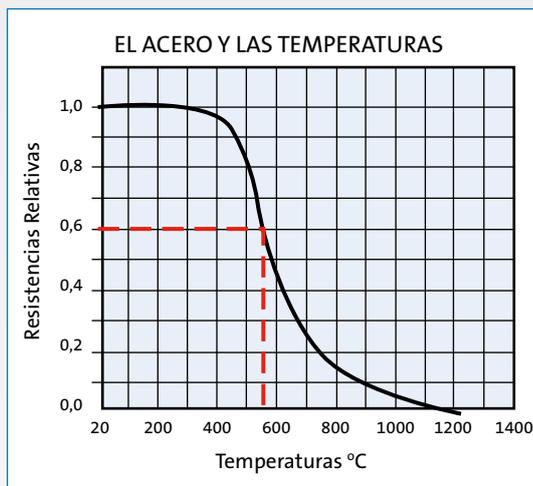


14.1 GENERALIDADES

Debido a la elevada conductividad térmica del acero, las estructuras metálicas absorben rápidamente el calor que se produce en caso de un incendio. Todos los tipos de acero empiezan a perder resistencia a temperaturas superiores a 300 °C, y se funden a temperaturas superiores a 1.500 °C.

Si la masa del perfil es relativamente pequeña en relación a su perímetro expuesto, éste perderá rápidamente sus características mecánicas. Sirva como referencia que el límite elástico del acero y su módulo de elasticidad disminuyen hasta el 40% cuando el perfil alcanza una temperatura de 470 °C.



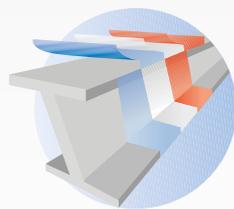
Los perfiles de acero pueden absorber tal cantidad de calor, que en el mejor de los casos, llegan a alcanzar su temperatura crítica pasados 30 o 40 minutos desde el inicio de un incendio.

Para retrasar al máximo el calentamiento de las estructuras metálicas portantes se aplican tres procedimientos:

Pinturas intumescentes

Pintura que expande y que aumenta su espesor, hasta 80 o 100 veces, cuando se eleva la temperatura.

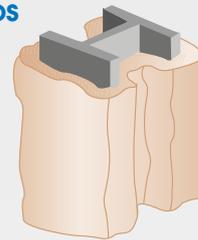
Son pinturas con agentes carboníferos, resinas y agentes espumificantes en base acuosa o disolvente. Presenta los inconvenientes siguientes:



- Difícil control en su aplicación (Pintura y espesores certificados).
- En ambientes húmedos, debe aplicarse una última capa de protección.
- Uso solamente hasta EI 90.
- Empleo solo hasta una masividad de 390 m³.
- Durabilidad reducida (aprox. 5 años).

Materiales proyectados

Son morteros ligeros en base yeso y fibras minerales de baja conductividad térmica.



Placo dispone de Igniver, mortero de proyección en base yeso aditivado con áridos ligeros de vermiculita y reducida conductividad térmica.

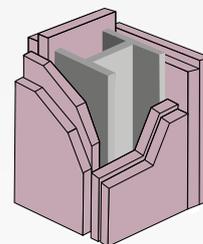
El empleo de Igniver aporta las ventajas siguientes:



- Eficaz protección de estructuras metálicas hasta R 180.
- Eficaz protección de forjados mixtos de chapa colaborante hasta R 120.
- Incombustible: Clasificación de reacción al fuego A1.
- Buen acabado estético que permite la creación de superficies homogéneas y menos rugosas.
- No contiene fibras y no es nocivo para la salud.

Protección por cajeados

Es la solución idónea para la protección de perfiles laminados en caliente. Con placas de yeso reforzadas con vidrio de hilo corto no tejido, y mecánicamente resistentes del tipo Placoflam PPF, mediante las diversas configuraciones multicapa se logran altas clasificaciones REI. Presenta las ventajas siguientes:



- Aplicación en obra fácil y limpia.
- Buenos acabados estéticos, admitiendo cualquier tipo de recubrimiento posterior.
- Nulo mantenimiento.
- Su proyecto es fácil y sencillo.
- Control de ejecución en obra reducido.

