

DAU

20/118 B

Documento de adecuación al uso

Denominación comercial

Planitop HPC Floor

Tipo genérico y uso

Mortero compuesto por cemento, áridos y fibras metálicas que se emplea en el refuerzo estructural y reparación de forjados de hormigón mediante el aumento de su espesor.

Titular del DAU

MAPEI SPAIN SA

Valencia 11
Polígono Industrial Can Oller
ES08130 Santa Perpètua de Mogoda (Barcelona)
Tel. 933 43 50 50
www.mapei.es

Planta de producción

Mapei S.p.A
20060 Robbiano di Mediglia (Milán)
Italia

Edición vigente y fecha

B 08.06.2023

Validez (condicionada a seguimiento anual [*])

Desde: 08.06.2023

Hasta: 25.01.2026

Fecha de concesión inicial del DAU

26.01.2021

[*] La validez del DAU 20/118 está sujeta a las condiciones del *Reglamento del DAU*. La edición vigente de este DAU es la que figura en el registro que mantiene el ITeC (accesible en itec.es y a través del siguiente código QR).



Este documento consta de 26 páginas.
Queda prohibida su reproducción parcial.

El ITeC es un organismo autorizado para la concesión del DAU ([BOE 94, 19 abril 2002](https://www.boe.es/boe-datos/BOE-A-2002-1941-1942.html)) para productos de construcción (edificación e ingeniería civil) inscrito en el Registro General del CTE (Resolución de 3 septiembre 2010 – Ministerio de Vivienda).

Control de ediciones

Edición	Fecha	Naturaleza de los cambios respecto a la edición anterior del DAU y apartados afectados
A	26.01.2021	Creación del documento.
B	08.06.2023	Actualización de acuerdo con el Código Estructural (Real Decreto 470/2021).

Índice

1.	Descripción del sistema y usos previstos	5
1.1.	Definición del sistema	5
1.2.	Usos a los que está destinado	6
1.3.	Limitaciones de uso	6
2.	Componentes del producto	7
2.1.	Planitop HPC Floor	7
2.2.	Primer 3296	7
3.	Fabricación y control de producción	8
3.1.	Fabricación	8
3.2.	Control de producción	8
4.	Almacenamiento, transporte y recepción en obra	8
4.1.	Almacenamiento	8
4.2.	Transporte	8
4.3.	Control de recepción en obra	8
4.3.1.	Protección	8
4.3.2.	Aspecto y estado general	8
4.3.3.	Identificación	8
4.3.4.	Marcado	8
5.	Criterios generales de proyecto	9
5.1.	Criterios estructurales	9
5.1.1.	Peso propio del mortero	9
5.1.2.	Evaluación del cambio de rigidez en estructuras hiperestáticas	9
5.1.3.	Estado de los elementos a reforzar	9
5.1.4.	Estado tensional de las armaduras	9
5.1.5.	Efecto diafragma rígido	9
5.1.6.	Anclaje de armaduras en el perímetro del forjado	10
5.1.7.	Prestaciones de la sección reforzada	10
5.1.8.	Sección compuesta	10
5.2.	Seguridad en caso de incendio	11
5.2.1.	Reacción al fuego	11
5.2.2.	Resistencia al fuego	11
5.3.	Higiene, salud y medio ambiente	11
5.4.	Seguridad y accesibilidad de utilización	11
5.5.	Durabilidad	11
6.	Criterios de ejecución, de mantenimiento y conservación	12
6.1.	Criterios de ejecución	12
6.1.1.	Manipulación en obra. Condiciones de seguridad	12
6.1.2.	Preparación del producto	12
6.1.3.	Ejecución	12
6.1.4.	Detalles constructivos	14
6.2.	Criterios de mantenimiento o conservación	14
6.3.	Medidas para la protección del medio ambiente	14
6.3.1.	Tratamiento de residuos	14
6.3.2.	Condiciones exigibles a las empresas aplicadoras/colocadoras	15
7.	Referencias de utilización y visitas de obra	15
7.1.	Referencias de utilización	15
7.2.	Visitas de obra	15
8.	Evaluación de ensayos y cálculos	16
8.1.	Ensayos de caracterización de Planitop HPC Floor	16
8.2.	Resistencia mecánica y estabilidad	17
8.2.1.	Resistencia al cizallamiento de la interfase	17
8.2.2.	Comportamiento de la sección compuesta	18
8.3.	Seguridad en caso de incendio	20
8.3.1.	Reacción al fuego	20

