a X
I_x = Momento de inercia de la sección, respecto a X
$W_x = 2I_x : h$. Módulo resistente de la sección, respecto a X
$i_x = \sqrt{I_x : A}$. Radio de giro de la sección, respecto a X
I_y = Momento de inercia de la sección, respecto a Y
$W_y = I_y : (b - c)$. Mínimo módulo resistente de la sección, respecto a Y
$i_y = \sqrt{I_y : A}$. Radio de giro de la sección, respecto a Y
I_t = Módulo de torsión de la sección
c = Posición del eje Y
m = Distancia al centro de esfuerzos cortantes
a = Diámetro del agujero del roblón normal
w = Gramil, distancia entre ejes de agujeros
h_1 = Altura de la parte plana del alma
p = Peso por m
u = Perímetro

Perfil	Dimensiones							Términos de sección											Agujeros		Peso	
	h mm	b mm	e mm	e_1=r mm	r_1 mm	h_1 mm	u mm	A cm^2	S_x cm^3	I_x cm^4	W_x cm^3	i_x cm	I_y cm^4	W_y cm^3	i_y cm	I_t cm^4	c cm	m cm	w mm	a mm	p kp/m	
UPN 80	80	45	6,0	8,0	4,0	46	312	11,0	15,9	106	26,5	3,10	19,4	6,36	1,33	2,24	1,45	2,67	25	13	8,64	C
UPN 100	100	50	6,0	8,5	4,5	64	372	13,5	24,5	206	41,2	3,91	29,3	8,49	1,47	2,96	1,55	2,93	30	13	10,60	P
UPN 120	120	55	7,0	9,0	4,5	82	434	17,0	36,3	364	60,7	4,62	43,2	11,10	1,59	4,30	1,60	3,03	30	17	13,40	P
UPN 140	140	60	7,0	10,0	5,0	98	489	20,4	51,4	605	86,4	5,45	62,7	14,80	1,75	6,02	1,75	3,37	35	17	16,00	P
UPN 160	160	65	7,5	10,5	5,5	115	546	24,0	68,8	925	116,0	6,21	85,3	18,30	1,89	7,81	1,84	3,56	35	21	18,80	P
UPN 180	180	70	8,0	11,0	5,5	133	611	28,0	89,6	1350	150,0	6,95	114,0	22,40	2,02	9,98	1,92	3,75	40	21	22,00	P
UPN 200	200	75	8,5	11,5	6,0	151	661	32,2	114,0	1910	191,0	7,70	148,0	27,00	2,14	12,60	2,01	3,94	40	23	25,30	P
UPN 220	220	80	9,0	12,5	6,5	167	718	37,4	146,0	2690	245,0	8,48	197,0	33,60	2,30	17,00	2,14	4,20	45	23	29,40	P
UPN 240	240	85	9,5	13,0	6,5	184	775	42,3	179,0	3600	300,0	9,22	248,0	39,60	2,42	20,80	2,23	4,39	45	25	33,20	P
UPN 260	260	90	10,0	14,0	7,0	200	834	48,3	221,0	4820	371,0	9,99	317,0	47,70	2,56	23,70	2,36	4,66	50	25	37,90	P
UPN 280	280	95	10,0	15,0	7,5	216	890	53,3	266,0	6280	448,0	10,90	399,0	57,20	2,74	33,20	2,53	5,02	50	25	41,80	P
UPN 300	300	100	10,0	16,0	8,0	232	950	58,8	316,0	8030	535,0	11,70	495,0	67,80	2,90	40,60	2,70	5,41	55	25	46,20	P



Mirando una tabla de perfilería y la posición en obra del perfil en cuestión, vemos que al perímetro total del perfil se le tiene que restar la h (100 mm), puesto que la fórmula del factor de forma nos dice que es el perímetro **expuesto al fuego**, dividido entre la sección total del perfil:

Cálculo del factor de forma:

$$\text{Factor de forma} = \frac{(372 - 100)\text{mm}}{1350\ \text{mm}^2} \times \frac{1000\text{mm}}{1\text{m}} = 201{,}48\ \text{m}^{-1}$$

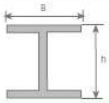
Finalmente, con las masividades halladas y consultando la tabla de espesores del fabricante de la pintura, obtendremos el grosor a aplicar de pintura, tal y como indica la siguiente tabla:

PERFIL	Caras vistas	m^{-1}	Grosor (µm)
UPN 100	4	275,6	2.607
UPN 100	3	201,5	1.903

MASIVIDAD	VIGAS	COLUMNAS	SECCIONES HUECAS*
47			1,278
49		1,067	1,278
50		1,134	1,278
55		1,200	1,385
60		1,267	1,523
65		1,334	1,660
70		1,401	1,798
75	0,907	1,467	1,935
80	0,943	1,534	2,073
85	0,980	1,601	2,210
90	1,016	1,668	2,347
95	1,053	1,734	2,485
100	1,090	1,801	2,622
105	1,126	1,868	2,760
110	1,163	1,935	2,897
115	1,199	2,001	3,035
120	1,236	2,068	3,172
125	1,272	2,135	3,309
130	1,309	2,202	3,447
135	1,345	2,268	3,584
140	1,382	2,335	3,722
145	1,418	2,402	3,859
150	1,455	2,469	3,997
155	1,491	2,535	4,134
160	1,528	2,602	4,295
165	1,575	2,669	4,551
170	1,622	2,736	4,806
175	1,669	2,802	5,061
180	1,716	2,864	5,317
185	1,763	2,923	5,572
190	1,810	2,982	5,828
195	1,856	3,041	6,083
200	1,903	3,101	6,338
205	1,950	3,160	6,594
210	1,997	3,219	6,849
215	2,044	3,278	7,105
220	2,091	3,337	7,360
225	2,138	3,396	7,616
230	2,185	3,455	
235	2,232	3,514	
240	2,279	3,573	
245	2,326	3,632	
250	2,373	3,691	
255	2,420	3,750	
260	2,466	3,809	
265	2,513	3,868	
270	2,560	3,927	
275	2,607	3,986	
280	2,654	4,045	
285	2,701	4,104	
290	2,748	4,163	
295	2,795	4,222	
300	2,842	4,281	
305	3,062	4,340	
310	3,542	4,399	
315	4,022	4,458	
320		4,517	
325		4,576	
330		4,635	
335		4,694	
340		4,753	
345		5,195	
350		5,732	
355		6,269	
360		6,806	
365		7,343	

8. Anexo. tablas de factores de forma de perfiles estándares

PERFILES **HEB**
UNE 36,522
DIN 1026

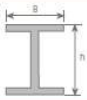


Denominación HEB	h (mm)	B (mm)	m^{-1}	m^{-1}	m^{-1}	m^{-1}
100	100	100	218,1	153,8	179,6	115,4
120	120	120	201,8	141,2	166,5	105,9
140	140	140	187,2	130,2	154,7	97,7
160	160	160	169,1	117,9	139,6	88,4
180	180	180	157,7	110,3	130,2	82,7
200	200	200	147,2	102,4	121,6	76,8
220	220	220	139,6	96,7	115,4	72,5
240	240	240	130,2	90,6	107,5	67,9
260	260	260	126,7	87,8	104,7	65,9
280	280	280	123,3	85,2	102,0	63,9
300	300	300	116,0	80,5	95,9	60,4
320	320	300	109,7	76,9	91,1	58,3
340	340	300	105,9	74,9	88,4	57,3
360	360	300	102,4	73,1	85,8	56,5
400	400	300	97,6	70,8	82,4	55,6
450	450	300	91,3	68,4	77,5	55,0
500	500	300	88,9	67,1	76,3	54,5
550	550	300	87,4	66,9	75,6	55,1
600	600	300	85,9	66,7	74,8	55,6