EL FACTOR DE FORMA O MASIVIDAD

Cualquier cuerpo metálico expuesto al fuego, se calentará más rápidamente cuanto mayor superficie esté en contacto con él.

A su vez, con la misma superficie expuesta, tardará más en calentarse cuanto mayor masa tenga este cuerpo.

El factor que determina el incremento de la temperatura en una sección constante de acero, se denomina masividad.

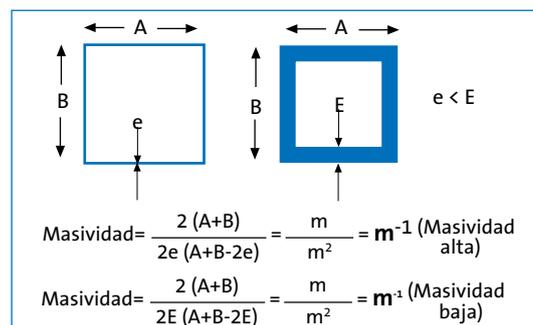
La Masividad es la relación entre el perímetro del perfil que se está calentando y su sección.

$$\text{Masividad} = \frac{\text{Perímetro expuesto al fuego}}{\text{Area sección acero}} = \frac{HP}{A} \quad (\text{m}^{-1})$$

Por tanto, cuanto mayor sea la masividad, más rá-

pidamente se alcanzará el colapso de la estructura por calentamiento.

Así pues, para que un determinado perfil de acero laminado alcance la mayor clasificación EI, será necesario protegerlo, envolviéndolo con materiales aislantes o disminuyendo la superficie expuesta al fuego mediante un adecuado cajeadado de material que presente una baja conductividad térmica.



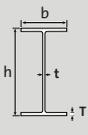
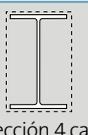
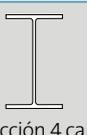
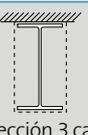
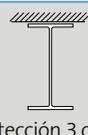
	4 caras	3 caras	3 caras	2 caras	1 cara
Sección de acero	Protección por cajeadado				
Vigas o pilares normalizados D B A (Hp)	 2B + 2D	 B + 2D	 B + 2D	 B + D	 B
Vigas en "T" D B A (Hp)	 2B + 2D	 B + 2D	 B + 2D		
Angulares D B A (Hp)	 2B + 2D	 B + 2D	 B + 2D		
Vigas en "U" D B A (Hp)	 2B + 2D	 B + 2D	 B + 2D		
Secc. huecas cuadradas o rectangulares D B A (Hp)	 2B + 2D	 B + 2D			
Secciones huecas circulares D A (Hp)	 4D				

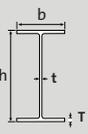
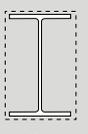
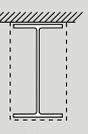
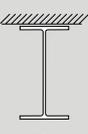
A continuación y a modo de ejemplo se exponen una serie de situaciones de distintos perfiles laminados en caliente que dará una idea para el cálculo de su masividad una vez cajeados con placa de yeso Placoflam PPF o recubiertos con Igniver.

Los factores de forma (masividades) antes del cajeadado y el valor de la sección ortogonal necesaria para

su cálculo después del cajeadado, se pueden hallar en las distintas tablas publicadas por los fabricantes de perfiles laminados.

No obstante seguidamente se exponen una relación de los perfiles laminados en caliente más usuales, con sus factores de forma por cajeadado y proyectado a tres y cuatro caras expuestas.