8.4.	Durabilidad	20
8.4.1.	Resistencia a la carbonatación	20
8.4.2.	Resistencia a ciclos hielo-deshielo	20
8.4.3.	Compatibilidad térmica. Lluvia tormentosa	20
8.4.4.	Compatibilidad térmica. Ciclos secos	20
8.4.5.	Contenido en iones cloruro	20
9.	Comisión de Expertos	21
10.	Documentos de referencia	21
11.	Evaluación de la adecuación al uso	23
12.	Seguimiento del DAU	24
13.	Condiciones de uso del DAU	24
14.	Lista de modificaciones de la presente edición	25

1. Descripción del sistema y usos previstos

1.1. Definición del sistema

Planitop HPC Floor es un mortero premezclado a base de cementos de alta resistencia, áridos seleccionados, aditivos especiales y fibras rígidas de acero, que se emplea en el refuerzo¹ y reparación de forjados de hormigón mediante el aumento de su espesor en el rango de 10 mm a 40 mm.

Los componentes principales de Planitop HPC Floor son:

- Mortero en polvo formado por cementos de alta resistencia, áridos seleccionados, aditivos especiales y fibras rígidas de acero (véase el apartado 2.1)
- Agua de amasado que se mezcla con el mortero en polvo y las fibras rígidas.

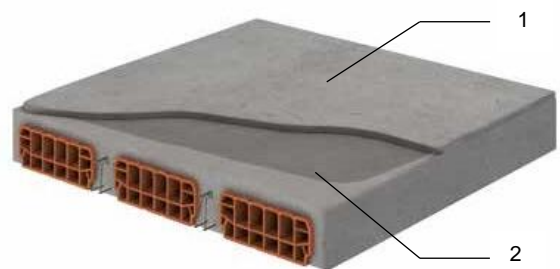
El mortero en polvo se suministra mezclado con las fibras de acero. El conjunto se mezcla in situ y bajo condiciones controladas con el agua de amasado, y se vierte sobre la superficie del forjado que se pretende reforzar. Dicha superficie debe haber sido tratada convenientemente para asegurar la correcta transmisión de esfuerzos entre ambas secciones (véase el apartado 6.1.3.1).

Cuando sea necesario consolidar las áreas de intervención, se aplica la imprimación acrílica Primer 3296 previamente al vertido del Planitop HPC Floor sobre el forjado (véase el apartado 6.1.3.1).

La sección de mortero con fibras contribuye solidariamente junto con la sección del elemento estructural existente, a resistir los esfuerzos actuantes, siempre que se cumplan las condiciones de adherencia y conexión.

En el espesor incrementado no se incluyen armaduras de acero (barras corrugadas o mallas electrosoldadas). Cuando sea necesario de acuerdo con el cálculo estructural, pueden instalarse barras metálicas con función de cosido perimetral (véase el apartado 5.1.6) que permitan la reducción de la ley de momentos en el forjado.

El comportamiento del forjado reforzado como un diafragma rígido² debe analizarse con modelos de bielas y tirantes. La armadura necesaria para absorber las tracciones en los tirantes se debe distribuir de una forma más o menos uniforme en toda la superficie del forjado.



Leyenda:

- 1. Planitop HPC Floor
- 2. Forjado existente

Figura 1.1: Figura descriptiva de un forjado de hormigón reforzado con Planitop HPC.

Una vez que el mortero Planitop HPC Floor ha endurecido, ofrece las siguientes ventajas:

- Alta resistencia mecánica a compresión, flexión y tracción
- Elevada ductilidad
- Óptima adherencia al substrato
- Alta resistencia al desgaste por abrasión y a los impactos

¹ Por intervención de refuerzo se considera la modificación de una estructura, no necesariamente dañada, con el propósito de aumentar su capacidad portante o su estabilidad respecto de las condiciones iniciales. También se refiere al caso de estructuras que han de ser adaptadas a cargas mayores que aquellas para las que fueron dimensionadas.

Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos (1994). *Reparación y refuerzo de estructuras de hormigón: guía FIP de buena práctica.*

² Se considera que un forjado actúa como un diafragma rígido cuando tiene la suficiente rigidez y resistencia en su plano para recoger y transmitir las fuerzas de inercia a los sistemas estructurales verticales, asegurando que actúen conjuntamente. Un diafragma puede considerarse rígido si cuando se modela con su flexibilidad real en su plano, sus desplazamientos horizontales no superan en ningún punto a los resultantes de las hipótesis de diafragma rígido en más del 10% de los correspondientes desplazamientos horizontales absolutos para la situación sísmica de cálculo.

