



Evaluación Técnica Europea

ETA 12/0005
de 28.11.2016



Parte general

Nombre comercial del producto de construcción	Perlifoc®
Área de producto a la que pertenece	Revestimiento de mortero para contribución a la resistencia al fuego
Fabricante	PERLITA Y VERMICULITA SLU Garraf s/n Polígono Industrial Can Prunera ES-08759 Vallirana (Barcelona) España
Planta(s) de fabricación	Según Anexo N custodiado por el ITeC
La presente Evaluación Técnica Europea contiene:	46 páginas incluyendo 7 Anexos que forman parte del documento y un Anexo N, que contiene información confidencial y no está incluido en la versión pública de la Evaluación Técnica Europea
La presente Evaluación Técnica Europea se emite de acuerdo con el Reglamento (UE) 305/2011, en base a	ETAG 018, Parte 1 edición Abril 2013 y Parte 3 edición Mayo 2012, utilizada como Documento de Evaluación Europeo (DEE)
Esta versión reemplaza	ETA 12/0005, emitido el 11.04.2016

Comentarios generales

Evaluación Técnica Europea emitida en castellano por el Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña (ITeC). Las traducciones a otros idiomas deben corresponder completamente con el documento original emitido.

La reproducción de la presente Evaluación Técnica Europea, incluyendo su transmisión por medios electrónicos, debe ser integral (salvo Anexo(s) confidencial(es)).

Partes específicas de la Evaluación Técnica Europea

1 Descripción técnica del producto

Perlifoc® es un revestimiento de mortero para protección contra el fuego, compuesto por agregados ligeros de perlita y vermiculita expandidas, aplicado mediante proyección vía húmeda. El ligante forma parte de la mezcla de mortero en polvo.

El revestimiento considerado en este ETE se aplica en conjunto con los componentes adicionales especificados en los Anexos – ETE bajo opción 3 descrita en el prefacio de la Guía DITE 018-3.

Las propiedades del revestimiento una vez aplicado, tales como el rango de espesores, densidad, valores de adhesión, etc., se muestran en los Anexos 2 a 7.

2 Especificación del uso(s) previsto(s) de acuerdo con el DEE aplicable

Los usos previstos de Perlifoc® como revestimiento de protección contra el fuego se describen en la Tabla 1, que también muestra las condiciones ambientales asociadas.

Tabla 1: Categorías de uso previsto en relación al elemento protegido y las condiciones ambientales.

Uso de protección contra el fuego		Condiciones ambientales
Referencia Guía DITE 018-1	Elemento constructivo a proteger	Referencia Guía DITE 018-3
Tipo 3	Elementos estructurales de hormigón	Tipo Z ₂
Tipo 4	Elementos estructurales de acero	Tipo Y
Tipo 5	Elementos estructurales mixtos de hormigón y chapa perfilada	Tipo Y
Tipo 7	Elementos estructurales de madera	Tipo Z ₂
Tipo 9	Instalaciones de servicios en edificios	Tipo Y
Tipo 10	Forjado estructural de vigas de madera y losa de hormigón	Tipo Z ₂

Las categorías ambientales de uso se especifican en la Guía DITE 018-3, apartado 2.2.2:

- Tipo Y: condiciones de semi-exposición, que incluye temperaturas inferiores a 0 °C, pero sin exposición a lluvia y exposición limitada a UV (efectos de exposición a UV no evaluados). Esta categoría incluye el Tipo Z₁ y el Tipo Z₂.
- Tipo Z₁: condiciones interiores con humedad igual o superior al 85% HR, excluyendo temperaturas inferiores a 0 °C. Esta categoría incluye el Tipo Z₂.
- Tipo Z₂: condiciones interiores excluyendo temperaturas inferiores a 0 °C, con humedad inferior al 85% HR.

Las disposiciones estipuladas en este ETE se basan en una vida útil de Perlifoc® de al menos 25 años, siempre que se cumplan con las condiciones establecidas en las instrucciones del fabricante sobre instalación, uso y mantenimiento. Dichas disposiciones se basan en el estado actual de la técnica y en los conocimientos y experiencia disponibles.

Las indicaciones sobre la vida útil no se deben interpretar como una garantía dada por el fabricante o el Organismo de Evaluación, sino que deben considerarse como un medio para la elección correcta del producto en relación con la vida útil estimada de las obras.

3 Prestaciones del producto y referencia a los métodos de evaluación

3.1 Prestaciones del producto

La evaluación de Perlifoc® para sus usos previstos, considerando los requisitos básicos de las obras de construcción 2 y 3, se basa en la Guía DITE 018 *Productos de protección contra el fuego, Parte 1: General (Abril 2013)* y *Parte 3: Productos y kits de sistemas de revoco para aplicaciones de protección contra el fuego (Mayo 2012)*, utilizada como DEE.

Tabla 2: Prestaciones de Perlifoc®.

Producto: Perlifoc®		Uso previsto: Contribución a la resistencia al fuego
Requisito básico	Característica esencial	Prestación
RB 2 Seguridad en caso de incendio	Reacción al fuego	A1
	Resistencia al fuego	Véanse los Anexos 2 a 7
RB 3 Higiene, salud y medio ambiente	Emisión de sustancias peligrosas	Sin sustancias peligrosas (véase 3.2.3)
	Durabilidad	Tipo Y, Z ₁ y Z ₂ (véase 3.2.4)
Aspectos generales relacionados con las prestaciones del producto	Resistencia a la corrosión de las fijaciones	Sin corrosión
	Resistencia del sustrato de acero a la corrosión inducida por el mortero	Sin corrosión
	Impacto de cuerpo duro	Conformidad con ETAG 018-3
	Adhesión	Véase 3.2.4 y Anexos 2 a 7

3.2 Métodos de evaluación

3.2.1 Reacción al fuego

La prestación de revestimiento se ha determinado de acuerdo con la norma EN 13501-1¹.

3.2.2 Resistencia al fuego

La prestación de resistencia al fuego, clasificada de acuerdo con EN 13501-2² y EN 13501-3³, se ha determinado según los métodos de ensayo y evaluación indicados en los Anexos 2 a 7.

3.2.3 Emisión de sustancias peligrosas

De acuerdo con la declaración del fabricante, las especificaciones del producto han sido comparadas con las sustancias peligrosas incluidas en el Anexo VI del Reglamento (CE) No 1272/2008 y con la *Indicative list of regulated dangerous substances possibly associated with*

¹ EN 13501-1 *Clasificación en función del comportamiento frente al fuego de los productos de construcción y elementos para la edificación. Parte 1: Clasificación a partir de datos obtenidos en ensayos de reacción al fuego.*

² EN 13501-2 *Clasificación de los productos de construcción y de los elementos constructivos en función de su comportamiento ante el fuego. Parte 2: Clasificación a partir de datos obtenidos de los ensayos de resistencia al fuego excluidas las instalaciones de ventilación.*

³ EN 13501-3 *Clasificación en función del comportamiento frente al fuego de los productos de construcción y elementos para la edificación. Parte 3: Clasificación a partir de datos obtenidos en ensayos de resistencia al fuego de productos y elementos utilizados en las instalaciones de servicio de los edificios: Conductos y compuertas resistentes al fuego.*

construction products under the CPD, DS 041/051 Rev.12, 22 March 2012 del Grupo de Expertos de la Comisión Europea, para verificar que Perlifoc® no contiene ninguna de dichas sustancias, de acuerdo con las disposiciones del TR 034⁴ de EOTA.

Además de las cláusulas específicas relativas a sustancias peligrosas contenidas en este ETE, pueden existir otros requisitos aplicables a los productos dentro de su campo de aplicación. Para cumplir las disposiciones del Reglamento (UE) de Productos de Construcción, estos requisitos también deben cumplirse, cuando y donde apliquen.

3.2.4 Aspectos generales relacionados con las prestaciones del producto

La durabilidad del mortero se ha evaluado de acuerdo con la Guía DITE 018-3, apartado 5.7.1, en relación a sus usos previstos de protección al fuego definidos en la Tabla 1, verificando:

- Resistencia al deterioro ocasionado por ambientes con alto contenido en humedad
- Resistencia al deterioro ocasionado por calor/frío
- Resistencia al deterioro ocasionado por hielo/deshielo

Las imprimaciones anticorrosivas para uso en elementos estructurales de acero (Tipo 4) han sido evaluadas como compatibles, de acuerdo a la Guía DITE 018-3, para las familias de imprimaciones especificadas en el Anexo 2, apartado A.2.2.2.

El revestimiento de mortero ha sido igualmente evaluado para su aplicación directa en sustratos de acero (sin imprimación) de acuerdo con la Guía DITE 018-3, apartado 5.0.5.2.2, mediante el ensayo de eficiencia térmica.

La evaluación de la corrosión del sustrato de acero inducida por el mortero ha sido evaluada de acuerdo a la Guía DITE 018-3, Anexo C. El mortero no muestra un efecto corrosivo sobre los sustratos evaluados. Los resultados de ensayo se detallan en la Tabla 3.

Tabla 3: Resistencia a la corrosión inducida por el mortero.

Sustrato	Condiciones de ensayo	Pérdida de masa
Acero desnudo	23 °C / H.R. ≤ 60 %	3,75 x 10 ⁻⁶ g/mm ²
	35 °C / 95 % H.R.	10 ⁻⁵ g/mm ²
Acero imprimado	35 °C / 95 % H.R.	5,5 x 10 ⁻⁶ g/mm ²

En relación a la resistencia a la corrosión de las fijaciones, la malla expandida de acero galvanizado, especificada en los Anexos 5, 6 y 7 es compatible con Perlifoc®.

En relación a la resistencia al fallo funcional por el impacto de un cuerpo duro (bola de acero de 0,5 kg), Perlifoc® ha sido evaluado como resistente, de acuerdo con la Guía DITE 018-3, apartado 5.7.2.2.1.

⁴ EOTA Technical Report 034 *General ER 3 Checklist for ETAGs/CUAPs/ETAs. Content and/or release of dangerous substances in products/kits.*

La adhesión se ha determinado de acuerdo con la Guía DITE 018-3 y EGOLF SM5⁵. La adhesión/cohesión del mortero depende del espesor instalado y de la preparación del sustrato. En los Anexos se muestran, cuando aplica, los valores de referencia para la adhesión del revestimiento y las condiciones bajo las que han sido obtenidos.

El ETE es emitido para Perlifoc® en base a los datos/información depositados en el ITeC, que confirman que el producto evaluado, de acuerdo con el apartado 5.7.3 de la Guía DITE 018-3, se ajusta a sus características nominales declaradas.

4 Sistema aplicado para la evaluación y verificación de la constancia de las prestaciones (EVCP), con referencia a su base legal

De acuerdo con la decisión 1999/454/EC⁶ de la Comisión Europea, aplica el sistema de EVCP (véase el reglamento delegado (UE) No 568/2014 que modifica el Anexo V del Reglamento (UE) 305/2011) indicado en la siguiente tabla.

Tabla 4: Sistema de EVCP.

Producto(s)	Uso(s) previsto(s)	Nivel(es) o clase(s)	Sistema(s)
Productos de protección contra el fuego (incluidos revestimientos)	Para la compartimentación y/o la protección o la estabilidad frente al fuego	Cualquiera	1

5 Detalles técnicos necesarios para la implementación del sistema de EVCP, según lo previsto en el DEE de aplicación

Todos los detalles técnicos necesarios para la implementación del sistema de EVCP se establecen en el *Plan de Control* depositado en el ITeC⁷; el control de producción en fábrica debe ser conforme a dicho *Plan de Control*. La siguiente tabla especifica las propiedades que se deberán controlar y la frecuencia mínima de control.

⁵ EGOLF SM5 (EA 05:1999) *Fire testing. Method for the measurement of bonding properties of fire protection materials applied to steel, concrete and steel/concrete composite structures.*

⁶ Diario Oficial de las Comunidades Europeas N° L178, 17.07.1999, p.52.

⁷ El *Plan de Control* es una parte confidencial del ETE y accesible sólo para el organismo notificado de certificación involucrado en el proceso de evaluación y verificación de la constancia de las prestaciones.

Tabla 5: Plan de ensayos CPF para Perlifoc®.

Producto	Característica	Frecuencia mínima
Mortero en polvo	Materia prima	1 por lote suministrado
	Densidad de la mezcla en polvo	5 veces al día ⁸ en intervalos regulares
Mortero fresco	Densidad aparente	1 por lote
	Consistencia	1 por lote
Mortero endurecido	Densidad	Mensual
	Adhesión	Mensual
	Eficiencia térmica	Mensual

Emitido en Barcelona a 28 de Noviembre de 2016
por el Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña.



Ferran Bermejo Nualart
Director Técnico, ITeC

⁸ Un día representa un período de tiempo de 24 horas en el cual la producción se considera "normal".

ANEXO 1. Prestaciones de resistencia al fuego y disposiciones de instalación para las soluciones constructivas relativas a los usos previstos de Perlifoc®

A.1.1 Resumen de las prestaciones de resistencia al fuego de las soluciones constructivas protegidas con Perlifoc®

Las soluciones constructivas de protección frente al fuego de la tabla A.1.1 han sido evaluadas en el marco de este ETE.

Tabla A.1.1: Soluciones constructivas de protección frente al fuego.

Solución constructiva evaluada en el marco de este ETE	Clasificación	Normas de ensayo	Categoría de uso previsto según la Guía DITE 018	Detalles de instalación
Elementos estructurales de acero	EN 13501-2, véase el Anexo 2	ENV 13381-4	Tipo 4	Anexo 2
Elementos estructurales mixtos de hormigón y chapa perfilada trapezoidal de acero galvanizado	EN 13501-2, véase el Anexo 3	ENV 13381-5	Tipo 5	Anexo 3
Elementos estructurales de hormigón	EN 13501-2, véase el Anexo 4	ENV 13381-3	Tipo 3	Anexo 4
Elementos estructurales de madera	EN 13501-2, véase el Anexo 5	EN 1365-2	Tipo 7	Anexo 5
Instalaciones de servicios en edificios	EN 13501-3, véase el Anexo 5	EN 1366-1	Tipo 9	Anexo 6
Forjado estructural de vigas de madera y losa de hormigón	EN 13501-2, véase el Anexo 7	EN 1365-2	Tipo 10	Anexo 7

A.1.2 Disposiciones de instalación y diseño en relación con las soluciones constructivas protegidas con Perlifoc®

La instalación del sistema debe realizarse de acuerdo con las instrucciones del fabricante y las disposiciones indicadas en los siguientes Anexos.