PERFILES **IPN**
UNE 36,521
DIN 1025-5

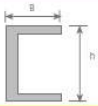
Denominación IPN	h (mm)	B (mm)	m^{-1}	m^{-1}	m^{-1}	m^{-1}
80	80	42	401,1	321,9	345,6	266,5
100	100	50	349,1	283,0	301,9	235,8
120	120	58	309,2	250,7	268,3	209,9
140	140	66	274,3	225,1	238,3	189,1
160	160	74	252,2	205,3	219,7	172,8
180	180	82	229,4	187,8	200,0	158,4
200	200	90	211,6	173,1	184,8	146,3
220	220	98	195,7	160,6	171,0	135,9
240	240	106	183,1	150,1	160,1	127,1
260	260	113	169,7	139,7	148,5	118,5
280	280	119	158,1	130,6	138,6	111,1
300	300	125	149,1	123,0	131,0	104,9
320	320	131	140,1	115,0	123,,3	99,1
340	340	137	132,5	109,9	116,7	94,1
360	360	143	124,6	103,6	109,9	88,9
380	380	149	118,7	98,9	104,8	85,0
400	400	155	112,7	94,1	99,6	80,9
450	450	170	100,7	84,4	89,1	72,8
500	500	185	90,6	76,1	80,3	65,8
550	550	200	84,0	70,4	75,1	61,0
600	600	215	75,6	64,2	67,1	55,7

PERFILES **IPE**
UNE 36,526
DIN 1025-5



Denominación IPE	h (mm)	B (mm)	m^{-1}	m^{-1}	m^{-1}	m^{-1}
80	80	46	430,6	329,8	370,4	269,6
100	100	55	389,3	301,0	335,9	247,6
120	120	64	359,1	278,8	310,6	230,3
140	140	73	335,4	259,8	290,9	215,2
160	160	82	309,5	240,8	268,7	200,0
180	180	91	292,1	226,8	254,0	188,7
200	200	100	269,5	210,5	234,4	175,4
220	220	110	253,9	197,6	221,0	164,7
240	240	120	235,5	184,1	204,9	153,5
270	270	135	226,6	176,5	197,2	147,1
300	300	150	215,6	167,3	187,7	139,4
330	330	160	199,7	156,5	174,1	131,0
360	360	170	185,7	145,8	162,3	122,4
400	400	180	174,0	137,3	152,7	116,0
450	450	190	163,0	129,6	143,7	110,3
500	500	200	150,0	120,7	132,8	103,4
550	550	210	140,3	113,4	124,6	97,8
600	600	220	129,5	105,1	115,4	91,0

PERFILES **UPN**
UNE 36,522
DIN 1026



Denominación UPN	h (mm)	B (mm)	m^{-1}	m^{-1}	m^{-1}	m^{-1}
80	80	45	283,6	227,3	242,7	186,4
100	100	50	275,6	222,2	238,5	185,2
120	120	55	255,3	205,9	222,9	173,5
140	140	60	239,7	196,1	210,3	166,7
160	160	65	227,5	187,5	200,4	160,4
180	180	70	218,2	178,6	193,2	153,6
200	200	75	205,3	170,8	182,0	147,5
220	220	80	192,0	160,4	170,6	139,0
240	240	85	183,2	153,7	163,1	133,6
260	260	90	172,7	144,9	154,0	126,3
300	300	100	161,6	136,1	144,6	119,0

¿Alguien ha visto arder una roca?

No, es imposible. De hecho, no se funde hasta que alcanza temperaturas superiores a 1000°C. Esto hace que el aislamiento ROCKWOOL® actúe como barrera contra el fuego. Esta resistencia puede frenar el avance del fuego y ayudar a ganar un tiempo muy valioso para que los ocupantes escapen de las llamas y para las operaciones de rescate de los bomberos. Es más, el aislamiento ROCKWOOL no emite humos tóxicos, el auténtico responsable de la mayoría de pérdidas humanas en los incendios.