 IPN	h (mm)	b (mm)	A (cm ²)	Factor de forma m ⁻¹			
				 Protección 4 caras. PPF	 Protección 4 caras. Igniver	 Protección 3 caras. PPF	 Protección 3 caras. Igniver
80	80	42	7,6	321,9	401,1	266,5	345,6
100	100	50	10,6	283,0	349,1	235,8	301,9
120	120	58	14,2	250,7	309,2	209,9	268,3
140	140	66	18,2	225,1	274,3	189,1	238,3
160	160	74	22,8	205,3	252,2	172,8	219,7
180	180	82	27,9	187,8	229,4	158,4	200,0
200	200	90	33,4	173,1	211,6	146,3	184,8
220	220	98	39,5	160,6	195,7	135,9	171,0
240	240	106	46,1	150,1	183,1	127,1	160,1
260	260	113	53,3	139,7	168,9	118,5	147,8
280	280	119	61,0	130,6	158,1	111,1	138,6
300	300	125	69,0	123,0	149,1	104,9	131,0
320	320	131	77,7	115,9	140,1	99,1	123,3
340	340	137	86,7	109,9	132,5	94,1	116,7
360	360	143	97,0	103,6	124,6	88,9	109,9
380	380	149	107,0	98,9	118,7	85,0	104,8
400	400	155	118,0	94,1	112,7	80,9	99,6
450	450	170	147,0	84,4	100,5	72,8	89,0
500	500	185	179,0	76,1	90,3	65,8	80,1
550	550	200	212,0	70,4	83,9	61,0	74,5
600	600	215	254,0	64,2	75,7	55,7	67,3

 IPE	h (mm)	b (mm)	A (cm ²)	Factor de forma m ⁻¹			
				 Protección 4 caras. PPF	 Protección 4 caras. Igniver	 Protección 3 caras. PPF	 Protección 3 caras. Igniver
80	80	46	7,6	329,8	429,3	269,6	369,1
100	100	55	10,3	301,0	388,3	247,6	335,0
120	120	64	13,2	278,8	359,8	230,3	311,4
140	140	73	16,4	259,8	336,0	215,2	291,5
160	160	82	20,1	240,8	310,0	200,0	269,2
180	180	91	23,9	226,8	292,1	188,7	254,0
200	200	100	28,5	210,5	276,5	175,4	241,4
220	220	110	33,4	197,6	253,9	164,7	221,0
240	240	120	39,1	184,1	235,8	153,5	205,1
270	270	135	45,9	176,5	226,6	147,1	197,2
300	300	150	53,8	167,3	215,6	139,4	187,7
330	330	160	62,6	156,5	199,7	131,0	174,1
360	360	170	72,7	145,8	185,7	122,4	162,3

14 PROTECCIÓN ESTRUCTURAS METÁLICAS

 HEB	h (mm)	b (mm)	A (cm ²)	Factor de forma m ⁻¹			
				 Protección 4 caras. PPF	 Protección 4 caras. Igniver	 Protección 3 caras. PPF	 Protección 3 caras. Igniver
100	100	100	26,0	153,8	218,1	115,4	179,6
120	120	120	34,0	141,2	201,8	105,9	166,5
140	140	140	43,0	130,2	187,2	97,7	154,7
160	160	160	54,3	117,9	169,1	88,4	139,6
180	180	180	65,3	110,3	159,3	82,7	131,7
200	200	200	78,1	102,4	147,2	76,8	121,6
220	220	220	91,0	96,7	139,6	72,5	115,4
240	240	240	106,0	90,6	130,2	67,9	107,5
260	260	260	118,4	87,8	126,7	65,9	104,7
280	280	280	131,4	85,2	123,3	63,9	102,0
300	300	300	149,1	80,5	116,0	60,4	95,9
320	320	300	161,3	76,9	109,7	58,3	91,1
340	340	300	170,9	74,9	105,9	57,3	88,4
360	360	300	180,6	73,1	102,4	65,5	85,8
400	400	300	197,8	70,8	97,6	55,6	82,4
450	450	300	218,0	68,8	93,1	55,0	79,4
500	500	300	238,6	67,1	88,9	54,5	76,3
550	550	300	254,1	66,9	87,4	55,1	75,6
600	600	300	270,0	66,7	85,9	55,6	74,8