A.1.2.1 Herramientas y equipo de aplicación

Las máquinas habituales utilizadas para la aplicación de Perlifoc® son aquellas adecuadas para la proyección de todo tipo de morteros prefabricados bombeables. Normalmente incluyen un motor eléctrico, una tolva, un tubo de mezcla cónico, una bomba de agua integrada, un compresor y un medidor de flujo de agua para regular la cantidad de agua, entre otros. Por ejemplo, una máquina de proyección típica es la MP 25, suministrado por Putzmeister.

A.1.2.2 Sustrato

Antes de la aplicación el sustrato debe ser inspeccionado y preparado. Las superficies deben estar libres de aceite, grasa, imprimaciones, desencofrante o cualquier otra sustancia que pueda impedir la adhesión. En el caso de que se detecte suciedad en el sustrato, se recomienda limpiarlo mediante proyección de agua con una manguera.

Ganchos, sujetiones, soportes u otros elementos que sea necesario instalar en el sustrato pueden ser instalados por terceros antes o después de la aplicación de Perlifoc®. Tubos, conductos, tuberías u otras instalaciones que precisen ser suspendidos pueden instalarse después de la aplicación de

Perlifoc[®], en cuyo caso se requerirá la inspección posterior del revestimiento de mortero Perlifoc[®] aplicado y, si fuera necesario, su reparación. Véanse los siguientes Anexos para la especificación de los sustratos.

A.1.2.3 Condiciones ambientales durante la aplicación y construcción

La temperatura ambiente y del sustrato para la aplicación del revestimiento debe estar por encima de los 0 °C, durante la aplicación y durante al menos 24 horas después. En espacios abiertos, la velocidad del viento no debe superar los 8 m/s. Cuando la temperatura ambiente es superior a 30 °C es necesario pulverizar con agua el revestimiento cada 12 horas durante las primeras 48 horas tras su instalación.

Se debe proveer una ventilación adecuada para permitir el secado del producto una vez proyectado. En espacios cerrados donde la ventilación no sea adecuada, pueden ser necesarios medios de ventilación y circulación de aire suficientes para obtener una renovación del aire de al menos 4 veces por hora. Durante el periodo invernal se deben tener en cuenta las consideraciones especiales recomendadas por el fabricante. En función de la temperatura y de la humedad relativa del ambiente de aplicación, el curado de Perlifoc[®] se produce entre 18 y 36 horas después de su aplicación.

Como se indica en el apartado 1, el producto está previsto para usos de categoría ambiental Tipo Y, Z₁ y Z₂. Deben tomarse precauciones especiales para la protección temporal del revestimiento en caso de que éste quede expuesto a condiciones exteriores durante la ejecución.

A.1.2.4 Verificaciones en obra

El espesor se debe medir en suficientes puntos para determinar el espesor medio y mínimo. En la Guía DITE 018-3, apartado 5.0.2, se muestra un método de medida del espesor apropiado.

La densidad del mortero endurecido debe ser medida con las tolerancias que se indican en el Anexo correspondiente.

La adhesión del revestimiento al sustrato se debe medir en obra, excepto en el caso de instalaciones de acuerdo al Anexo 5, en las cuales se coloca una malla de refuerzo. Un método apropiado para medir la adhesión es el EGOLF Agreement EA 05, que puede emplearse como base para las determinaciones en obra. El responsable de la obra debe decidir sobre la adecuación de los resultados en obra teniendo en cuenta los valores de referencia establecidos en el Anexo relevante. Para su aceptación pueden ser aplicadas las recomendaciones dadas en el apartado 7.3.1 de la Guía DITE 018-3, u otros criterios existentes, bajo la responsabilidad del técnico responsable de la obra.

A.1.2.5 Almacenamiento

Los sacos de Perlifoc[®] se deben almacenar en un lugar seco y bien ventilado hasta su uso, bajo cubierta y alejado de superficies húmedas a menos que el palé esté protegido adecuadamente. Los sacos no se deben almacenar en contacto directo con el suelo. Perlifoc[®] puede ser almacenado en condiciones secas durante 1 año desde la fecha de fabricación. El material dañado por la humedad (sacos abiertos o dañados) no debe ser usado.

A.1.2.6 Reparación

Se pueden reparar daños de alcance limitado en el revestimiento. El área dañada se debe limpiar cuidadosamente con un cuchillo, cúter o llana en todo el espesor aplicado, hasta el soporte. Se corta en ángulo recto una zona adicional de 250 mm alrededor del área dañada. El polvo y las partículas generadas en esta operación deben eliminarse cuidadosamente. Se proyecta Perlifoc[®] de modo que el hueco quede totalmente relleno y se nivela la superficie reparada con el revestimiento Perlifoc[®] circundante. El revestimiento se pulverizará con agua una vez aplicado.

ANEXO 2. Especificaciones y evaluación de la protección contra el fuego de elementos estructurales de acero protegidos con Perlifoc® (uso previsto Tipo 4)

A.2.1 Clasificación

Las soluciones constructivas descritas en este Anexo han sido ensayadas de acuerdo con ENV 13381-4 y clasificadas según EN 13501-2.

La duración máxima de exposición a la curva normalizada tiempo-temperatura definida en EN 1363-1, apartado 5.1.1, es 140 minutos, dependiendo del factor de sección del elemento estructural de acero y del espesor de Perlifoc®.

La evaluación del espesor requerido de Perlifoc® en el rango de temperaturas de diseño de 350 °C a 600 °C, en función del factor de sección y del tiempo de exposición, se da en el apartado A.2.3.

A.2.2 Requisitos de instalación

La instalación del sistema se debe realizar de acuerdo con las disposiciones recogidas en A.1.2.

A.2.2.1 Estructura soporte

Perlifoc® se ha aplicado sobre sustratos de acero con la imprimación anticorrosiva C-THERM.

La estructura soporte consiste en elementos estructurales de acero con las siguientes características:

- vigas y pilares de sección en 'H' o 'I' con factores de sección (A_m/V) entre 65 m^{-1} y 295 m^{-1} .
- grados de acero de acuerdo con ENV 13381-4.
- tres lados expuestos al fuego para vigas y cuatro lados expuestos al fuego para pilares.

Las especificaciones de los componentes se dan en la Tabla A.2.1.

Tabla A.2.1. Especificaciones de los componentes.

Componente	Identificación	Características	Montaje y fijaciones
Elementos estructurales de acero	Grados de acero de acuerdo con EN 10025, con las restricciones dadas en ENV 13381-4	Factores de sección (A_m/V) de $65^{(1)} \text{ m}^{-1}$ a 295 m^{-1}	Secciones de acero con chorreado Sa 2 ½ según ISO 8501-1 o equivalente.
		Secciones en I/H	La superficie debe limpia, libre de aceite, polvo y grasa.
		Secciones huecas ⁽²⁾	Sustrato de acero cubierto con imprimación C-THERM.

⁽¹⁾ Un elemento de acero con factor de sección $\leq 65 \text{ m}^{-1}$ debe protegerse con un espesor de Perlifoc® determinado para un elemento de acero con factor de sección igual a 65 m^{-1} .

⁽²⁾ Secciones diferentes de las I/H, de acuerdo con el Anexo B de ENV 13381-4.

A.2.2.2 Superficie de los elementos de acero

Previo aplicación de Perlifoc®, los elementos de acero deben ser revestidos con una imprimación anticorrosiva alquídica (por ej. C-THERM). No se aplicó imprimación adherente antes de la aplicación de Perlifoc®. Otras imprimaciones anticorrosivas evaluadas como compatibles con el revestimiento son:

- Imprimaciones alquídicas
- Imprimaciones epoxi de dos componentes
- Imprimaciones epoxi rica en zinc (contenido aproximado del 85 % en peso de polvo de zinc metálico)
- Imprimación de silicato de zinc

A.2.2.3 Mortero de revestimiento

Perlifoc® se aplica sobre las caras del elemento de acero que quedan expuestas al fuego, siguiendo su geometría.

Perlifoc® se aplica de forma continua con una máquina de proyección. Durante la aplicación, el espesor del mortero se controla de forma regular con un calibre medidor de espesores. Cualquier parte del elemento estructural expuesto al fuego debe ser cubierto con el revestimiento Perlifoc® con el espesor requerido. Después de la proyección, Perlifoc® se alisa para homogeneizar el espesor.

No resultan aceptables fisuras en el mortero endurecido.

Las especificaciones de los componentes se dan en la Tabla A.2.2.

Tabla A.2.2: Especificaciones del revestimiento para los ensayos de resistencia al fuego.

Componente	Identificación	Características	Montaje y fijaciones
Mortero endurecido	Perlifoc®	<p>Espesor de 10 a 63 mm, de acuerdo con las reglas de evaluación.</p> <p>Densidad del mortero endurecido: $870 \pm 15 \text{ kg/m}^3$</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Para la aplicación de espesor mínimo, se proyecta en una sola capa. - Para la aplicación de espesor medio, se proyecta en dos capas. - Para la aplicación de espesor máximo, se proyecta en tres capas.

A.2.2.4 Propiedades adherentes de Perlifoc® sobre los elementos de acero

La evaluación de las propiedades adherentes de Perlifoc® aplicado sobre elementos de acero imprimado se ha realizado de acuerdo con el procedimiento EGOLF SM5.

Los valores indicados son representativos de la rotura cohesiva en el espesor de Perlifoc® proyectado. Estos son valores de referencia y no reflejan una evaluación estadística ni unos valores mínimos garantizados.

Tabla A.2.3: Resistencia a la tracción sobre elementos de acero.

Superficie	Espesor de Perlifoc®	Resistencia media a la tracción	Modo de rotura
Pletinas de acero imprimado de acuerdo con EGOLF SM5	10 mm	0,15 MPa	Rotura cohesiva
	50 mm	0,12 MPa	

A.2.3 Evaluación de la contribución a la resistencia al fuego de Perlifoc® en estructuras de acero

La evaluación de la contribución a la resistencia al fuego de Perlifoc® cuando se aplica sobre estructuras de acero se ha realizado de acuerdo con ENV 13381-4, Anexo H Análisis por Regresión Numérica.

La evaluación de secciones en I/H se muestra en las tablas A.2.4 a A.2.9.

La evaluación de secciones huecas se muestra en las tablas A.2.10 a A.2.15, calculado de acuerdo al Anexo B de la ENV 13381-4.

Tabla A.2.4: Resistencia al fuego de secciones I/H a la temperatura de diseño de 350 °C.

Factor de sección A_m/V (m ⁻¹)	Clasificación de resistencia al fuego							
	R15	R30	R45	R60	R90	R120	R180	R240
	Espesor mínimo (mm) Perlifoc® a la temperatura de diseño 350 °C							
65	10	10	10	13	18	24	25	47
70	10	10	10	13	19	25	37	48
75	10	10	11	14	20	26	38	50
80	10	10	11	14	20	26	39	51
85	10	10	11	14	21	27	40	53
90	10	10	11	15	21	28	41	54
95	10	10	12	15	22	28	42	55
100	10	10	12	15	22	29	42	56
105	10	10	12	15	22	29	43	57
110	10	10	12	16	23	30	44	58
115	10	10	12	16	23	30	44	59
120	10	10	13	16	23	31	45	60
125	10	10	13	16	24	31	46	60
130	10	10	13	17	24	31	46	61
135	10	10	13	17	24	32	47	62
140	10	10	13	17	25	32	47	62
145	10	10	13	17	25	32	48	63
150	10	10	13	17	25	33	48	-
155	10	10	14	17	25	33	49	-
160	10	10	14	18	25	33	49	-
165	10	10	14	18	26	34	49	-
170	10	10	14	18	26	34	50	-
175	10	10	14	18	26	34	50	-
180	10	10	14	18	26	34	50	-
185	10	10	14	18	26	35	51	-
190	10	10	14	18	27	35	51	-
195	10	10	14	18	27	35	51	-
200	10	10	14	19	27	35	52	-
205	10	10	14	19	27	35	52	-
210	10	10	15	19	27	35	52	-
215	10	10	15	19	27	36	53	-
220	10	10	15	19	27	36	53	-
225	10	11	15	19	28	36	53	-
230	10	11	15	19	28	36	53	-
235	10	11	15	19	28	36	53	-
240	10	11	15	19	28	36	54	-
245	10	11	15	19	28	37	54	-
250	10	11	15	19	28	37	54	-
255	10	11	15	19	28	37	54	-
260	10	11	15	20	28	37	54	-
265	10	11	15	20	28	37	55	-
270	10	11	15	20	28	37	55	-
275	10	11	15	20	29	37	55	-
280	10	11	15	20	29	37	55	-
285	10	11	15	20	29	38	55	-
290	10	11	15	20	29	38	55	-
295	10	11	16	20	29	38	55	-

Tabla A.2.5: Resistencia al fuego de secciones I/H a la temperatura de diseño de 400 °C.

Factor de sección A_m/V (m ⁻¹)	Clasificación de resistencia al fuego							
	R15	R30	R45	R60	R90	R120	R180	R240
	Espesor mínimo (mm) Perlifoc® a la temperatura de diseño 400 °C							
65	10	10	10	11	16	22	32	43
70	10	10	10	11	17	22	34	45
75	10	10	10	12	18	23	35	46
80	10	10	10	12	18	24	36	47
85	10	10	10	13	19	25	37	49
90	10	10	10	13	19	25	37	50
95	10	10	10	13	20	26	38	51
100	10	10	10	14	20	26	39	52
105	10	10	11	14	20	27	40	53
110	10	10	11	14	21	27	40	54
115	10	10	11	14	21	28	41	54
120	10	10	11	15	21	28	42	55
125	10	10	11	15	22	29	42	56
130	10	10	12	15	22	29	43	57
135	10	10	12	15	22	29	43	57
140	10	10	12	15	22	30	44	58
145	10	10	12	16	23	30	44	59
150	10	10	12	16	23	30	45	59
155	10	10	12	16	23	31	45	60
160	10	10	12	16	23	31	46	60
165	10	10	12	16	24	31	46	61
170	10	10	13	16	24	31	46	61
175	10	10	13	16	24	32	47	62
180	10	10	13	17	24	32	47	62
185	10	10	13	17	24	32	47	63
190	10	10	13	17	25	32	48	63
195	10	10	13	17	25	32	48	63
200	10	10	13	17	25	33	48	-
205	10	10	13	17	25	33	48	-
210	10	10	13	17	25	33	49	-
215	10	10	13	17	25	33	49	-
220	10	10	13	17	25	33	49	-
225	10	10	14	18	25	33	49	-
230	10	10	14	18	26	34	50	-
235	10	10	14	18	26	34	50	-
240	10	10	14	18	26	34	50	-
245	10	10	14	18	26	34	50	-
250	10	10	14	18	26	34	51	-
255	10	10	14	18	26	34	51	-
260	10	10	14	18	26	34	51	-
265	10	10	14	18	26	35	51	-
270	10	10	14	18	26	35	51	-
275	10	10	14	18	27	35	51	-
280	10	10	14	18	27	35	52	-
285	10	10	14	18	27	35	52	-
290	10	10	14	18	27	35	52	-
295	10	10	14	18	27	35	52	-

Tabla A.2.6: Resistencia al fuego de secciones I/H a la temperatura de diseño de 450 °C.