ROCKWOOL 4 en 1

www.rockwool.es

ROCKWOOL®
FIRESAFE INSULATION

CREATE AND PROTECT®

Franja cortafuegos en medianería industrial: sistema CONLIT IND M60

Es una franja horizontal de 1 metro de ancho, EI60. Este sistema puede estar compuesto por dos paneles Conlit 150 AF, o un panel Conlit 150 P y un panel Conlit 150 AF en la cara visible, de 30 mm de espesor cada uno. Se halla fijada a la medianera con una estructura auxiliar.

> Más información

Barrera cortafuegos para fachadas ligeras: sistema Conlit MC y FP

El sistema Conlit MC es una barrera cortafuegos para fachadas ligeras del tipo muro cortina. Se aplica en el encuentro de este con el canto de forjado, al objeto de limitar el riesgo de propagación exterior de fuego y humos. El sistema Conlit FP es una barrera cortafuegos para fachadas ligeras del tipo fachada panel y se aplica en el encuentro de esta con el canto del forjado.

> Más información

Estructuras metálicas

Son la solución para la protección contra el fuego de estructuras metálicas. Consiste en revestirlas con paneles de lana de roca Conlit 150 P (o Conlit 150 AF), con espesores que van en función de la masividad de los perfiles a proteger y de la estabilidad al fuego (R) requerida.

> Más información

Lana de roca

Procedente de roca volcánica, la lana de roca es un producto de la naturaleza compuesto por un 98 % de basalto y un 2 % de aglutinantes. Su estructura fina y compleja se asocia a unas propiedades aislantes únicas, además de ser totalmente reciclable.

> Más información

Soluciones para la Protección Pasiva contra incendios.

Más de 300 soluciones en base yeso para la protección pasiva y el cumplimiento de CTE DB SI y el RSCIEI:

- Sectorización contra el fuego. Tabiques, techos y trasdosados.
- Patinillos de instalaciones y huecos de ascensores.
- Protección de estructuras metálicas y forjados.
- Franjas cortafuego.
- Sistemas especiales para grandes alturas.

Y además:

- Asesoramiento especializado.
- Herramientas para proyectos. Objetos BIM y CAD y banco de precios ITEC.
- APP: Cálculo de espesor de protección de perfiles normalizados.

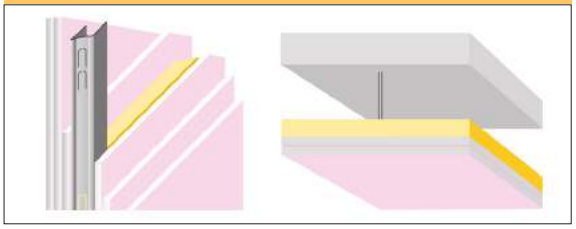
Puedes acceder a la descarga del catálogo completo de **Soluciones en Protección Pasiva**, con todos los datos sobre prestaciones frente al fuego, a través de este código QR o en la web **www.placo.es**.

Placo SAINT-GOBAIN

siempre actualizado en **www.placo.es**

Para todas sus consultas:
902 253 550
902 296 226

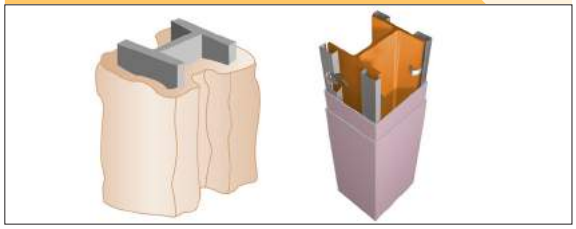
Sectorización: Trasdosados, techos y tabiques



Delimitación de recintos protegidos resistentes al fuego en tabiques, techos y trasdosados, garantizando una protección de hasta EI 180.

> Más información

Protección de estructura metálica



Protección de vigas y pilares metálicos mediante mortero proyectado Igniver y cajeados de PYL con placa PPF hasta R180.