 HEM	h (mm)	b (mm)	A (cm ²)	Factor de forma m ⁻¹			
				 Protección 4 caras. PPF	 Protección 4 caras. Igniver	 Protección 3 caras. PPF	 Protección 3 caras. Igniver
100	120	106	53,2	77,4	116,4	57,5	96,4
120	140	126	66,4	74,1	111,1	55,1	92,2
140	160	146	80,6	71,0	103,6	52,9	85,5
160	180	166	97,1	67,1	99,9	50,1	82,8
180	200	186	113,3	64,6	96,2	48,2	79,8
200	220	206	131,3	61,8	91,4	46,2	75,7
220	240	226	149,4	59,7	88,4	44,6	73,2
240	270	248	199,6	48,9	73,1	36,5	60,7
260	290	268	219,6	48,1	71,5	35,9	59,3
280	310	268	240,2	47,3	70,4	35,3	58,4
300 C	320	305	225,1	53,8	79,1	40,2	65,5
300	340	310	303,1	40,3	60,4	30,0	50,1
320	359	309	312	40,3	59,9	30,4	50,0
340	377	309	315,8	41,1	60,2	31,3	50,4
360	395	308	318,8	41,9	60,5	32,2	50,9
400	432	307	325,8	43,4	61,4	34,0	52,0
450	478	307	335,4	45,1	62,6	36,0	53,5
500	524	306	344,3	46,8	63,3	37,9	54,4
550	572	306	354,4	48,3	64,3	39,7	55,7
600	620	305	363,7	49,8	65,2	41,4	56,8

UPN	h (mm)	b (mm)	A (cm ²)	Factor de forma m ⁻¹					
				Protección 4 caras. PPF	Protección 4 caras. Igniver	Protección 3 caras. PPF	Protección 3 caras. Igniver	Protección 3 caras. PPF	Protección 3 caras. Igniver
80	80	45	11	227,3	283,6	154,5	29,0	186,4	242,7
100	100	50	13,5	222,2	275,6	148,1	27,2	185,2	238,5
120	120	55	17,0	205,9	255,3	135,3	26,2	173,5	222,9
140	140	60	20,4	196,1	239,7	127,5	24,9	166,7	210,3
160	160	65	24,0	187,5	227,5	120,8	24,1	160,4	200,4
180	180	70	28,0	178,6	218,2	114,3	23,9	153,6	193,2
200	200	75	32,2	170,8	205,3	108,7	23,1	147,5	182,0
220	220	80	37,4	160,4	192,0	101,6	22,6	139,0	170,6
240	240	85	42,3	153,7	183,2	96,9	22,3	133,6	163,1
260	260	90	48,3	144,9	172,7	91,1	22,1	126,3	154,0
280	280	95	53,3	140,7	167,0	88,2	21,8	122,9	149,2
300	300	100	58,8	136,1	161,6	85,0	21,7	119,0	144,6
320	320	100	75,8	110,8	137,2	68,6	22,5	97,6	124,0
350	350	100	77,3	116,4	142,3	71,2	21,4	103,5	129,4
380	380	102	80,4	119,9	145,3	72,6	20,7	107,2	132,6
400	400	110	91,5	111,5	135,5	67,8	21,0	99,5	123,5

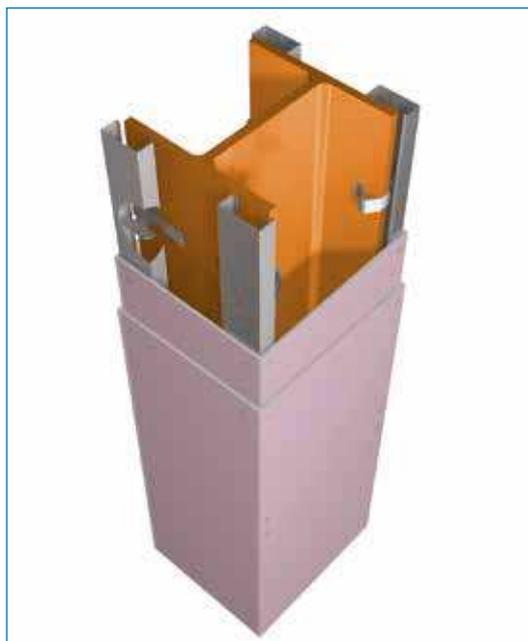
14.2 SELECCIÓN DEL REVESTIMIENTO CON PLACAS PLACOFLAM (PPF)

Para **determinar el espesor del revestimiento** con placas PPF, se seguirán los pasos siguientes:

- Determinar el periodo en minutos que se necesita.
- Fijar si la protección a realizar es a cuatro, tres caras, etc.
- Obtener el correspondiente factor de forma.
- En el gráfico de la página siguiente, buscar la columna que corresponde a los minutos de protección que se necesitan, localizando en el eje vertical el correspondiente factor de forma. El espesor total de las placas PPF a emplear, se indica en el interior de cada columna.