Factor de sección A_m/V (m ⁻¹)	Clasificación de resistencia al fuego							
	R15	R30	R45	R60	R90	R120	R180	R240
	Espesor mínimo (mm) Perlifoc® a la temperatura de diseño 450 °C							
65	10	10	10	10	14	19	29	39
70	10	10	10	10	15	20	30	41
75	10	10	10	10	16	21	31	42
80	10	10	10	11	16	22	32	43
85	10	10	10	11	17	22	33	45
90	10	10	10	11	17	23	34	46
95	10	10	10	12	17	23	35	47
100	10	10	10	12	18	24	36	48
105	10	10	10	12	18	24	36	49
110	10	10	10	12	19	25	37	49
115	10	10	10	13	19	25	38	50
120	10	10	10	13	19	26	38	51
125	10	10	10	13	20	26	39	52
130	10	10	10	13	20	26	39	52
135	10	10	10	14	20	27	40	53
140	10	10	10	14	20	27	40	54
145	10	10	11	14	21	27	41	54
150	10	10	11	14	21	28	41	55
155	10	10	11	14	21	28	42	55
160	10	10	11	14	21	28	42	56
165	10	10	11	15	22	29	42	56
170	10	10	11	15	22	29	43	57
175	10	10	11	15	22	29	43	57
180	10	10	11	15	22	29	43	58
185	10	10	12	15	22	29	44	58
190	10	10	12	15	22	30	44	58
195	10	10	12	15	23	30	44	59
200	10	10	12	15	23	30	45	59
205	10	10	12	16	23	30	45	60
210	10	10	12	16	23	30	45	60
215	10	10	12	16	23	31	45	60
220	10	10	12	16	23	31	46	60
225	10	10	12	16	23	31	46	61
230	10	10	12	16	24	31	46	61
235	10	10	12	16	24	31	46	61
240	10	10	12	16	24	31	46	62
245	10	10	13	16	24	32	47	62
250	10	10	13	16	24	32	47	62
255	10	10	13	16	24	32	47	62
260	10	10	13	17	24	32	47	63
265	10	10	13	17	24	32	47	63
270	10	10	13	17	24	32	48	63
275	10	10	13	17	25	32	48	63
280	10	10	13	17	25	32	48	63
285	10	10	13	17	25	32	48	-
290	10	10	13	17	25	33	48	-
295	10	10	13	17	25	33	48	-

Tabla A.2.7: Resistencia al fuego de secciones I/H a la temperatura de diseño de 500 °C.

Factor de sección A_m/V (m ⁻¹)	Clasificación de resistencia al fuego							
	R15	R30	R45	R60	R90	R120	R180	R240
	Espesor mínimo (mm) Perlifoc® a la temperatura de diseño 500 °C							
65	10	10	10	10	13	18	27	37
70	10	10	10	10	14	19	28	38
75	10	10	10	10	14	19	30	40
80	10	10	10	10	15	20	31	41
85	10	10	10	10	15	21	31	42
90	10	10	10	10	16	21	32	43
95	10	10	10	11	16	22	33	44
100	10	10	10	11	17	22	34	45
105	10	10	10	11	17	23	35	46
110	10	10	10	11	17	23	35	47
115	10	10	10	12	18	24	36	48
120	10	10	10	12	18	24	36	49
125	10	10	10	12	18	25	37	49
130	10	10	10	12	19	25	38	50
135	10	10	10	13	19	25	38	51
140	10	10	10	13	19	26	38	51
145	10	10	10	13	19	26	39	52
150	10	10	10	13	20	26	39	52
155	10	10	10	13	20	27	40	53
160	10	10	10	13	20	27	40	54
165	10	10	10	14	20	27	41	54
170	10	10	10	14	21	27	41	54
175	10	10	11	14	21	28	41	55
180	10	10	11	14	21	28	42	55
185	10	10	11	14	21	28	42	56
190	10	10	11	14	21	28	42	56
195	10	10	11	14	21	28	42	56
200	10	10	11	15	22	29	43	57
205	10	10	11	15	22	29	43	57
210	10	10	11	15	22	29	43	58
215	10	10	11	15	22	29	44	58
220	10	10	11	15	22	29	44	58
225	10	10	11	15	22	30	44	58
230	10	10	12	15	22	30	44	59
235	10	10	12	15	23	30	44	59
240	10	10	12	15	23	30	45	59
245	10	10	12	15	23	30	45	60
250	10	10	12	16	23	30	45	60
255	10	10	12	16	23	30	45	60
260	10	10	12	16	23	31	45	60
265	10	10	12	16	23	31	46	61
270	10	10	12	16	23	31	46	61
275	10	10	12	16	23	31	46	61
280	10	10	12	16	23	31	46	61
285	10	10	12	16	24	31	46	61
290	10	10	12	16	24	31	46	62
295	10	10	12	16	24	31	47	62

Tabla A.2.8: Resistencia al fuego de secciones I/H a la temperatura de diseño de 550 °C.

Factor de sección A_m/V (m ⁻¹)	Clasificación de resistencia al fuego							
	R15	R30	R45	R60	R90	R120	R180	R240
	Espesor mínimo (mm) Perlifoc® a la temperatura de diseño 550 °C							
65	10	10	10	10	12	17	26	36
70	10	10	10	10	13	18	27	37
75	10	10	10	10	13	18	28	38
80	10	10	10	10	14	19	29	40
85	10	10	10	10	14	20	30	41
90	10	10	10	10	15	20	31	42
95	10	10	10	10	15	21	32	43
100	10	10	10	10	16	21	33	44
105	10	10	10	10	16	22	33	45
110	10	10	10	11	17	22	34	46
115	10	10	10	11	17	23	35	47
120	10	10	10	11	17	23	35	47
125	10	10	10	11	18	24	36	48
130	10	10	10	12	18	24	36	49
135	10	10	10	12	18	24	37	50
140	10	10	10	12	18	25	37	50
145	10	10	10	12	19	25	38	51
150	10	10	10	12	19	25	38	51
155	10	10	10	13	19	26	39	52
160	10	10	10	13	19	26	39	52
165	10	10	10	13	20	26	40	53
170	10	10	10	13	20	27	40	53
175	10	10	10	13	20	27	40	54
180	10	10	10	13	20	27	41	54
185	10	10	10	14	20	27	41	55
190	10	10	10	14	21	27	41	55
195	10	10	10	14	21	28	42	55
200	10	10	10	14	21	28	42	56
205	10	10	11	14	21	28	42	56
210	10	10	11	14	21	28	42	56
215	10	10	11	14	21	28	43	57
220	10	10	11	14	22	29	43	57
225	10	10	11	15	22	29	43	57
230	10	10	11	15	22	29	43	58
235	10	10	11	15	22	29	44	58
240	10	10	11	15	22	29	44	58
245	10	10	11	15	22	29	44	59
250	10	10	11	15	22	30	44	59
255	10	10	11	15	22	30	44	59
260	10	10	11	15	22	30	45	59
265	10	10	12	15	23	30	45	59
270	10	10	12	15	23	30	45	60
275	10	10	12	15	23	30	45	60
280	10	10	12	15	23	30	45	60
285	10	10	12	15	23	30	45	60
290	10	10	12	16	23	31	46	61
295	10	10	12	16	23	31	46	61

Tabla A.2.9: Resistencia al fuego de secciones I/H a la temperatura de diseño de 600 °C.

Factor de sección A_m/V (m ⁻¹)	Clasificación de resistencia al fuego							
	R15	R30	R45	R60	R90	R120	R180	R240
	Espesor mínimo (mm) Perlifoc® a la temperatura de diseño 600 °C							
65	10	10	10	10	11	16	25	34
70	10	10	10	10	12	16	26	36
75	10	10	10	10	12	17	27	37
80	10	10	10	10	13	18	28	38
85	10	10	10	10	13	19	29	40
90	10	10	10	10	14	19	30	41
95	10	10	10	10	14	20	31	42
100	10	10	10	10	15	20	32	43
105	10	10	10	10	15	21	32	44
110	10	10	10	10	16	21	33	45
115	10	10	10	10	16	22	34	45
120	10	10	10	10	16	22	34	46
125	10	10	10	11	17	23	35	47
130	10	10	10	11	17	23	35	48
135	10	10	10	11	17	24	36	48
140	10	10	10	11	18	24	36	49
145	10	10	10	12	18	24	37	50
150	10	10	10	12	18	25	37	50
155	10	10	10	12	18	25	38	51
160	10	10	10	12	19	25	38	51
165	10	10	10	12	19	25	39	52
170	10	10	10	12	19	26	39	52
175	10	10	10	13	19	26	39	53
180	10	10	10	13	20	26	40	53
185	10	10	10	13	20	26	40	53
190	10	10	10	13	20	27	40	54
195	10	10	10	13	20	27	41	54
200	10	10	10	13	20	27	41	56
205	10	10	10	13	20	27	41	56
210	10	10	10	14	21	27	41	55
215	10	10	10	14	21	28	42	56
220	10	10	10	14	21	28	42	56
225	10	10	10	14	21	28	42	56
230	10	10	10	14	21	28	42	57
235	10	10	11	14	21	28	43	57
240	10	10	11	14	21	29	43	57
245	10	10	11	14	21	29	43	57
250	10	10	11	14	22	29	43	58
255	10	10	11	14	22	29	43	58
260	10	10	11	15	22	29	44	58
265	10	10	11	15	22	29	44	58
270	10	10	11	15	22	29	44	59
275	10	10	11	15	22	29	44	59
280	10	10	11	15	22	30	44	59
285	10	10	11	15	22	30	44	59
290	10	10	11	15	22	30	45	59
295	10	10	11	15	23	30	45	60

Tabla A.2.10: Resistencia al fuego de secciones huecas a la temperatura de diseño de 350 °C.

Factor de sección A_m/V (m ⁻¹)	Clasificación de resistencia al fuego							
	R15	R30	R45	R60	R90	R120	R180	R240
	Espesor mínimo (mm) Perlifoc® a la temperatura de diseño 350 °C							
65	11	11	11	14	19	26	27	50
70	11	11	11	14	20	27	40	51
75	11	11	12	15	22	28	41	54
80	11	11	12	15	22	28	42	55
85	11	11	12	15	23	29	43	58
90	11	11	12	16	23	31	45	59
95	11	11	13	16	24	31	46	60
100	11	11	13	17	24	32	46	62
105	11	11	13	17	24	32	48	63
110	11	11	13	18	26	33	49	-
115	11	11	13	18	26	33	49	-
120	11	11	15	18	26	35	50	-
125	11	11	15	18	27	35	52	-
130	11	11	15	19	27	35	52	-
135	11	11	15	19	27	36	53	-
140	11	11	15	19	29	36	54	-
145	11	11	15	19	29	37	55	-
150	12	12	15	20	29	38	55	-
155	12	12	16	20	29	38	57	-
160	12	12	16	21	29	38	57	-
165	12	12	16	21	30	40	57	-
170	12	12	16	21	30	40	59	-
175	12	12	16	21	31	40	59	-
180	12	12	17	21	31	40	59	-
185	12	12	17	21	31	41	60	-
190	12	12	17	21	32	42	61	-
195	12	12	17	22	32	42	61	-
200	12	12	17	23	32	42	62	-
205	12	12	17	23	33	42	63	-
210	12	12	18	23	33	42	63	-
215	12	12	18	23	33	44	-	-
220	12	12	18	23	33	44	-	-
225	12	13	18	23	34	44	-	-
230	12	14	18	23	34	44	-	-
235	12	14	19	23	35	44	-	-
240	12	14	19	24	35	45	-	-
245	12	14	19	24	35	46	-	-
250	13	14	19	24	35	46	-	-
255	13	14	19	24	35	46	-	-
260	13	14	19	25	35	46	-	-
265	13	14	19	25	35	46	-	-
270	13	14	19	25	35	46	-	-
275	13	14	19	25	36	46	-	-
280	13	14	19	25	36	46	-	-
285	13	14	19	25	36	48	-	-
290	13	14	19	25	36	48	-	-
295	13	14	20	25	36	48	-	-

Tabla A.2.11: Resistencia al fuego de secciones huecas a la temperatura de diseño de 400 °C.

Factor de sección A_m/V (m ⁻¹)	Clasificación de resistencia al fuego							
	R15	R30	R45	R60	R90	R120	R180	R240
	Espesor mínimo (mm) Perlifoc® a la temperatura de diseño 400 °C							
65	11	11	11	12	17	23	34	46
70	11	11	11	12	18	24	36	48
75	11	11	11	13	19	25	38	49
80	11	11	11	13	19	26	39	51
85	11	11	11	14	21	27	40	53
90	11	11	11	14	21	27	40	55
95	11	11	11	14	22	28	42	56
100	11	11	11	15	22	29	43	57
105	11	11	12	15	22	30	44	59
110	11	11	12	16	23	30	44	60
115	11	11	12	16	23	31	46	60
120	11	11	12	17	24	31	47	62
125	11	11	12	17	25	33	47	63
130	11	11	14	17	25	33	49	-
135	11	11	14	17	25	33	49	-
140	11	11	14	17	25	34	50	-
145	11	11	14	18	26	34	50	-
150	12	12	14	18	26	35	52	-
155	12	12	14	18	27	36	52	-
160	12	12	14	19	27	36	53	-
165	12	12	14	19	28	36	54	-
170	12	12	15	19	28	36	54	-
175	12	12	15	19	28	38	55	-
180	12	12	15	20	28	38	55	-
185	12	12	15	20	28	38	56	-
190	12	12	15	20	30	38	57	-
195	12	12	16	20	30	38	57	-
200	12	12	16	20	30	40	58	-
205	12	12	16	20	30	40	58	-
210	12	12	16	21	30	40	59	-
215	12	12	16	21	30	40	60	-
220	12	12	16	21	31	40	60	-
225	12	12	17	22	31	40	60	-
230	12	12	17	22	32	42	62	-
235	12	12	17	22	32	42	62	-
240	12	12	17	22	32	42	62	-
245	12	12	17	22	32	42	62	-
250	13	13	18	23	33	43	-	-
255	13	13	18	23	33	43	-	-
260	13	13	18	23	33	43	-	-
265	13	13	18	23	33	44	-	-
270	13	13	18	23	33	44	-	-
275	13	13	18	23	34	44	-	-
280	13	13	18	23	34	44	-	-
285	13	13	18	23	34	44	-	-
290	13	13	18	23	34	44	-	-
295	13	13	18	23	34	44	-	-

Tabla A.2.12: Resistencia al fuego de secciones huecas a la temperatura de diseño de 450 °C.