UNE-EN 1998-1 (2018). *Proyecto de estructuras sismorresistentes. Parte 1: Reglas generales, acciones sísmicas y reglas para edificación.*

1.2. Usos a los que está destinado

Planitop HPC Floor está destinado al refuerzo y reparación de forjados de hormigón mediante el incremento de su espesor.

Este DAU contempla su empleo en los siguientes tipos de forjados:

- Losas macizas de hormigón armado.
- Forjados nervados unidireccionales o bidireccionales.
- Forjados unidireccionales con viguetas de hormigón y elementos de entrevigado cerámicos o de hormigón.
- Forjados de cerámica armada.
- Forjados unidireccionales con losas alveolares prefabricadas.

Los forjados objeto de refuerzo pueden haber sido ejecutados in situ o ser prefabricados.

Las estructuras de edificación y obra civil en las que se emplea este producto pueden verse sometidas a acciones estáticas y a acciones dinámicas (viento, sismo, maquinaria, tránsito de personas, etc.).

Los forjados reforzados están sometidos a los siguientes tipos de esfuerzos:

- Flexión bajo carga estática con acciones perpendiculares al plano del forjado (vector del momento flector en el plano del forjado).
- Debidos a cargas en su plano motivadas por acciones sísmicas.

No se establecen limitaciones en la forma de la sección transversal del forjado de hormigón.

Se aplica una capa de acabado de la superficie con productos de protección superficial y regularización de las superficies de hormigón.

Planitop HPC Floor puede aplicarse en forjados sometidos a condiciones de exposición exterior. En ambientes fuertemente agresivos pueden aparecer manchas de óxido en la superficie producidas por la oxidación de las fibras, siendo éste un efecto exclusivamente estético.

Las causas más comunes que pueden motivar intervenciones de refuerzo mediante el incremento de la sección resistente del forjado son las siguientes:

- Errores detectados en el diseño y/o ejecución.
- Baja resistencia del hormigón y/o falta de cuantía de acero.
- Aumento de las cargas por cambio de uso, aumento del número de plantas del edificio, cambios en la configuración estructural (supresión de pilares, apertura de huecos en forjados, etc.) o adecuación a las cargas recogidas por la normativa vigente.

- Daños por condiciones deficientes de durabilidad que no son reparables por métodos convencionales.
- Afectación por acciones accidentales (fuego, impactos, explosiones, sismos, etc.).
- Adecuación sismo-resistente.

Planitop HPC Floor puede emplearse complementariamente con Planitop HPC: mortero de refuerzo y reparación de pilares y muros de hormigón armado o pretensado mediante el recrecido de su sección en el rango de 10 mm a 40 mm por cara, objeto del DAU 20/117.

	Planitop HPC DAU 20/117	Planitop HPC Floor DAU 20/118
Composición	Mortero en polvo + fibras de acero + agua	Mortero en polvo premezclado con fibras de acero + agua
Usos	Refuerzo y reparación de pilares y muros de hormigón armado y pretensado	Refuerzo y reparación de forjados de hormigón

Tabla 1.1: Composición y usos de Planitop HPC y Planitop HPC Floor.

1.3. Limitaciones de uso

El uso de Planitop HPC Floor en el refuerzo y reparación de elementos estructurales distintos a los forjados tales como muros, pilares, etc., o de forjados realizados en materiales distintos del hormigón armado (forjados de madera o de viguetas de acero), no se contempla en el presente documento.

La resistencia del hormigón del soporte, medida en probeta cilíndrica, debe ser mayor o igual a 12 MPa. Si la resistencia del hormigón es menor, se deberán disponer conectores de rasante para la transmisión de esfuerzos entre los nervios de hormigón y el recrecido con Planitop HPC Floor.

El empleo de esos conectores a rasante debe ser objeto de un análisis pormenorizado, por los posibles daños localizados que su instalación pudiera causar sobre el soporte y para garantizar que el soporte pueda, a la vista de su baja resistencia, soportar la transferencia de tensión.

2. Componentes del producto

2.1. Planitop HPC Floor

Planitop HPC Floor está compuesto por cementos de alta resistencia, áridos seleccionados, aditivos especiales y fibras rígidas de acero. El mortero en polvo se suministra mezclado con las fibras de acero.

Planitop HPC Floor dispone de marcado CE según las normas EN 1504-3 y EN 1504-6.

La mezcla de Planitop HPC Floor en polvo con el agua de amasado, en una relación en peso 100:12 proporciona las características de Planitop HPC Floor una vez endurecido indicadas en la tabla siguiente.