La **configuración recomendada** de placas para cada uno de los espesores **se refleja en la tabla** de abajo mediante el código de colores, pudiéndose conseguir también mediante la combinación de otros espesores de placa teniendo en cuenta:

- El sistema siempre tendrá que tener **más de una capa**.
- La **placa de menor espesor** va siempre instalada en la **capa interior**.



Temp. diseño	500 °C					
	R15	R30	R60	R90	R120	R180
Masividad (m ²)						
46	25	25	25	25	27,5	50
50	25	25	25	25	27,5	50
60	25	25	25	25	37,5	-
70	25	25	25	25	37,5	-
80	25	25	25	27,5	37,5	-
90	25	25	25	27,5	40	-
100	25	25	25	30	40	-
110	25	25	25	30	50	-
120	25	25	25	30	50	-
130	25	25	25	37,5	50	-
140	25	25	25	37,5	50	-
150	25	25	25	37,5	50	-
160	25	25	25	37,5	50	-
170	25	25	25	37,5	50	-
180	25	25	25	37,5	50	-
190	25	25	25	37,5	50	-
200	25	25	25	37,5	50	-
210	25	25	25	37,5	50	-
220	25	25	25	37,5	50	-
230	25	25	25	37,5	50	-
240	25	25	25	37,5	50	-
250	25	25	25	37,5	50	-
260	25	25	25	37,5	50	-
270	25	25	25	37,5	50	-
280	25	25	25	37,5	50	-
290	25	25	25	37,5	50	-
300	25	25	25	37,5	50	-
310	25	25	25	37,5	50	-
320	25	25	25	37,5	50	-
330	25	25	25	37,5	-	-
340	25	25	25	37,5	-	-
342	25	25	25	37,5	-	-

Esta tabla está validada por el informe de ensayo: RES-9169/15 del laboratorio Afiti Licof según norma UNE-EN 1363-1:2000.

Configuraciones multicapa recomendadas:

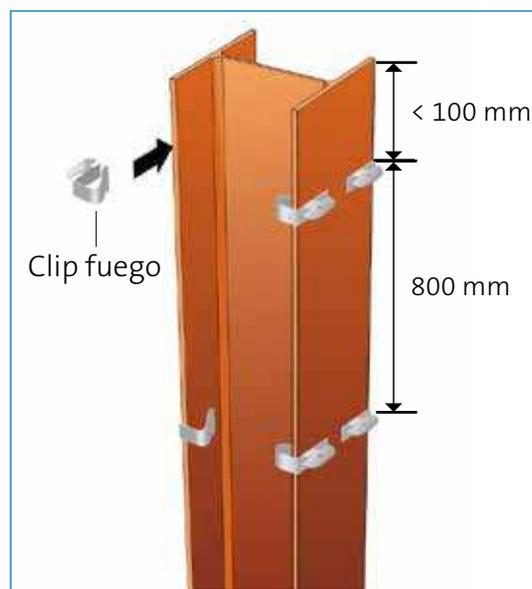
2PPF 13	1PPF 13 + 1 MGP PPF 25
1PPF 13 + PPF 15	1PPF 15 + 1 MGP PPF 25
2PPF 15	2 MGP PPF 25

14.3 INSTALACIÓN PROTECCIÓN DE ESTRUCTURAS CON PLACA PPF

PROTECCIÓN DE ESTRUCTURAS A 4 CARAS

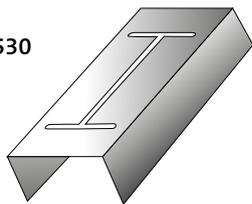
Se fijan los clips de fuego Placo a la estructura, a menos de 100 mm de los extremos del pilar o viga y a una distancia máxima de 800 mm entre ellos, encajándose sobre las alas del perfil a proteger y asegurándose de que están correctamente alineados.

Sobre los clips de fuego se encajan los perfiles F530, de igual forma que se anclaría el F530 sobre una horquilla de techo, para formar la estructura donde irán atornilladas posteriormente las placas Placoflam (PPF).