Factor de sección A_m/V (m ⁻¹)	Clasificación de resistencia al fuego							
	R15	R30	R45	R60	R90	R120	R180	R240
	Espesor mínimo (mm) Perlifoc® a la temperatura de diseño 450 °C							
65	11	11	11	11	15	20	31	42
70	11	11	11	11	16	21	32	44
75	11	11	11	11	17	23	33	45
80	11	11	11	12	17	24	35	46
85	11	11	11	12	18	24	36	49
90	11	11	11	12	19	25	37	50
95	11	11	11	13	19	25	38	51
100	11	11	11	13	20	26	40	53
105	11	11	11	13	20	27	40	54
110	11	11	11	13	21	28	41	54
115	11	11	11	14	21	28	42	56
120	11	11	11	15	21	29	43	57
125	11	11	11	15	23	29	44	59
130	11	11	11	15	23	29	44	59
135	11	11	11	16	23	31	45	60
140	11	11	11	16	23	31	46	62
145	11	11	13	16	24	31	47	62
150	12	12	13	16	24	32	47	63
155	12	12	13	16	24	32	49	-
160	12	12	13	16	24	32	49	-
165	12	12	13	17	26	34	49	-
170	12	12	13	18	26	34	50	-
175	12	12	13	18	26	34	51	-
180	12	12	13	18	26	34	51	-
185	12	12	14	18	26	34	52	-
190	12	12	14	18	26	36	52	-
195	12	12	14	18	27	36	53	-
200	12	12	14	18	28	36	54	-
205	12	12	14	19	28	36	54	-
210	12	12	15	19	28	36	54	-
215	12	12	15	19	28	38	55	-
220	12	12	15	20	28	38	56	-
225	12	12	15	20	28	38	56	-
230	12	12	15	20	30	38	57	-
235	12	12	15	20	30	38	57	-
240	12	12	15	20	30	38	57	-
245	12	12	16	20	30	40	59	-
250	13	13	16	20	30	40	59	-
255	13	13	16	20	30	40	59	-
260	13	13	16	21	30	40	59	-
265	13	13	16	21	30	40	59	-
270	13	13	16	21	30	40	60	-
275	13	13	16	21	31	40	60	-
280	13	13	16	21	31	40	60	-
285	13	13	16	21	31	40	60	-
290	13	13	16	21	31	41	60	-
295	13	13	16	21	31	41	60	-

Tabla A.2.13: Resistencia al fuego de secciones huecas a la temperatura de diseño de 500 °C.

Factor de sección A_m/V (m ⁻¹)	Clasificación de resistencia al fuego							
	R15	R30	R45	R60	R90	R120	R180	R240
	Espesor mínimo (mm) Perlifoc® a la temperatura de diseño 500 °C							
65	11	11	11	11	14	19	29	39
70	11	11	11	11	15	20	30	41
75	11	11	11	11	15	20	32	43
80	11	11	11	11	16	22	33	44
85	11	11	11	11	16	23	34	46
90	11	11	11	11	17	23	35	47
95	11	11	11	12	18	24	36	48
100	11	11	11	12	19	24	37	50
105	11	11	11	12	19	25	39	51
110	11	11	11	12	19	26	39	52
115	11	11	11	13	20	27	40	54
120	11	11	11	13	20	27	40	55
125	11	11	11	14	20	28	42	55
130	11	11	11	14	21	28	43	57
135	11	11	11	15	22	28	43	58
140	11	11	11	15	22	30	43	58
145	11	11	11	15	22	30	45	60
150	12	12	12	15	23	30	45	60
155	12	12	12	15	23	31	46	61
160	12	12	12	15	23	31	46	63
165	12	12	12	16	23	31	48	63
170	12	12	12	16	25	32	48	63
175	12	12	13	16	25	33	48	-
180	12	12	13	17	25	33	50	-
185	12	12	13	17	25	33	50	-
190	12	12	13	17	25	33	50	-
195	12	12	13	17	25	33	50	-
200	12	12	13	18	26	35	52	-
205	12	12	13	18	27	35	52	-
210	12	12	13	18	27	35	52	-
215	12	12	13	18	27	35	53	-
220	12	12	13	18	27	35	54	-
225	12	12	13	18	27	37	54	-
230	12	12	15	18	27	37	54	-
235	12	12	15	19	28	37	54	-
240	12	12	15	19	29	37	56	-
245	12	12	15	19	29	37	56	-
250	13	13	15	20	29	38	56	-
255	13	13	15	20	29	38	56	-
260	13	13	15	20	29	39	56	-
265	13	13	15	20	29	39	58	-
270	13	13	15	20	29	39	58	-
275	13	13	15	20	29	39	58	-
280	13	13	15	20	29	39	58	-
285	13	13	15	20	30	39	58	-
290	13	13	15	20	30	39	58	-
295	13	13	15	20	30	39	59	-

Tabla A.2.14: Resistencia al fuego de secciones huecas a la temperatura de diseño de 550 °C.

Factor de sección A_m/V (m ⁻¹)	Clasificación de resistencia al fuego							
	R15	R30	R45	R60	R90	R120	R180	R240
	Espesor mínimo (mm) Perlifoc® a la temperatura de diseño 550 °C							
65	11	11	11	11	13	18	28	38
70	11	11	11	11	14	19	29	40
75	11	11	11	11	14	19	30	41
80	11	11	11	11	15	21	31	43
85	11	11	11	11	15	22	33	44
90	11	11	11	11	16	22	34	46
95	11	11	11	11	16	23	35	47
100	11	11	11	11	18	23	36	48
105	11	11	11	11	18	24	36	50
110	11	11	11	12	19	24	38	51
115	11	11	11	12	19	26	39	52
120	11	11	11	12	19	26	39	53
125	11	11	11	12	20	27	41	54
130	11	11	11	14	20	27	41	55
135	11	11	11	14	20	27	42	57
140	11	11	11	14	21	29	42	57
145	11	11	11	14	22	29	44	58
150	12	12	12	14	22	29	44	59
155	12	12	12	15	22	30	45	60
160	12	12	12	15	22	30	45	60
165	12	12	12	15	23	30	47	62
170	12	12	12	15	23	32	47	62
175	12	12	12	15	24	32	47	63
180	12	12	12	15	24	32	48	-
185	12	12	12	17	24	32	49	-
190	12	12	12	17	25	32	49	-
195	12	12	12	17	25	33	50	-
200	12	12	12	17	25	34	50	-
205	12	12	13	17	25	34	51	-
210	12	12	13	17	25	34	51	-
215	12	12	13	17	26	34	52	-
220	12	12	13	17	27	35	52	-
225	12	12	13	18	27	36	53	-
230	12	12	14	18	27	36	53	-
235	12	12	14	19	27	36	54	-
240	12	12	14	19	27	36	55	-
245	12	12	14	19	27	36	55	-
250	13	13	14	19	28	38	55	-
255	13	13	14	19	28	38	55	-
260	13	13	14	19	28	38	56	-
265	13	13	15	19	29	38	56	-
270	13	13	15	19	29	38	56	-
275	13	13	15	19	29	38	56	-
280	13	13	15	19	29	38	56	-
285	13	13	15	19	29	38	56	-
290	13	13	15	20	29	39	58	-
295	13	13	15	20	29	39	58	-

Tabla A.2.15: Resistencia al fuego de secciones huecas a la temperatura de diseño de 600 °C.

Factor de sección A_m/V (m ⁻¹)	Clasificación de resistencia al fuego							
	R15	R30	R45	R60	R90	R120	R180	R240
	Espesor mínimo (mm) Perlifoc® a la temperatura de diseño 600 °C							
65	11	11	11	11	12	17	27	36
70	11	11	11	11	13	17	28	39
75	11	11	11	11	13	18	29	40
80	11	11	11	11	14	19	30	41
85	11	11	11	11	14	21	31	43
90	11	11	11	11	15	21	33	45
95	11	11	11	11	15	22	34	46
100	11	11	11	11	17	22	35	47
105	11	11	11	11	17	23	35	49
110	11	11	11	11	18	23	37	50
115	11	11	11	11	18	25	38	50
120	11	11	11	11	18	25	38	52
125	11	11	11	12	19	26	39	53
130	11	11	11	12	19	26	40	54
135	11	11	11	12	19	27	41	54
140	11	11	11	13	21	27	41	56
145	11	11	11	14	21	27	42	57
150	12	12	12	14	21	29	43	58
155	12	12	12	14	21	29	44	59
160	12	12	12	14	22	29	44	59
165	12	12	12	14	22	29	45	61
170	12	12	12	14	22	30	46	61
175	12	12	12	15	22	31	46	62
180	12	12	12	15	24	31	47	63
185	12	12	12	15	24	31	47	63
190	12	12	12	15	24	32	48	-
195	12	12	12	16	24	32	49	-
200	12	12	12	16	24	32	49	-
205	12	12	12	16	24	33	49	-
210	12	12	12	17	25	33	50	-
215	12	12	12	17	26	34	51	-
220	12	12	12	17	26	34	51	-
225	12	12	12	17	26	34	51	-
230	12	12	12	17	26	34	52	-
235	12	12	14	17	26	35	53	-
240	12	12	14	17	26	36	53	-
245	12	12	14	17	26	36	54	-
250	13	13	14	18	28	36	54	-
255	13	13	14	18	28	36	54	-
260	13	13	14	19	28	36	55	-
265	13	13	14	19	28	36	55	-
270	13	13	14	19	28	36	55	-
275	13	13	14	19	28	36	55	-
280	13	13	14	19	28	38	55	-
285	13	13	14	19	28	38	55	-
290	13	13	14	19	28	38	56	-
295	13	13	14	19	29	38	56	-

ANEXO 3. Especificaciones y evaluación de la protección contra el fuego de elementos estructurales mixtos de hormigón y chapa perfilada de acero protegidos con Perlifoc® (uso previsto Tipo 5)

A.3.1 Clasificación

Las soluciones constructivas descritas en este Anexo han sido ensayadas de acuerdo con ENV 13381-5 y clasificadas según EN 13501-2.

La duración máxima de exposición a la curva normalizada de tiempo-temperatura definida en la norma EN 1363-1, apartado 5.1.1, es 169 minutos.

La evaluación del espesor requerido de Perlifoc® en función del tipo de la chapa perfilada y el tiempo de exposición, para que la temperatura característica de la chapa de acero alcance 350 °C, el espesor equivalente del hormigón y el comportamiento de aislamiento, se dan en el apartado A.3.3.

A.3.2 Requisitos de instalación

La instalación del sistema se debe realizar de acuerdo con las disposiciones recogidas en A.1.2.

A.3.2.1 Estructura soporte

Perlifoc® se aplica directamente sobre la chapa de acero perfilada de la losa mixta realizada con hormigón de peso normal.

El tipo de chapa de acero a proteger es perfilada trapezoidal.

El sustrato debe ser rígido, estar libre de deformaciones o vibraciones excesivas antes de la aplicación de Perlifoc®. La deflexión en el punto medio entre soportes de forjado no debe ser superior a L/250.

Las especificaciones de los componentes se dan en la Tabla A.3.1.

Tabla A.3.1: Especificaciones de los componentes.

Componente	Identificación	Características	Montaje y fijación
Chapa perfilada trapezoidal de acero galvanizado	Véase la figura A.3.1.	Espesor $\geq 1,0$ mm Anchura de las crestas ≤ 181 mm Profundidad de las crestas ≤ 90 mm Acero S320GD con galvanizado Z275	La superficie debe estar limpia, libre de aceite, polvo y grasa.
Hormigón	Hormigón de clase de resistencia 25 N/mm ² Áridos silíceos	Hormigón de la misma clase resistente o mejor. Densidad: 2240 kg/m ³ \pm 15%	El hormigón puede contener o no armaduras para usos portantes. Sin desencofrante.

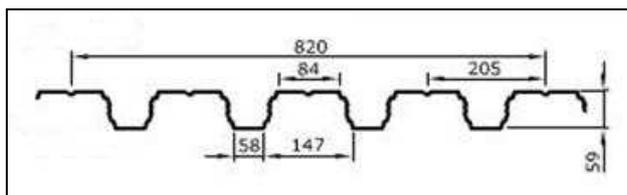


Figura A.3.1. Geometría de la chapa perfilada trapezoidal de acero galvanizado.

A.3.2.2 Superficie de los elementos de acero

No es necesario preparar la chapa perfilada antes de la aplicación Perlifoc®. En cualquier caso la chapa debe estar limpia, libre de imprimaciones, aceite, polvo o grasa (se debe tener en cuenta que normalmente este tipo de chapa perfilada está cubierta por una capa de grasa protectora).

No se aplica imprimación adherente antes de la aplicación of Perlifoc®.

A.3.2.3 Mortero de revestimiento

Perlifoc® se aplica sobre la cara expuesta al fuego de chapa perfilada de acero a proteger, siguiendo la geometría perfilada.

Perlifoc® se proyecta en una capa de espesor regular hasta alcanzar el espesor requerido en las especificaciones de este Anexo. Durante la aplicación, el espesor del mortero se controla de forma regular con un calibre medidor de espesores.

No resultan aceptables fisuras en el mortero endurecido.

Las especificaciones de los componentes se dan en la Tabla A.3.2.

Tabla A.3.2. Especificaciones del revestimiento para los ensayos de resistencia al fuego.

Componente	Identificación	Características	Montaje y fijaciones
Mortero endurecido	Perlifoc® aplicado sobre la chapa trapezoidal de acero	<p>Espesor de 13,1 a 26,3 mm, de acuerdo con las reglas de evaluación</p> <p>Densidad del mortero endurecido: $863 \pm 15\% \text{ kg/m}^3$</p>	<p>No se aplica ningún tratamiento de acabado sobre el revestimiento una vez aplicado.</p> <p>El mortero se proyecta sin:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Imprimación adherente - Capas de sellado o acabado - Fijaciones mecánicas - Aditivos adicionales a los de la mezcla de mortero

A.3.2.4 Propiedades adherentes de Perlifoc® sobre elementos estructurales mixtos de hormigón y chapa perfilada de acero

La evaluación de las propiedades adherentes de Perlifoc®, aplicado sobre la chapa perfilada trapezoidal de acero del elemento mixto con hormigón normal, se ha realizado de acuerdo con el procedimiento EGOLF SM5.