> Más información

Protección de forjados mixtos

Protección de forjados de chapa colaborante con mortero de yeso Igniver para reducir la transferencia térmica y conseguir hasta REI 120.

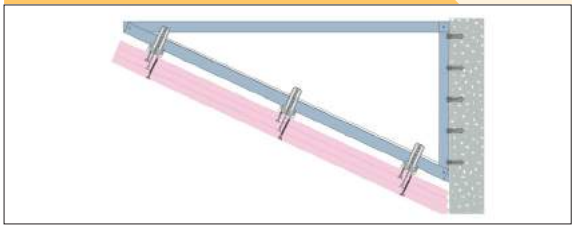
> Más información

Sistemas para ascensores y patinillos

Sistema Shaftwall para la compartimentación de huecos de ascensor con resistencia al fuego de hasta EI 180 por las dos caras.

> Más información

Franjas de encuentro



Franjas de encuentro para impedir la propagación del fuego entre dos recintos industriales contiguos a través de la cubierta hasta EI 120.

> Más información

Sistemas para grandes alturas

Sistema High Stil para tabiques de gran altura, alcanzando hasta los 10 metros de altura, con un EI de hasta 120 minutos.

> Más información

Asesoramiento en proyectos

Asesoramiento para proyectos técnicos, cumplimiento de la normativa y ensayos para la justificación de soluciones constructivas.

> Más información

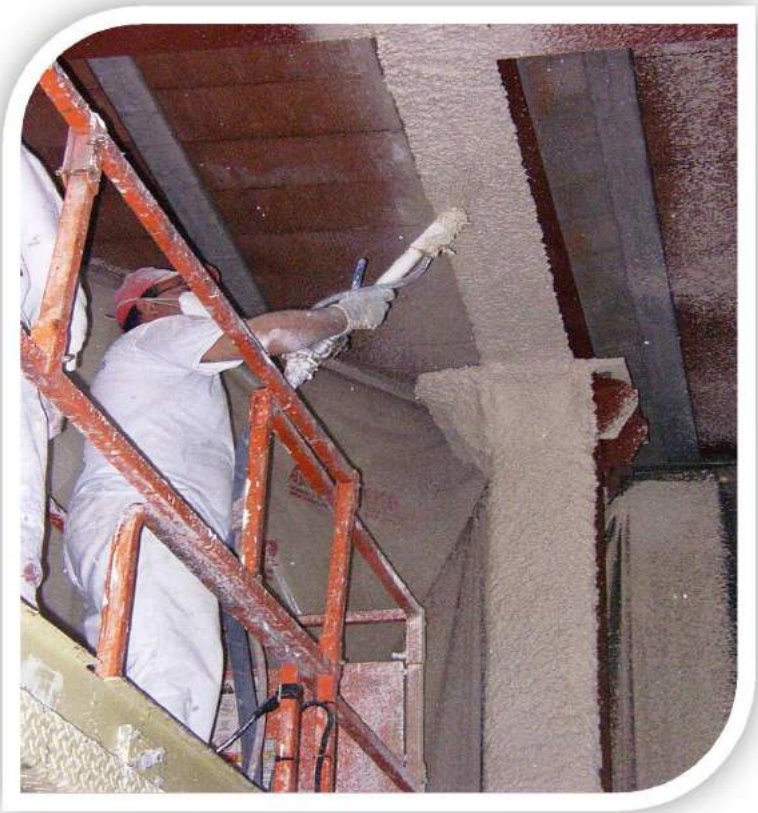
Objetos BIM y APP

Base de datos de objetos BIM y detalles CAD y herramienta para el cálculo del factor de forma para protección de perfiles metálicos.

> Más información

Aapic

APLICACIONES PARA LA INDUSTRIA
Y CONSTRUCCION



PROFESIONALIDAD A SU SERVICIO

EMPRESA APLICADORA ESPECIALIZADA EN:

Protección Pasiva Contra Incendios

Pintura Industrial y decorativa

Pavimentos – Impermeabilizaciones

Razón social:

APLICACIONS PROFESSIONALS INDUSTRIALS I CONSTRUCTIVES, S.L.