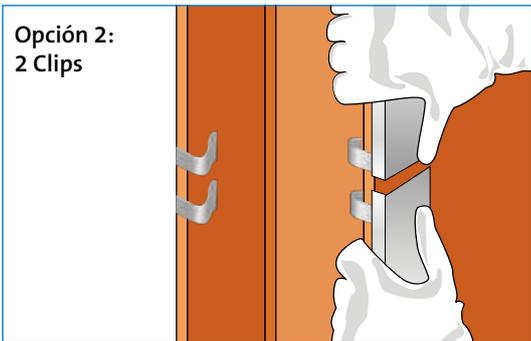


Si es necesario empalmar perfiles F530 debido a la longitud de la estructura, se recomienda utilizar el accesorio de empalme F530 (teniendo en cuenta que el clip F530 y la pieza de empalme no coincidan en el mismo punto) o bien, colocar un clip en el extremo del perfil que termina y otro a continuación en el que comienza.

Opción 1:
Pieza de empalme F-530

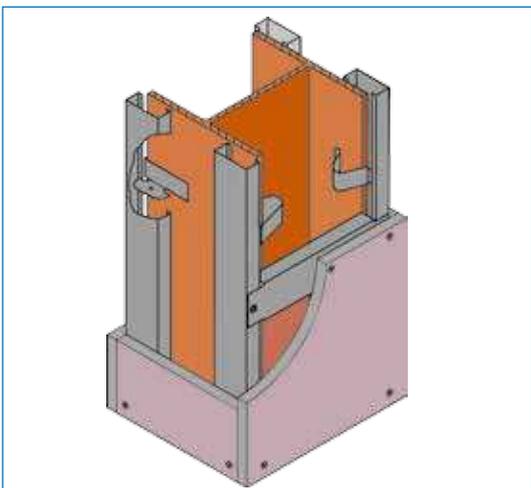


Opción 2:
2 Clips



Para la ejecución de la capa interior de protección, se cortan las placas al ancho requerido y se fijan a los F-530 con tornillos TTPC cada 300 mm escalonando las juntas entre caras contiguas.

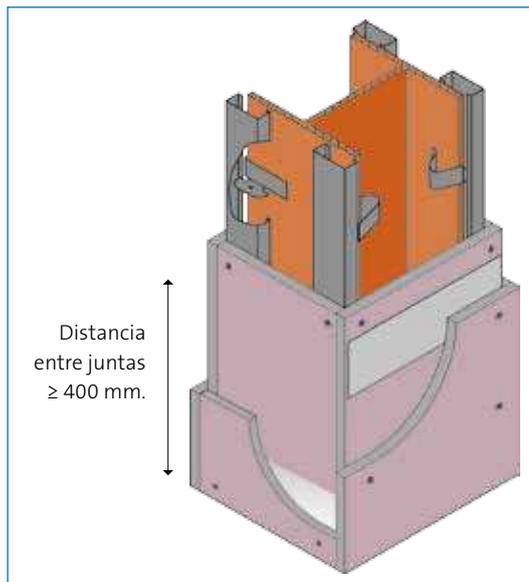
En las juntas entre placas, se colocarán arriostramientos horizontales entre los perfiles longitudinales utilizando perfiles F530 con las alas cortadas. Estos arriostramientos quedarán por la cara interna de la primera capa y se fijarán con tornillos TRPF a la estructura formada por los F530 longitudinales.



Las placas que forman la primera capa irán fijadas a estos arriostramientos con tornillos TTPC en un mínimo de un punto intermedio si la cara donde se ha instalado es menor a 600 mm, o en intervalos de 300 mm si ésta es superior.

Una vez realizada ésta, se tratarán las juntas con pastas de juntas Placo. Posteriormente, se cortarán las placas de la segunda capa teniendo en cuenta la alternancia de juntas (≥ 400 mm) entre capas y la tolerancia necesaria para cubrir el espesor de la capa anterior.