Los valores indicados son representativos de la rotura adhesiva/cohesiva en el espesor del Perlifoc® proyectado. Estos son valores de referencia y no reflejan una evaluación estadística ni unos valores mínimos garantizados.

Tabla A.3.3: Resistencia a la tracción sobre la chapa perfilada de la losa mixta de hormigón.

Superficie	Espesor de Perlifoc®	Resistencia media a la tracción	Modo de rotura
Chapa perfilada trapezoidal de acero galvanizado	13 mm	0,10 MPa	Rotura cohesiva / adhesiva
	23 mm	0,09 MPa	

Las muestras han sido tomadas de la zona plana de las crestas de la chapa (véase figura A.3.2).

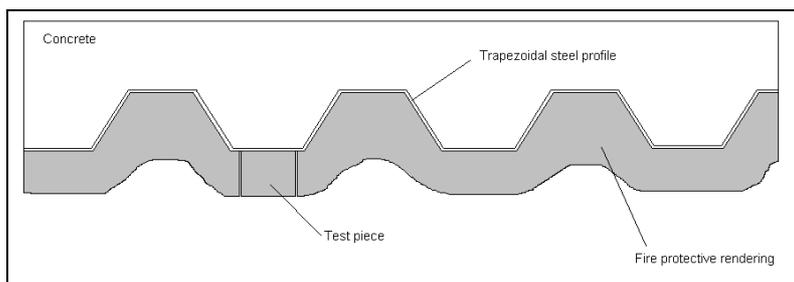


Figura A.3.2. Muestra de ensayo.

A.3.3 Evaluación de la contribución a la resistencia al fuego de Perlifoc® sobre forjados mixtos de hormigón y chapa perfilada de acero

A.3.3.1 General

El método de evaluación usado para evaluar la contribución a la resistencia al fuego de Perlifoc® cuando se aplica sobre forjados mixtos de hormigón y chapa perfilada de acero es según ENV 13381-5.

A.3.3.2 Temperatura de la chapa perfilada de acero

El tiempo en alcanzar 350°C en la chapa perfilada de acero se ha determinado de acuerdo con las indicaciones de la norma ENV 13381-5, apartado 13.2, y se muestran en la tabla A.3.4 para los espesores mínimo y máximo, y en la figura A.3.3 para espesores intermedios.

Tabla A.3.4: Tiempo en alcanzar 350°C.

Elemento	Espesor de Perlifoc® (mm)	Tiempo en alcanzar 350°C (minutos)
Chapa perfilada trapecoidal de acero galvanizado	13,1	62
	26,3	134

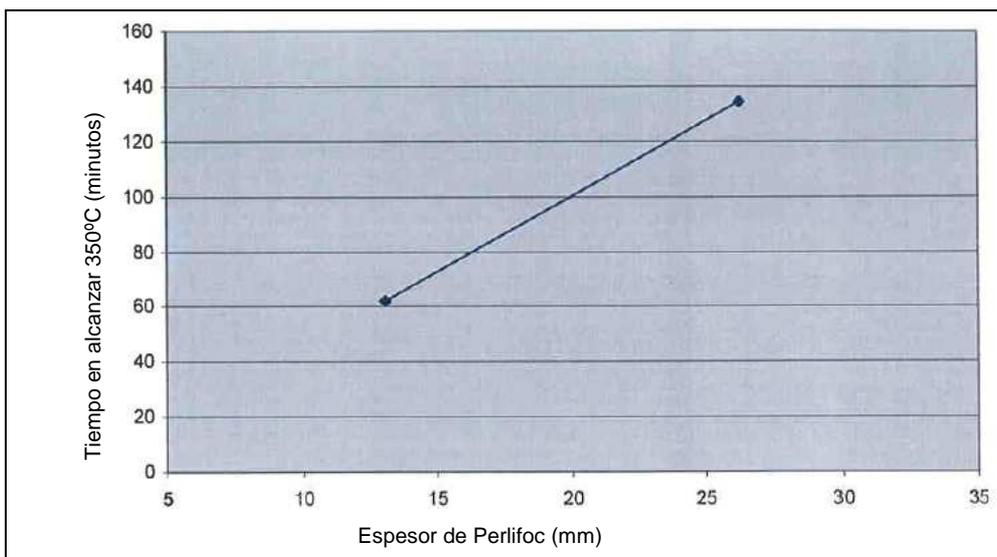


Figura A.3.3. Tiempo en que la chapa perfilada de acero alcanza 350 °C.

A.3.3.3 Espesor equivalente de hormigón

El espesor efectivo H_{eff} , el espesor efectivo equivalente H_e y el espesor equivalente de hormigón H_{eq} inducido por el material de protección Perlifoc® aplicado sobre la chapa perfilada trapezoidal de acero han sido determinados según las indicaciones de la norma ENV 13381-5, apartado 13.3, y se muestran en la tabla A.3.5.

Tabla A.3.5: Espesor equivalente de hormigón.

Elemento	Espesor de Perlifoc® (mm)	H_{eff} (mm)	H_e (mm)	H_{eq} (mm)	Tiempo límite para la aplicación (min)
Forjado mixto de hormigón y chapa perfilada de acero	13,1	81,2	100	19	88
	26,3	86,2	143	57	169

El espesor equivalente de hormigón H_{eq} y el tiempo límite de aplicación en función del espesor de Perlifoc® se dan en las figuras A.3.4 y A.3.5 respectivamente.

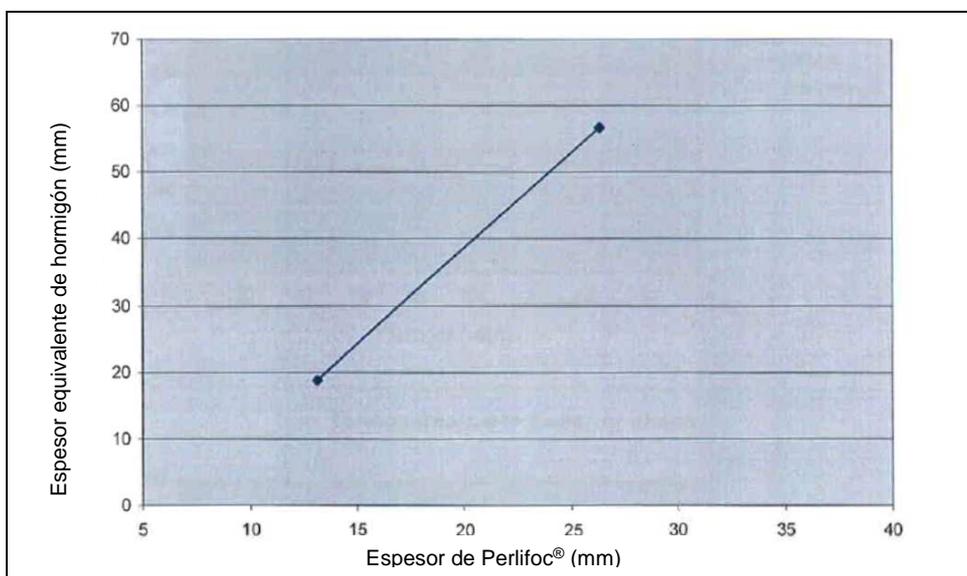


Figura A.3.4. Espesor equivalente de hormigón H_{eq} en función del espesor del revestimiento de protección Perlifoc®.

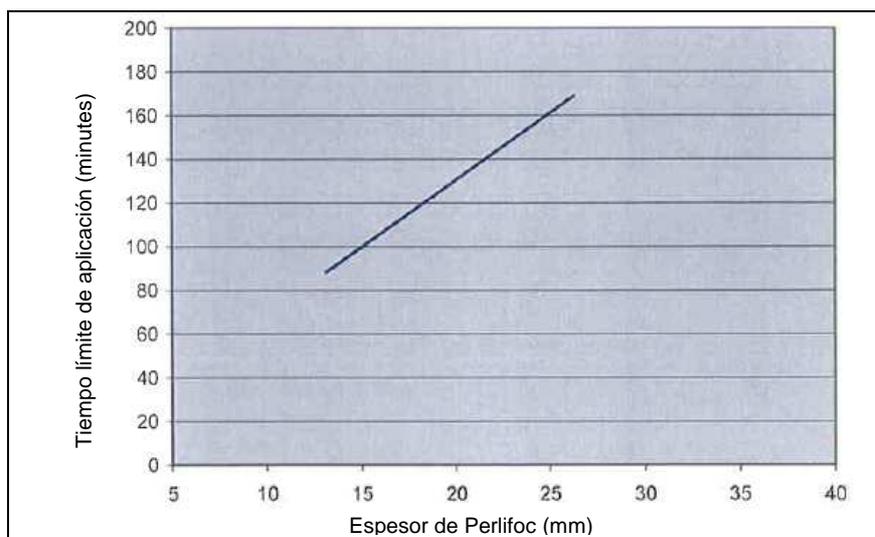


Figura A.3.5. Tiempo límite de aplicación.

A.3.3.4 Aislamiento

La función separadora de los elementos mixtos de hormigón y chapa perfilada de acero protegidos con Perlifoc® se mantuvo durante el ensayo de acuerdo con los criterios establecidos en la EN 1363-1.

A.3.3.5 Tiempo límite de exposición

El tiempo durante el cual el mortero Perlifoc® aplicado sobre la chapa perfilada trapezoidal de acero permanece adherido se ha determinado según la norma ENV 13381-5, apartado 13.4, y los resultados se muestran en la tabla A.3.6. Sin embargo, se observó un desprendimiento significativo del material tras el ensayo de espesor máximo.

Tabla A.3.6. Tiempo límite de exposición de Perlifoc®.

Descripción	Esesor de Perlifoc® (mm)	Tiempo límite de exposición (min)
Chapa perfilada trapezoidal de acero galvanizado	13,1	88
	26,3	169

ANEXO 4. Especificaciones y evaluación de la protección contra el fuego de elementos estructurales de hormigón protegidos con Perlifoc® (uso previsto Tipo 3)

A.4.1 Vigas y pilares portantes de hormigón

A.4.1.1 Clasificación

Las soluciones constructivas descritas en este Anexo han sido ensayadas y evaluadas de acuerdo con la norma ENV 13381-3 y clasificadas según EN 13501-2.

La duración máxima de exposición a la curva normalizada de tiempo-temperatura definida en la norma EN 1363-1, apartado 5.1.1, es de 240 minutos en función del espesor aplicado de Perlifoc®.

El espesor equivalente del hormigón y las prestaciones de aislamiento se dan en el apartado A.4.1.3.

A.4.1.2 Requisitos de instalación

La instalación del sistema se debe realizar de acuerdo con las disposiciones recogidas en A.1.2.

A.4.1.2.1 Estructura soporte

Perlifoc® se aplica directamente sobre las vigas y columnas de hormigón expuestas al fuego por más de un lado (3 y 4 lados), tanto en orientación vertical como horizontal.

No se aplica imprimación adherente antes de la aplicación of Perlifoc®.

Las especificaciones de los componentes se dan en la Tabla A.4.1.

Tabla A.4.1: Especificaciones de los componentes.

Componente	Identificación	Características	Montaje y fijaciones
Viga y columna estructural de hormigón	Hormigón de clase de resistencia 25 N/mm ² Áridos silíceos	Hormigón con la misma clase resistente o mejor. Densidad: 2275 kg/m ³ ± 15 %. Ancho de viga ≥ 150 mm	Sin desencofrante. Superficie libre de aceite, grasa, polvo, etc.

A.4.1.2.2 Mortero de revestimiento

Perlifoc® se aplica sobre las caras expuestas de las estructuras de hormigón a proteger, siguiendo su forma. Perlifoc® se proyecta en una capa de espesor regular hasta alcanzar el espesor requerido de acuerdo a este Anexo. Durante la aplicación, el espesor del mortero se controla de forma regular con un calibre medidor de espesores.

No resultan aceptables fisuras en el mortero endurecido.

Las especificaciones de los componentes se dan en la Tabla A.4.2.

Tabla A.4.2: Especificaciones del revestimiento para los ensayos de resistencia al fuego.

Componente	Identificación	Características	Montaje y fijaciones
Mortero endurecido	Perlifoc® aplicado sobre viga de hormigón	<p>Espesor: 9,7 mm a 22,7 mm</p> <p>Densidad del mortero endurecido: 926 kg/m³ ± 12,5 %.</p>	<p>No se aplica ningún tratamiento de acabado sobre el revestimiento una vez aplicado.</p> <p>El revestimiento se aplica sin:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Imprimaciones adherentes - Capas de sellado o acabado - Fijaciones mecánicas - Aditivos adicionales a los de la mezcla de mortero

A.4.1.2.3 Propiedades adherentes de Perlifoc® sobre elementos de hormigón

La evaluación de las propiedades adherentes de Perlifoc® aplicado sobre estructuras de hormigón se ha realizado de acuerdo con el procedimiento EGOLF SM5.

Los valores indicados son representativos de la rotura adhesiva/cohesiva en el espesor del Perlifoc® proyectado. Estos son valores de referencia y no reflejan una evaluación estadística ni unos valores mínimos garantizados.

Tabla A.4.3: Resistencia a la tracción sobre sustrato de hormigón realizado con hormigón de peso normal.

Superficie	Espesor de Perlifoc®	Resistencia media a la tracción	Modo de rotura
Sustrato de hormigón según EGOLF SM5	10 mm	0,10 MPa	Adhesive failure
	22,7 mm	0,14 MPa	Cohesive failure

A.4.1.3 Evaluación de la contribución a la resistencia al fuego de Perlifoc® sobre vigas y columnas de hormigón

A.4.1.3.1 General

El método de evaluación usado para evaluar la contribución a la resistencia al fuego de Perlifoc® cuando se aplica sobre elementos de hormigón es conforme con la norma ENV 13381-3.

A.4.1.3.2 Protección de vigas y columnas de hormigón de sección mínima 150 x 150 mm

La eficiencia de aislamiento del mortero de protección cuando se aplica sobre vigas y columnas de sección mínima 150 x150 mm se determina en función de:

- El espesor del mortero de protección aplicado (mm).
- La temperatura del hormigón normalizada comprendida entre [150, 550] (°C) a lo largo de los ejes verticales, horizontales y diagonales.
- La duración de la exposición térmica bajo la curva normalizada tiempo-temperatura según la norma EN 1363-1, apartado 5.1.1.

Tabla A.4.4: Protección con espesor aplicado 22,7 mm.