Avda. Carles III, 48-54, 8º-2ª
08340 Vilassar de Mar
Barcelona
www.aapic.es
93.105.47.99
616.136.666

PINTURA INTUMESCENTE

MORTERO IGNÍFUGO

SECTORIZACIÓN

PINTURA INDUSTRIAL Y DECORATIVA

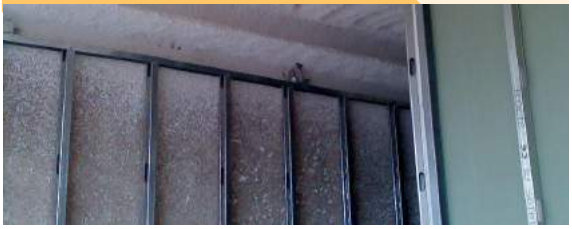
PAVIMENTOS IMPERMEABILIZACIONES

Pintura intumescente

Cálculo, aplicación, control y certificación del revestimiento intumescente para conseguir la estabilidad al fuego requerida, de acuerdo con ensayos oficiales.

> Más información

Mortero ignífugo



Cálculo, aplicación, control y certificación de mortero a base de perlita-vermiculita para conseguir la estabilidad al fuego requerida según normativas.

> Más información

Placa de sectorización

Instalación y certificación de placas de acuerdo con ensayos y sistemas constructivos para techos, cerramientos laterales, escaleras, tubos de ventilación, etc.

> Más información

Parallamas

Colocación de placas y certificación según ensayos y sistemas constructivos para cumplir la normativa existente.

> Más información

Sectorización

Colocación y certificación de los elementos adecuados según la necesidad de la instalación y los requerimientos normativos para cumplir con la sectorización.

> Más información

Mant. indust. y sist. anticorrosivo

Para la mejora de las instalaciones y aplicando las normativas actuales en todo lo que se refiere a durabilidad y garantías.

> Más información

Pavimentos

Pintado de pavimentos y aplicación de revestimientos multicapa y autonivelantes según la necesidad de la instalación.

> Más información

Impermeabilización

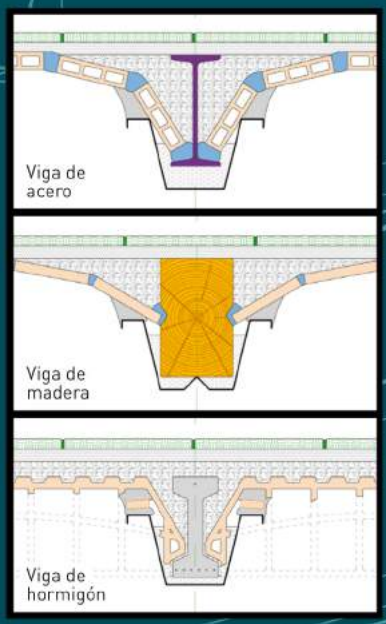
Aplicación de productos para la impermeabilización de terrazas, techos, patios, etc. Trabajamos con los principales fabricantes del mercado.

> Más información

La **solución a todos** los problemas de los **forjados**

NOU BAU

El sistema de renovación de forjados



No baja el techo

La viga NOU\BAU se empotra totalmente dentro del forjado viejo. De esta forma, el nuevo forjado queda prácticamente a la misma altura que el anterior.

Es un sistema de refuerzo activo

Gracias al preflechado, la viga NOU\BAU descarga la viga vieja desde el primer momento y evita futuras flechas y grietas.

Es la única sustitución funcional efectiva

La viga NOU\BAU soporta directamente el entrevigado. Así, no hay que preocuparse de la viga vieja; aunque desapareciera del todo, no pasaría nada.