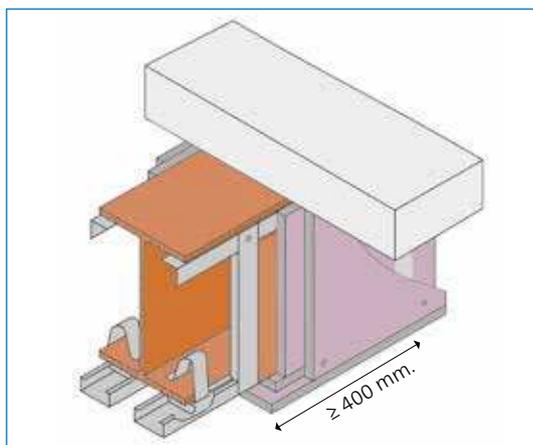
Detrás de las juntas entre placas de esta segunda capa se colocará un recorte de Fleje Megaplac que irá fijado con los mismos tornillos TTPC que utilizamos para fijar esta segunda a la primera.



Una vez fijadas las placas de la segunda capa de protección, se llevará a cabo el tratamiento de juntas con pasta de juntas Placo y daremos por terminada la ejecución de la protección de estructuras con placa Placoflam (PPF).

PROTECCIÓN DE ESTRUCTURAS A 3 CARAS

Cuando la protección de estructuras a realizar sea a 2 o 3 caras, el procedimiento de ejecución será exactamente el mismo, con la salvedad de que en la cara/s que no vamos a proteger, se colocarán perfiles Angulares CR2 en las ala/s que la/s conforman, fijados correctamente a la estructura (mediante pistola de tiro por ejemplo) a menos de 600 mm; y serán éstos junto con el sistema descrito anteriormente (Clip + F530), los que servirán de base para el atornillado de la primera capa.



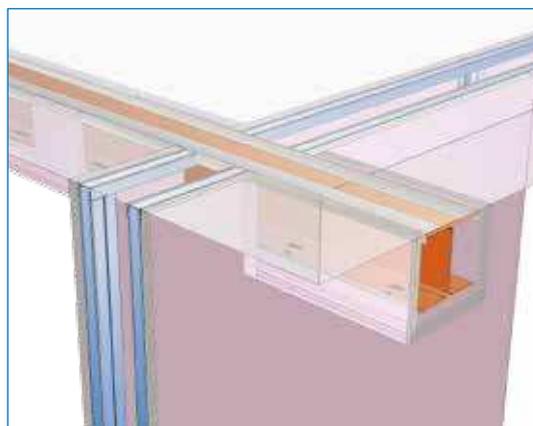
ENCUENTROS ENTRE PROTECCIONES

En las uniones entre vigas y pilares, la protección de las vigas se realizará antes que la protección de los pilares y antes de la ejecución de la tabiquería de distribución interior o los falsos techos.

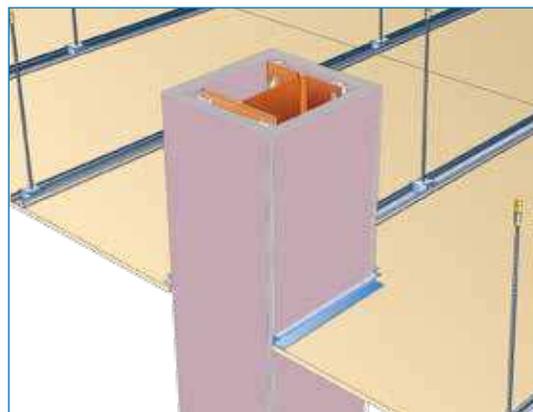


ENCUENTROS CON OTROS ELEMENTOS DE LA OBRA

En caso de que por motivos de aislamiento acústico la protección deba ser interrumpida por un tabique, la constitución de los paramentos del tabique (número, tipo y espesor de las placas) debe ser equivalente al de la protección.



En el caso de protección de pilares, la ejecución de la protección se realizará previamente a la ejecución de los falsos techos.



14.4 SOLUCIONES CON MORTERO IGNIVER

Para determinar el espesor de recubrimiento de Igniver, se siguen los siguientes pasos:

- Determinar el periodo de protección en minutos que se necesita.
- Fijar si la protección a realizar es a cuatro caras, tres caras, etc.
- Obtener el correspondiente factor de forma o masividad.
- Localizar en la siguiente tabla, la columna que corresponde a los minutos de protección que se necesitan, localizando en el eje vertical el Factor de Forma y obteniendo así el espesor de Igniver a aplicar.



Factor de Forma (m ⁻¹)	Resistencia al fuego (minutos)						
	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