Tiempo (minutos)	Temperaturas en el interior del hormigón (°C)								
	150	200	250	300	350	400	450	500	550
Profundidad en hormigón (mm)									
En el eje vertical									
30	-	-	-	-	-	-	-	-	-
60	11	-	-	-	-	-	-	-	-
90	60	30	7	-	-	-	-	-	-
120	91	65	43	23	6	-	-	-	-
150	128	89	69	51	33	16	3	-	-
180	-	122	94	74	57	39	23	9	1
210	-	-	125	100	80	61	43	27	12
240	-	-	-	130	107	86	67	47	29
En el eje horizontal									
30	-	-	-	-	-	-	-	-	-
60	-	-	-	-	-	-	-	-	-
90	14	-	-	-	-	-	-	-	-
120	50	9	-	-	-	-	-	-	-
150	74	36	5	-	-	-	-	-	-
180	-	68	37	9	-	-	-	-	-
210	-	-	72	44	17	1	-	-	-
240	-	-	-	-	50	23	6	-	-
En el eje diagonal									
30	-	-	-	-	-	-	-	-	-
60	-	-	-	-	-	-	-	-	-
90	65	40	-	-	-	-	-	-	-
120	90	69	50	33	-	-	-	-	-
150	119	89	71	56	42	-	-	-	-
180	-	114	92	76	62	48	33	-	-
210	-	-	117	97	81	66	51	37	-
240	-	-	-	-	103	86	70	55	40

Tabla A.4.5: Protección con espesor aplicado 9,7 mm.

Tiempo (minutos)	Temperaturas en el interior del hormigón (°C)								
	150	200	250	300	350	400	450	500	550
Profundidad en hormigón (mm)									
En el eje vertical									
30	13	7	1	-	-	-	-	-	-
60	63	49	36	22	12	5	-	-	-
90	140	75	66	57	49	40	31	22	16
En el eje horizontal									
30	16	12	8	4	-	-	-	-	-
60	30	18	16	14	12	10	8	6	3
90	-	65	51	38	25	19	16	14	12
En el eje diagonal									
30	-	-	-	-	-	-	-	-	-
60	75	60	45	-	-	-	-	-	-
90	-	106	91	76	65	54	43	-	-

A.4.1.3.3 Espesor equivalente de hormigón

El espesor equivalente de hormigón inducido por el mortero de protección Perlifoc® ha sido determinado según las disposiciones del Anexo C de la norma ENV 13381-3, y se muestra en la tabla A.4.6.

Tabla A.4.6. Espesor equivalente de hormigón (mm).

Componente	Espesor de Perlifoc® (mm)	Duración en minutos					
		30	60	90	120	180	240
Viga o pilar portante de hormigón	9,7	38	36	30	-	-	-
	22,7	44	60	60	61	57	56

En las figuras A.4.1, A.4.2 and A.4.3 se muestra el espesor equivalente de hormigón H_{eq} en función del espesor de Perlifoc®, para una duración de 30, 60 y 90 minutos respectivamente.

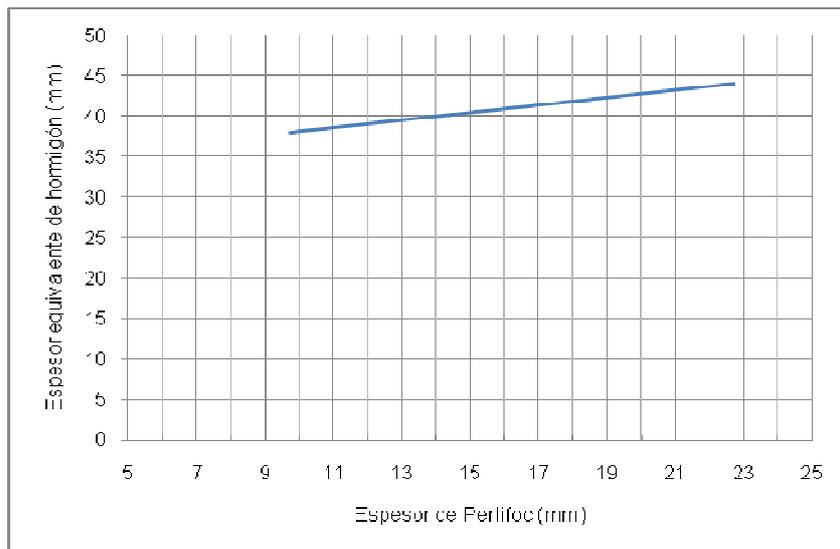


Figura A.4.1: Espesor equivalente de hormigón (30 minutos).

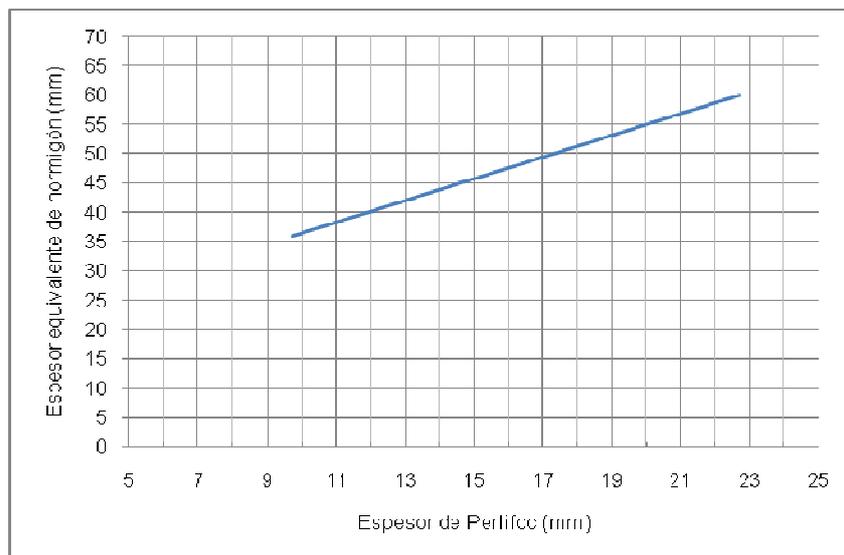


Figura A.4.2: Espesor equivalente de hormigón (60 minutos).

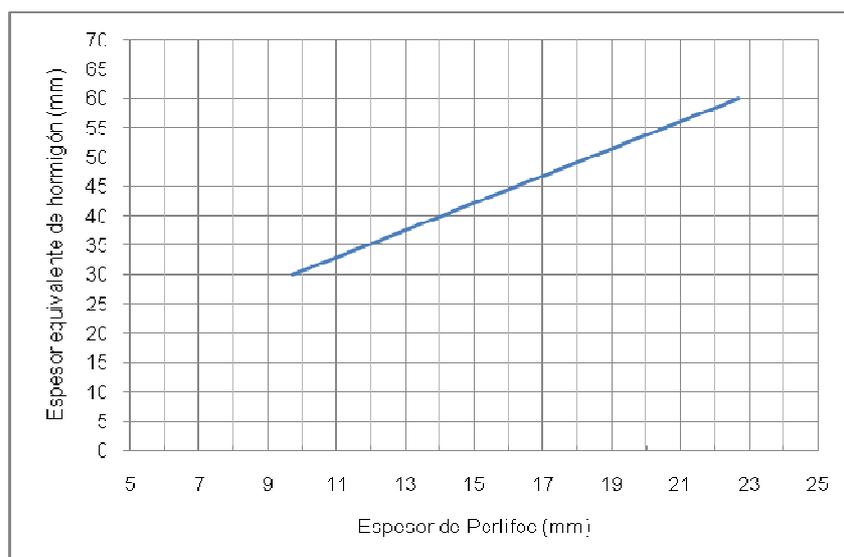


Figura A.4.3: Espesor equivalente de hormigón (90 minutos).

A.4.1.3.4 Aislamiento

La temperatura media de los termopares situados en la parte superior de la viga protegida con 22,7 mm excedió en 140°C la temperatura inicial en el minuto 202. La viga protegida con 9,7 mm mantuvo el criterio de aislamiento durante todo el ensayo, es decir 97 minutos, momento en el cual la viga colapsa.

A.4.1.3.5 Capacidad de adherencia

La capacidad de adherencia de Perlifoc® aplicado sobre estructuras de hormigón se ha determinado según lo establecido en el apartado 13.5 de la ENV 13381-3.

Capacidad de adherencia en la viga con Perlifoc® 9,7mm:

Entre el minuto 47 y el 73 el valor de la temperatura máxima registrada en la superficie expuesta estuvo por encima del 50 % del valor medio de las temperaturas registradas en esta superficie expuesta de hormigón.

Desprendimiento significativo del material de protección: 29 min.

Capacidad de adherencia en la viga con Perlifoc® 22,7mm:

Entre el minuto 99 y el 194 el valor de la temperatura máxima registrada en la superficie expuesta estuvo por encima del 50 % del valor medio de las temperaturas registradas en esta superficie expuesta de hormigón.

Desprendimiento significativo del material de protección: 240 min (sin fallo).

A.4.2 Losas y muros portantes de hormigón

A.4.2.1 Clasificación

Las soluciones constructivas descritas en este Anexo han sido ensayadas y evaluadas de acuerdo con la norma ENV 13381-3 y clasificadas según EN 13501-2.

La duración máxima de exposición a la curva normalizada de tiempo-temperatura definida en la norma EN 1363-1, apartado 5.1.1, es de 180 minutos en función del espesor aplicado de Perlifoc®.

El espesor equivalente del hormigón y las prestaciones de aislamiento se dan en el apartado A.4.2.3.

A.4.2.2 Requisitos de instalación

La instalación del sistema se debe realizar de acuerdo con las disposiciones recogidas en A.1.2.

A.4.2.2.1 Estructura soporte

Perlifoc® se aplica sobre las losas y muros de hormigón expuestas al fuego por un lado, tanto en orientación vertical como horizontal.

Las especificaciones de los componentes se dan en la Tabla A.4.7.

Tabla A.4.7: Especificaciones de los componentes.

Componente	Identificación	Características	Montaje y fijaciones
Losa y muro estructural de hormigón	Hormigón de clase de resistencia 25 N/mm ² Áridos silíceos	Hormigón con la misma clase resistente o mejor. Densidad: 2300 kg/m ³ ± 15 %. Ancho de la losa ≥ 120 mm	Sin desencofrante. Superficie libre de aceite, grasa, polvo, etc.

A.4.2.2.2 Imprimación adherente

Se aplica imprimación adherente Pyrocola antes de la proyección de Perlifoc®.

Tabla A.4.8: Especificación de componentes.

Componente	Identificación	Características	Montaje y fijaciones
Pyrocola	Resina acrílica monocomponente en base agua	Densidad: 1,04 g/l Cantidad aplicada: aprox. 110 g/m ²	Aplicada directamente sobre la superficie con brocha o rodillo.

A.4.2.2.3 Mortero de revestimiento

Perlifoc® se aplica sobre la estructura de hormigón a proteger pintada con Pyrocola, aproximadamente 4 horas después de la aplicación de la resina, cuando adquiere tacto pegajoso, en una capa de espesor regular hasta alcanzar el espesor requerido de acuerdo a este Anexo. Durante la aplicación, el espesor del mortero se controla de forma regular con un calibre medidor de espesores.

No resultan aceptables fisuras en el mortero endurecido.

Las especificaciones de los componentes se dan en la Tabla A.4.9.

Tabla A.4.9: Especificaciones del revestimiento para los ensayos de resistencia al fuego.

Componente	Identificación	Características	Montaje y fijaciones
Mortero endurecido	Perlifoc® aplicado sobre losa de hormigón	<p>Espesor: 10 mm</p> <p>Densidad del mortero endurecido: 951 kg/m³ ± 15 %.</p>	<p>No se aplica ningún tratamiento de acabado sobre el revestimiento una vez aplicado.</p> <p>El revestimiento se aplica sin:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Capas de sellado o acabado - Fijaciones mecánicas - Aditivos adicionales a los de la mezcla de mortero

A.4.2.2.4 Propiedades adherentes de Perlifoc® sobre elementos de hormigón

La evaluación de las propiedades adherentes de Perlifoc®, aplicado sobre estructuras de hormigón imprimadas con Pyrocola, se ha realizado de acuerdo con el procedimiento EGOLF SM5.

Los valores indicados son representativos de la rotura cohesiva en el espesor del Perlifoc® proyectado. Estos son valores de referencia y no reflejan una evaluación estadística ni unos valores mínimos garantizados.

Tabla A.4.10: Resistencia a la tracción sobre sustrato de hormigón imprimado con Pyrocola.

Superficie	Espesor de Perlifoc®	Resistencia media a la tracción	Modo de rotura
Sustrato de hormigón según EGOLF SM5	10 mm	0,25 MPa	Cohesivo

A.4.2.3 Evaluación de la contribución a la resistencia al fuego de Perlifoc® sobre losas y muros de hormigón

A.4.2.3.1 General

El método de evaluación usado para evaluar la contribución a la resistencia al fuego de Perlifoc® cuando se aplica sobre elementos de hormigón es conforme con la norma ENV 13381-3.

A.4.2.3.2 Protección de losas y muros de hormigón de mínimo 120 mm

La eficiencia de aislamiento del mortero de protección cuando se aplica sobre losas y muros de espesor mínimo 120 mm se determina en función de:

- El espesor del mortero de protección aplicado (mm).
- La temperatura del hormigón normalizada comprendida entre [300, 650] (°C).
- La duración de la exposición térmica bajo la curva normalizada tiempo-temperatura según la norma EN 1363-1, apartado 5.1.1.

Tabla A.4.11. Espesor aplicado 10 mm. Profundidad de temperaturas en el interior del hormigón (mm).

Tiempo (minutos)	Temperatura de diseño							
	300°C	350°C	400°C	450°C	500°C	550°C	600°C	650°C
30	-	-	-	-	-	-	-	-
60	34	27	19	14	13	11	9	7
90	52	46	41	35	30	19	14	12
120	63	57	51	45	40	35	29	18
180	-	74	67	59	53	48	42	36

A.4.2.3.3 Espesor equivalente de hormigón

El espesor equivalente de hormigón inducido por el mortero de protección Perlifoc® ha sido determinado según las disposiciones del Anexo C de la norma ENV 13381-3, y se muestra en la tabla A.4.12.

Tabla A.4.12. Espesor equivalente de hormigón (mm).

Componente	Espesor de Perlifoc® (mm)	Duración en minutos					
		30	60	90	120	180	240
Losas y muros portantes de hormigón	10	30	15	13	12	11	-

A.4.2.3.4 Aislamiento

La temperatura media de los termopares situados en la parte superior de la losa de hormigón excedió en 140°C la temperatura inicial en el minuto 167.