El mejor soporte técnico

ANTES de la obra: colaboramos en la diagnosis y el proyecto.
DURANTE la obra: realizamos el montaje con equipos especializados propios y bajo un estricto control técnico.
DESPUÉS de la obra: certificamos el refuerzo realizado.

DIT Nº 271R/11 · Applus · ApTO Aptitud Técnica en Obra · AVIS TECHNIQUE CSTB le futur en construction · AQC

Distribuidor exclusivo de:
TECNARIA®
Conectores para forjados mixtos

Tel. 93 796 41 22 – www.noubau.com

Viga NOUBAU

La viga NOUBAU ofrece soluciones adaptadas a cualquier tipo de forjado (incluidas en el DIT).

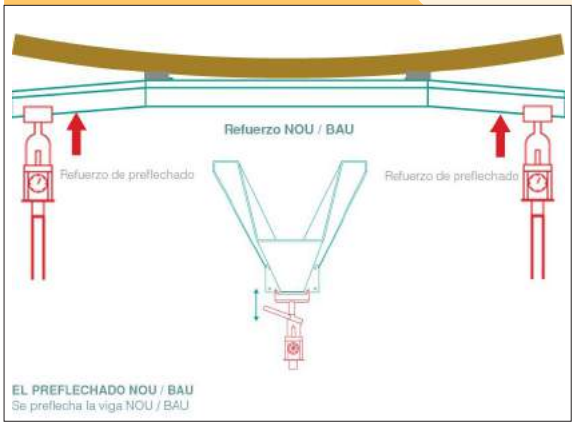
> Más información

Sistema NOUBAU

El sistema NOUBAU es la mejor solución para reforzar las vigas deterioradas por alguna patología o siniestro.

> Más información

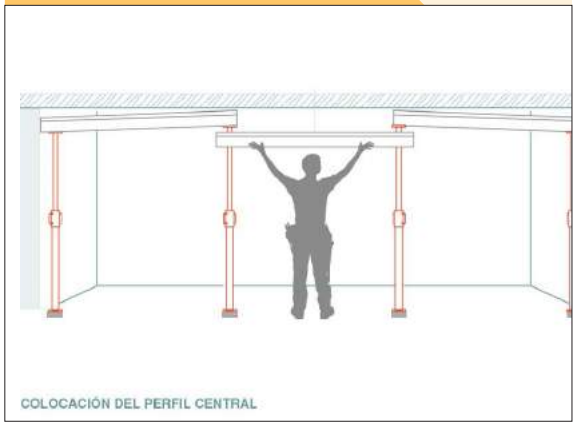
Tecnología del preflechado



Actualmente es el único sistema de refuerzo del mercado que aplica la tecnología del preflechado, que consiste en descargar las vigas viejas y, a la vez, poner en carga las nuevas.

> Más información

Montaje NOUBAU



El proceso de montaje NOUBAU

> Más información

SISTEMAS RESISTENTES AL FUEGO

Nuevos ensayos con placa Knauf DF

Las placas Knauf Cortafuego pueden ser utilizadas en cualquier unidad de obra, en interior, como aplacado de cierre de los sistemas de construcción en seco, donde se requiera una mayor resistencia al fuego.

SEGÚN UNE EN 520 PLACA CORTAFUEGO DF DE DENSIDAD CONTROLADA Y COHESIÓN DE ALMA MEJORADA A ALTAS TEMPERATURAS

TABIQUE EI 120' 2 x (2 x DF 12,5)

Sistema de partición vertical que permite sectorizar hasta 120 minutos de protección al fuego. Se compone de una única estructura y doble placa Knauf Cortafuego de 12,5 mm a cada lado.

TRASDOSADO EI 120' 2 x DF 25

Perfecto para revestir un muro base ya sea arriostrado a un elemento de soporte o como un sistema autoportante que detiene 2 horas la propagación del fuego. Se aplica en sistemas de interior y en patinillos de instalaciones. Se compone de dos placas Knauf Cortafuego DF 25.