La temperatura máxima de los termopares situados en la parte superior de la losa de hormigón excedió en 180°C la temperatura inicial en el minuto 171.

A.4.2.3.5 Capacidad de adherencia

La capacidad de adherencia de Perlifoc® aplicado sobre losas de hormigón se ha determinado según lo establecido en el apartado 13.5 de la ENV 13381-3.

Entre el minuto 34 y el minuto 40 el valor de la temperatura máxima registrada en la superficie expuesta de hormigón estuvo por encima del 50% del valor medio de las temperaturas registradas en esta superficie expuesta de hormigón.

Desprendimiento significativo del material de protección: minuto 33 (sin fallo).

ANEXO 5 Especificaciones y evaluación de la protección contra el fuego de elementos estructurales de madera protegidos con Perlifoc® (uso previsto Tipo 7)

A.5.1 Forjado estructural de madera

A.5.1.1 Clasificación

La solución constructiva descrita en este Anexo ha sido ensayada y evaluada según EN 1365-2:1999 y clasificada REI 60 de acuerdo a EN 13501-2. El método de ensayo y la evaluación de la resistencia al fuego son conformes a los requisitos de EN 1365-2:2014.

A.5.1.2 Requisitos de instalación

La instalación del sistema se debe realizar de acuerdo con las disposiciones recogidas en A.1.2.

A.5.1.2.1 Estructura soporte

La estructura soporte consiste en un forjado formado por vigas de madera y un suelo de paneles de madera. Las vigas se sitúan en paralelo a una distancia máxima de 600 mm entre ejes y los paneles se instalan encima unidos unos a otros mediante una junta escalonada (perpendicular a las vigas) y fijados a las vigas con tornillos de 60 mm de longitud a un máximo de 200 mm entre centros (la viga coincidente con una junta longitudinal entre paneles se fija con dos líneas de tornillos, una a cada lado de la junta). Además, se emplean 2 tornillos de 20 mm de longitud para fijar los paneles en las juntas transversales entre los mismos. Véase la Tabla A.5.1 para la especificación de componentes y la Figura A.5.1 para los detalles.

La máxima capacidad portante del forjado corresponde a una carga máxima por viga de 1700 N por metro lineal distribuida uniformemente a lo largo de una luz máxima de 4000 mm.

En la parte inferior de las vigas de madera se fija una malla metálica expandible nervada mediante tornillos de 35 mm de longitud, situados en los nervios de principales de la malla, a una distancia máxima de 200 mm entre centros a lo largo de las vigas y reforzado con una línea de grapas cada 2 cm. Los nervios de la malla se disponen perpendiculares a las vigas. Las hojas se deben colocar con un solape de al menos 200 mm en la dirección de los nervios y encajadas en el último nervio en la dirección de las vigas.

La resistencia a la arranque de las fijaciones mecánicas se ha determinado de acuerdo al apartado 5.7.2.1.1 de la Guía DITE 018-3: 2298 N para los tornillos de 35 mm y 93 N para las grapas. Estos son valores de referencia y no reflejan una evaluación estadística.

Tabla A.5.1: Especificación de los componentes de la estructura soporte.

Componente	Identificación	Características	Montaje y fijaciones
Paneles de madera para el suelo	Paneles de madera de abeto con tres capas unidas por adhesivo fenólico	Espesor ≥ 22 mm Densidad: 650 kg/m ³	Atornillados sobre las vigas de madera. Junta escalonada entre ellos, reforzada con tornillos de 20 mm.
Vigas de madera portantes	Madera blanda de píceas	Altura ≥ 220 mm Anchura ≥ 75 mm Densidad: 470 kg/m ³ Resistencia a flexión ≥ 10 MPa	Instaladas en paralelo a ≤ 600 mm entre ejes.

Tabla A.5.1: Especificación de los componentes de la estructura soporte.

Componente	Identificación	Características	Montaje y fijaciones
Fijaciones	Tornillos autorroscantes de acero bicromatado	Longitud ≥ 60 mm Diámetro ≥ 4 mm	Fijación de paneles sobre las vigas a ≤ 200 mm entre centros a lo largo de las vigas.
		Longitud ≥ 20 mm Diámetro ≥ 4 mm	Fijación de los paneles en las juntas transversales.
Fijaciones de la malla	Tornillos autorroscantes de acero fosfatado	Longitud ≥ 35 mm Diámetro $\geq 3,5$ mm	Fijación de la malla metálica a la cara inferior de las vigas, a ≤ 200 mm entre centros.
	Grapas de acero	Altura ≥ 14 mm 	Fijación de la malla metálica a la cara inferior de las vigas cada 2 cm.
Malla metálica expandible nervada	Acero galvanizado Z275 GZ200 (2500 x 600) mm	Resistencia: 38/43 kg/mm ² (373/421 MPa) Peso: 1,14 kg/m ² Espesor: 0,5 mm Apertura longitudinal: 25 mm Apertura transversal: 6 mm	Fijada con tornillos y grapas a la cara inferior de las vigas de madera siguiendo su dirección.

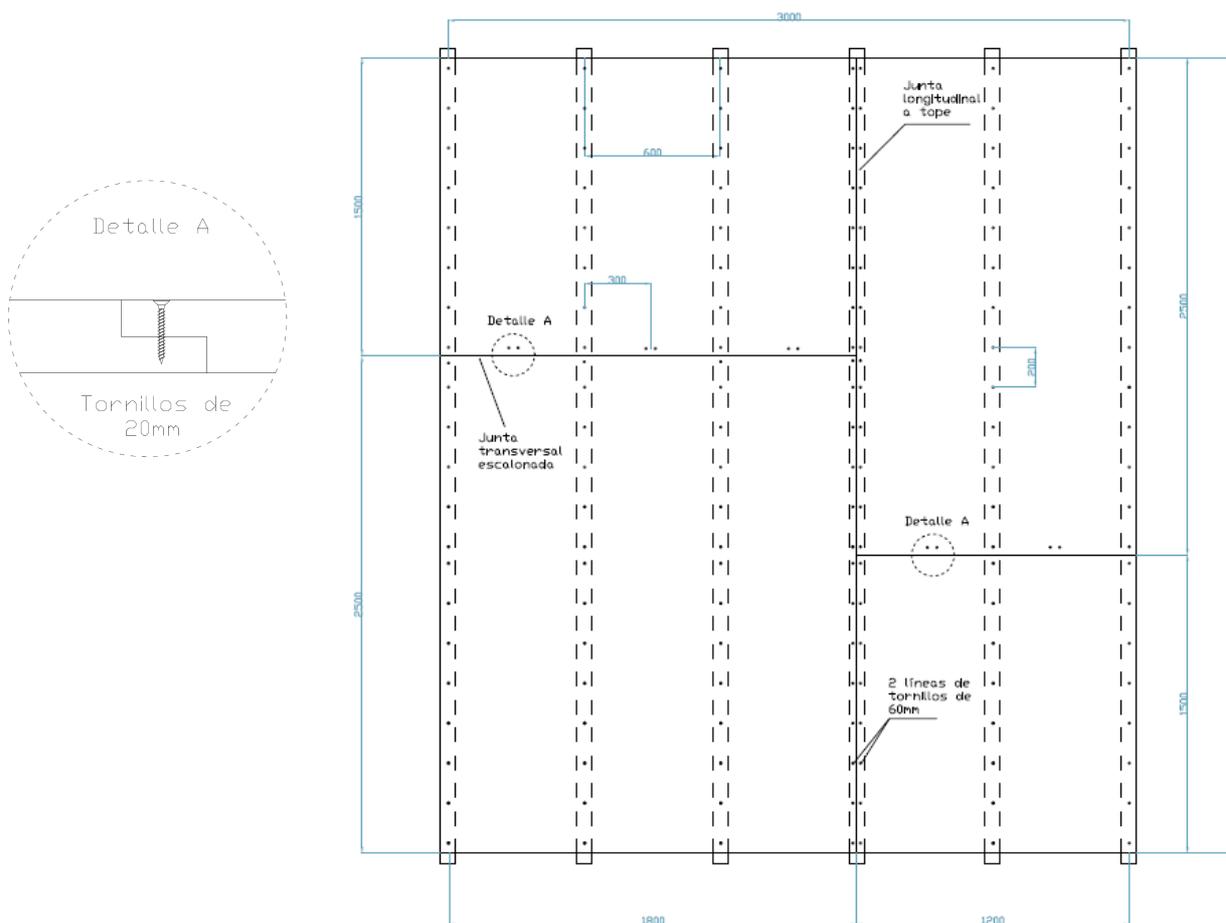


Figura A.5.1: Distribución de las vigas de madera, juntas entre paneles y fijaciones mecánicas.

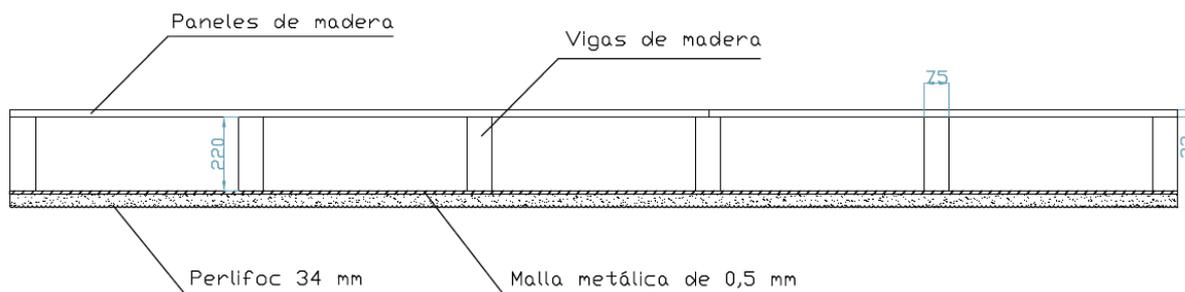


Figura A.5.2: Sección vertical del forjado de madera.

A.5.1.2.2 Mortero de revestimiento

Perlifoc® se aplica sobre la malla expandible cubriendo por completo su superficie.

Perlifoc® se proyecta en dos capas de espesor regular hasta alcanzar el espesor requerido de 34 mm, con una penetración de 1-2 cm en la malla. Durante la aplicación, el espesor del mortero se controla de forma regular con un calibre medidor de espesores.

No resultan aceptables fisuras en el mortero endurecido.

Tabla A.5.2: Especificación del mortero de revestimiento.

Componente	Identificación	Características	Montaje y fijaciones
Mortero endurecido	Perlifoc®	Espesor: 34 mm Densidad del mortero endurecido: $819 \pm 15 \% \text{ kg/m}^3$	No se aplica ningún tratamiento de acabado sobre el revestimiento una vez aplicado. Revestimiento proyectado con refuerzo mecánico y sin: <ul style="list-style-type: none"> - Imprimaciones adhesivas - Capas de sellado o acabado - Aditivos adicionales a los de la mezcla de mortero

ANEXO 6. Especificaciones y evaluación de la protección contra el fuego de instalaciones de servicios en edificios (uso previsto Tipo 9), consistentes en un conducto rectangular de ventilación horizontal protegido con Perlifoc®

A.6.1 Clasificación frente a fuego exterior de un conducto rectangular de ventilación horizontal

La solución constructiva descrita en este Anexo ha sido ensayada y evaluada según EN 1366-1 y clasificada EI 120 (ho o→i) de acuerdo con EN 13501-3.

A.6.2 Requisitos de instalación

La instalación del sistema se debe realizar de acuerdo con las disposiciones recogidas en A.1.2.

A.6.2.1 Conducto

Perlifoc® se aplica sobre un conducto de ventilación horizontal hecho de chapa de acero galvanizado que conforma un conducto rectangular de sección máxima 1250 mm x 1000 mm. El conducto se cierra longitudinalmente por medio de una junta Pittsburgh y cada tramo de conducto se conecta al siguiente mediante juntas METU-System a una distancia máxima de 1250 mm.

El conducto se suspende colocando perfiles en C bajo el conducto que se cuelgan mediante dos varillas roscadas de acero, uno a cada lado del conducto. El sistema se fija con tuercas de acero galvanizado. La distancia máxima entre elementos de suspensión es 1500 mm.

Tabla A.6.1: Especificación de los componentes del conducto.

Componente	Identificación	Características	Montaje y fijaciones
Chapa metálica conformando el conducto	Chapa de acero galvanizado S320GD, DX51D+Z275	Espesor = 1,0 mm	Formando un conducto rectangular, con junta longitudinal Pittsburgh y juntas transversales METU-System
Suspensión	Varillas roscadas de acero S250 GD+Z275	Diámetro: 16 mm	Sujetando los perfiles en C
Fijación	Tuerca de acero galvanizado S250 GD+Z275	Diámetro: 16 mm	Fijada junto a arandela a las varillas para retener los perfiles en C
Perfiles en C de soporte	HILTI MML-C30 2M, de acero galvanizado S250 GD+Z275	Véase Figura A.6.1	Bajo el conducto, fijados a las varillas por tuercas en ambos extremos del perfil
Elementos de junta transversal	METU System M30, acero galvanizado S250 GD+Z275	Véase Figura A.6.1	Conexión de tramos de conducto cada 1250 mm, fijado en las escuadras con tornillos de 8 mm de diámetro y en el perímetro con grapas cada 200 mm

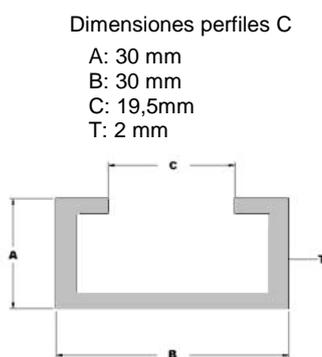


Figura A.6.1: Sistema de suspensión del conducto y junta transversal METU-System.

A.6.2.2 Superficie de la chapa de acero

No es necesario preparar las chapas de acero que conforman el conducto antes de la aplicación Perlifoc®. En cualquier caso la chapa debe estar limpia, libre de aceite, polvo o grasa.

A.6.2.3 Malla de refuerzo

Antes de la aplicación del mortero, se coloca alrededor del conducto una malla metálica expandida. Cada hoja de malla se pliega resiguiendo la forma rectangular del conducto y se fija con alambre de acero tanto longitudinalmente en la dirección del conducto, para cerrar cada sección de refuerzo, como transversalmente para atar entre sí los tramos adyacentes de malla.

Tabla A.6.2: Especificación de la malla de refuerzo.

Componente	Identificación	Características	Montaje y fijaciones
Malla metálica expandida	Acero galvanizado Z275, 20µm (2500 x 600) mm	Resistencia: 38/43 kg/mm ²	Instalada alrededor del conducto, resiguiendo la forma rectangular, fijada con alambre metálico
		Peso: 1,14 kg/m ²	
		Espesor: 0,5 mm	
		Abertura longitudinal: 25 mm	
		Abertura transversal: 6 mm	

A.6.2.4 Mortero de revestimiento

Perlifoc® se aplica sobre la malla expandida hasta cubrir por completo las 4 caras del conducto, así como las varillas y los elementos de suspensión.

Perlifoc® se proyecta en dos capas de espesor regular hasta alcanzar el espesor total requerido de 60 mm (56 mm por fuera de la malla y aproximadamente 3-5 mm entre la malla y el conducto). Durante la aplicación el espesor del mortero se controla de forma regular con un calibre medidor de espesores.

No resultan aceptables fisuras en el mortero endurecido.

Tabla A.6.3. Especificación del revestimiento.

Componente	Identificación	Característica	Montaje y fijaciones
Mortero de revestimiento	Perlifoc®	Espesor: 60 mm	No se aplica capa de acabado sobre el revestimiento una vez aplicado.
		Densidad del mortero endurecido: 1160 kg/m ³ ± 15 %.	Mortero proyectado sobre refuerzo mecánico y: <ul style="list-style-type: none"> - Sin imprimaciones adherentes - Sin capas de sellado o acabado - Sin aditivos adicionales a los de la mezcla de mortero

A.6.2.5 Sellado de penetraciones a través de la obra de soporte

El conducto de ventilación horizontal penetra una pared de bloques de hormigón armado de al menos 200 mm de espesor y 2200 kg/m³ de densidad. Se deja un hueco de 50 mm entre la pared y la superficie del mortero de revestimiento. El hueco se sella mediante almohadillas intumescentes como material de relleno posterior y paneles de lana mineral como cierre de la penetración en ambos extremos. Se aplica una capa de pintura intumescente sobre un área alrededor del conducto protegido, cubriendo el sellado y extendiéndose por la pared hasta una distancia de 300 mm desde la superficie

del mortero de revestimiento. Véase Figura A.6.2 para detalles. La especificación de los componentes del sellado de penetraciones se muestra en la Tabla A.6.4.

Tabla A.6.4. Especificación de los componentes del sellado de penetraciones.

Componente	Identificación	Característica	Montaje y fijaciones
Almohadillas intumescentes	Hilti CP 651N-L	Según especificación técnica del fabricante	Relleno del hueco entre la pared y el conducto protegido
Relleno de lana mineral	Paneles de 50mm de espesor	Densidad: 145 kg/m ³ Clase de reacción al fuego: A1	Cerrando de la penetración en ambos extremos
Recubrimiento intumescente	Pintura intumescente en base agua	Espesor en seco: 800 µm Peso específico: 1,41 g/l Clase de reacción al fuego: C-s1,d0	Aplicada cubriendo el sellado de penetraciones y la pared alrededor del conducto protegido

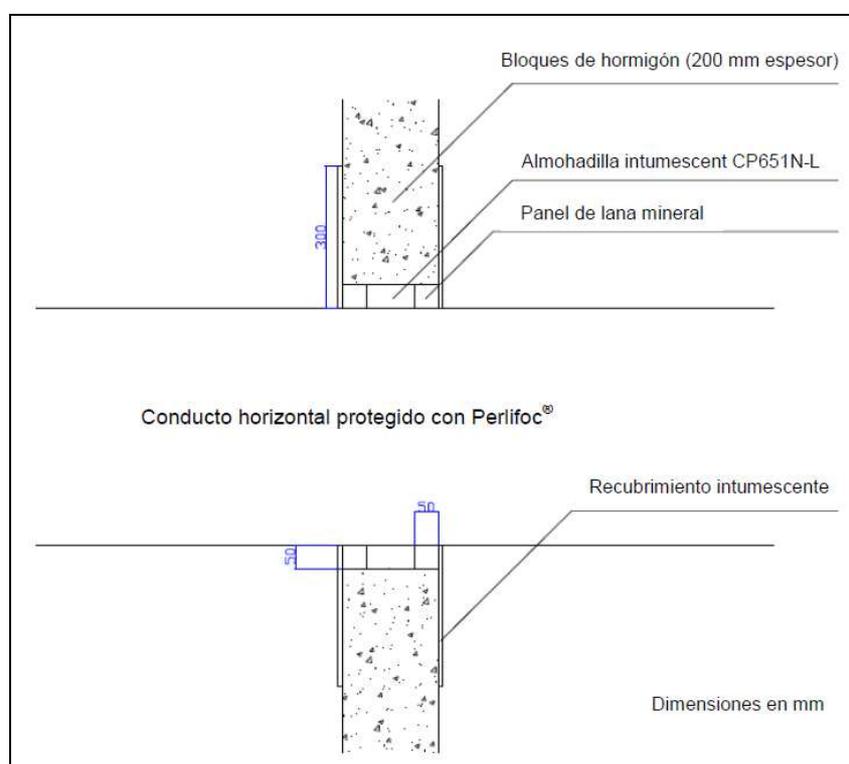


Figura A.6.2: Sellado de penetraciones.

ANEXO 7 Especificaciones y evaluación de la protección contra el fuego de forjados portantes compuestos por vidas de madera y losa de hormigón protegidos con Perlifoc® (uso previsto Tipo 10)

A.7.1 Forjado portante

A.7.1.1 Clasificación

La solución constructiva descrita en este Anexo ha sido ensayada y evaluada según EN 1365-2:1999 y clasificada REI 180 de acuerdo a EN 13501-2. El método de ensayo y la evaluación de la resistencia al fuego son conformes a los requisitos de EN 1365-2:2014.

A.7.1.2 Requisitos de instalación

La instalación del sistema se debe realizar de acuerdo con las disposiciones recogidas en A.1.2.

A.7.1.2.1 Estructura soporte

La estructura soporte es un forjado portante compuesto por vigas de madera y losa de hormigón. Las vigas se sitúan en paralelo a una distancia máxima de 600 mm entre ejes. Sobre las vigas se coloca una capa de rasillón cerámico machihembrado. Los rasillones de (600 x 300 x 30) mm se apoyan transversalmente a la dirección de las vigas. Sobre la capa cerámica, se completa el forjado mediante una losa de hormigón de espesor 50 mm, con una armadura de refuerzo de (150 x 150 x 10) mm. Véase la Tabla A.7.1 para la especificación de los componentes y las figuras para los detalles.

La máxima capacidad portante del forjado corresponde a una carga máxima de 250 kg/m² distribuida uniformemente sobre la losa de hormigón, con una luz máxima de las vigas de 4000 mm.

Se coloca una malla metálica expandible nervada siguiendo las 3 caras expuestas de las vigas de madera, fijada mediante tornillos de longitud 35 mm (2 tornillos en la cara inferior cada 500 mm entre centros como máximo y un tornillo en cada cara lateral, a la mitad de la distancia entre los tornillos de la cara inferior). La resistencia a la arranque de las fijaciones mecánicas se ha determinado de acuerdo al apartado 5.7.2.1.1 de la Guía DITE 018-3: 2298 N. Estos son valores de referencia y no reflejan una evaluación estadística.

Tabla A.7.1: Especificación de los componentes.

Componente	Identificación	Características	Montaje y fijaciones
Vigas de madera portantes	Madera blanda de píceas	Altura ≥ 150 mm Anchura ≥ 150 mm Clase resistente C24	Instaladas en paralelo a ≤ 600 mm entre ejes.
Capa cerámica	Rasillones cerámicos huecos de baja densidad de (600 x 300 x 30) mm	Resistencia a flexión ≥ 123 daN	Apoyados transversalmente sobre las vigas, con juntas machihembradas.
Hormigón	Hormigón de clase de resistencia 25 N/mm ² Áridos silíceos	Hormigón con la misma clase resistente o mejor. Densidad: 2150 kg/m ³ ± 15 %	El hormigón contiene una armadura de refuerzo adicional para fines estructurales.

Tabla A.7.1: Especificación de los componentes.

Componente	Identificación	Características	Montaje y fijaciones
Malla metálica expandible nervada	Acero galvanizado Z275 GZ200 (2500 x 600) mm	Resistencia: 38/43 kg/mm ² (373/421 MPa) Peso: 1,14 kg/m ² Espesor: 0,5 mm Apertura longitudinal: 25 mm Apertura transversal: 6 mm	Fijada con tornillos y arandelas a la cara inferior y laterales de las vigas de madera.
Fijaciones	Tornillos autorroscantes de acero fosfatado	Longitud ≥ 35 mm Diámetro ≥ 3,5 mm	Fijación de la malla metálica a las vigas: – 2 tornillos cada 500 mm en cara inferior – 2 tornillos cada 500 mm en caras laterales (1 a cada lado) – 250 mm entre fijaciones inferiores y laterales

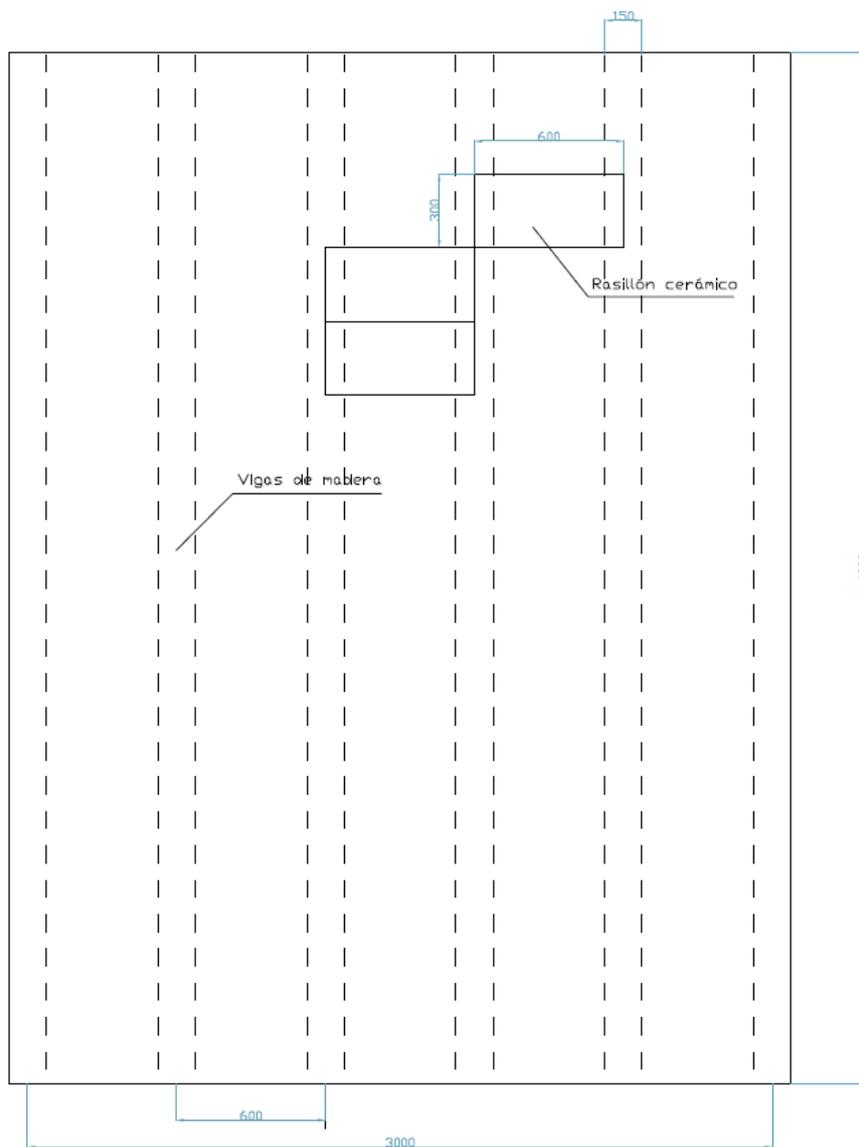


Figura A.7.1: Distribución de las vigas de madera y el rasillón cerámico.

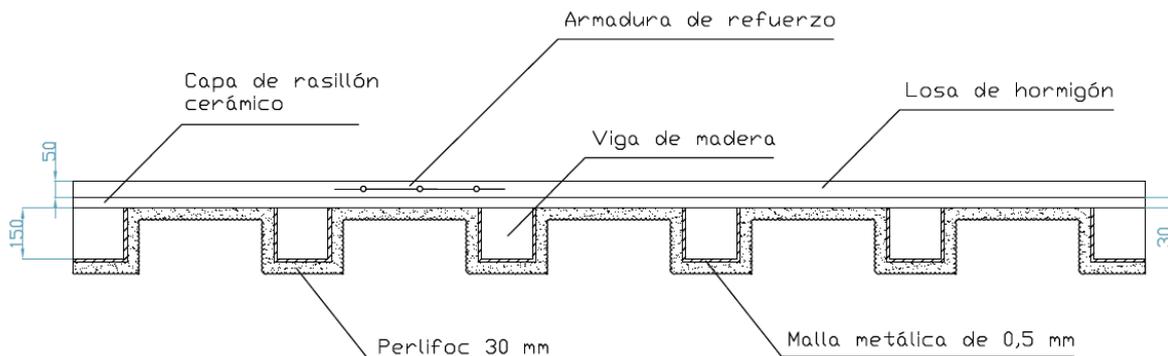


Figura A.7.2: Sección vertical del forjado.



Figura A.7.3: Detalle de la fijación de la malla.

A.7.1.2.2 Mortero de revestimiento

Perlifoc® se aplica sobre la malla expandible cubriendo las vigas de madera y la cara inferior del rasillón, cubriendo por completo su superficie.

Perlifoc® se proyecta hasta alcanzar el espesor requerido de 30 mm. Durante la aplicación, el espesor del mortero se controla de forma regular con un calibre medidor de espesores.

En caso de aparecer fisuras en el mortero endurecido, se rellenarán con masilla intumescente Pyrok®.

Tabla A.7.2: Especificación del mortero de revestimiento.

Componente	Identificación	Características	Montaje y fijaciones
Mortero endurecido	Perlifoc®	Espesor: 30 mm Densidad del mortero endurecido: 852 ± 15 % kg/m ³	No se aplica ningún tratamiento de acabado sobre el revestimiento una vez aplicado. Revestimiento proyectado con refuerzo mecánico y sin: - Imprimaciones adhesivas - Capas de sellado o acabado, a parte del relleno de fisuras - Aditivos adicionales a los de la mezcla de mortero
Masilla intumescente	Pyrok®	Sellante acrílico. Densidad: 1,56 g/cm ³	Relleno de fisuras en el mortero endurecido, si las hubiera.