TECHOS CONTINUOS EI 45' 1 x DF 25 y EI 120' 2 x DF 25

Cuando se requiere una sectorización de espacios sin colaboración de los elementos constructivos. Sistema de compartimentación horizontal que garantiza 45 ó 120 minutos de protección. Compuesto por una o dos placas Knauf Cortafuego DF 25 respectivamente.

www.knauf.es

902 440 460

Tabique EI 120'

Sistema de partición vertical permite sectorizar dos recintos con protección al fuego. EI 120 minutos compuesto de una estructura y doble placas Knauf Cortafuego de 12,5 mm.

> Más información

Trasdosado EI 120'

Para revestir un muro base, arriostrado a elemento de soporte o como un sistema autoportante. Con protección al fuego de 2 horas en ambos sentidos.

> Más información

Techo suspendido EI 120'

Es un sistema de compartimentación horizontal no portante que garantiza 120 minutos de protección.

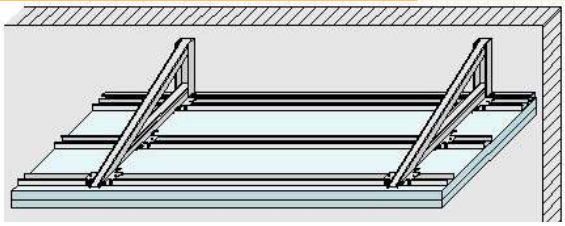
> Más información

Suelo técnico REI 30/ REI 60

Sistema versátil con pedestales regulables que permiten colocar diversos tipos de instalaciones. Podemos alcanzar hasta 1 hora de protección al fuego.

> Más información

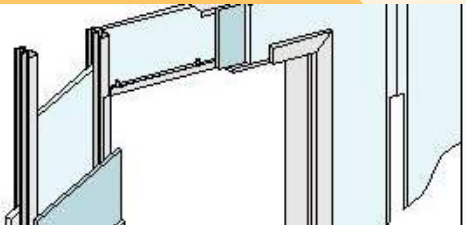
Franjas cortafuegos



EI 60', 90' y 120' minutos. Franjas que constituyen barreras cortafuegos de 1 metro de ancho y evitan el paso del fuego a otra nave o hacia la cubierta.

> Más información

Sistema Shaftwall



Instalación por una sola cara, perfecto para cerra-mientos de hueco de ascensor, escaleras y patinillos. Protección al fuego por ambas caras EI 120' y EI 180'.

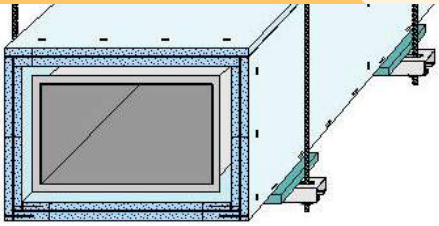
> Más información

Protección de estructuras metálicas

Las estructuras de acero requieren de una protección especial al fuego segun su masividad. Con placa Knauf Cortafuego puede proteger desde R15' hasta R180'.

> Más información

Conductos de ventilación



Con doble placa Fireboard de 25 mm que funcionamiento de este tipo de instalaciones. Protección EI 120 desde el interior y EI 180 desde el exterior.

> Más información

COLECCIÓN FICHAS SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS

ENGINYERS BCN

© Col·legi d'Enginyers Graduats i Enginyers Tècnics Industrials de Barcelona

www.enginyersbcn.cat/manuals

Con el soporte de:

ROCKWOOL®
FIRESAFE INSULATION

Proveedores comerciales:

KNAUF

NOU BAU

Aapic
APLICACIONES PARA LA INDUSTRIA Y CONSTRUCCION

Placo
SAINT-GOBAIN

ENGINYERS BCN
COL·LEGI D'ENGINYERS GRADUATS I ENGINYERS TÈCNICS INDUSTRIALS DE BARCELONA

TÜVRheinland CERTIFIED
Management System
ISO 9001:2008
ISO 14001:2004
www.tuv.com
ID 9105083007