Característica de Planitop HPC Floor endurecido (1)	Prestación
Resistencia a compresión (después de 1 día) [MPa]	38
Resistencia a compresión (después de 28 días) [MPa] (2)	120 (Clase R4)
Resistencia a la flexión residual media [MPa] (4)	
CMOD 1 = 500 µm	f _{R1} 12,5
CMOD 2 = 1.500 µm	f _{R2} 12,7
CMOD 3 = 2.500 µm	f _{R3} 11,4
CMOD 4 = 3.500 µm	f _{R4} 9,9
Resistencia a la tracción (después de 28 días) [MPa]	8,5
Resistencia a cortante (después de 28 días) [MPa]	16
Módulo elástico a compresión [GPa] (2)	38
Desplazamiento por estiramiento a una carga de 75 kN [mm] (3)	≤ 0,6
Contenido en iones cloruro [% en masa] (2) (3)	≤ 0,05
Adherencia [MPa] (2)	≥ 3,0
Resistencia a la carbonatación (2)	Pasa
Impermeabilidad al agua- profundidad de penetración [mm]	< 2
Compatibilidad térmica hielo-deshielo [MPa] (2)	≥ 2,0
Resistencia al hielo-deshielo [g/m ²]	< 100
Reacción al fuego (2) (3)	A1; A1 _{FL}

Notas:

- (1) Algunas de las características indicadas en la tabla se muestran en la ficha técnica que proporciona el fabricante.
- (2) Características incluidas en la Declaración de Prestaciones según la norma EN 1504-3.
- (3) Características incluidas en la Declaración de Prestaciones según la norma EN 1504-6.
- (4) Al ser un mortero reforzado con fibras, la prueba de flexión se realiza más allá del agrietamiento de la matriz de cemento.

Tabla 2.1: Características del mortero Planitop HPC Floor endurecido con una relación de mezcla entre componentes de 100:12.

Las características de Planitop HPC Floor polvo se indican en la tabla siguiente.

Características de Planitop HPC Floor polvo	Valor
Densidad aparente [kg/m ³]	1.400
Granulometría de los componentes secos. Dimensión máxima del árido [mm]	1
Residuo sólido [%]	100
Color	Gris
Consistencia	polvo

Tabla 2.2: Características de Planitop HPC Floor polvo.

Las características relacionadas con la aplicación de Planitop HPC Floor se indican en la tabla siguiente.

Características relacionadas con la aplicación	Valor
Densidad de la mezcla [kg/m ³]	2.400
Relación de la mezcla	Masa de polvo / masa de agua Litros de agua por 25 kg de polvo
	100 / (entre 11,5 y 12,5) 2,9 – 3,1
Consistencia de la mezcla	Fluida
pH de la mezcla	> 12,5
Temperatura de aplicación	De + 5°C a + 35°C
Duración de la mezcla (a +20 °C)	Aprox. 1 h

Tabla 2.3: Características relacionadas con la aplicación de Planitop HPC Floor.

2.2. Primer 3296

Primer 3296 es una imprimación acrílica que se aplica diluida con agua en una proporción 1:1 sobre los forjados de hormigón previamente preparados cuando se requiera a efectos de consolidar el soporte, previamente a la aplicación del mortero Planitop HPC Floor.

Las características principales de Primer 3296 se indican en la tabla siguiente.

Característica	Valor
Consistencia	Fluida
Color	Opalescente
Densidad [kg/l]	1,01
Residuo sólido [%]	15
Viscosidad Brookfield [mPa·s]	20
Temperatura de aplicación	+ 5°C a + 35°C
Dilución en agua: masa de primer/masa de agua	1:1
Tiempo de espera hasta la aplicación de Planitop HPC Floor	≥ 4 h

Tabla 2.4: Características de la imprimación acrílica Primer 3296.

3. Fabricación y control de producción

3.1. Fabricación

Mapei Spain SA adquiere el mortero Planitop HPC Floor y la imprimación acrílica Primer 3296 a Mapei S.p.A. Cada suministro se acompaña de la correspondiente declaración de prestaciones.

Planitop HPC Floor está disponible en sacos de 25 kg de mortero en polvo.

Primer 3296 está disponible en bidones de 5 kg y 10 kg.

3.2. Control de producción

El mortero en polvo Planitop HPC Floor se encuentra sometido a los controles de producción exigidos en las normas de producto EN 1504-3 y EN 1504-6.

Al mortero Planitop HPC Floor para usos en edificios y obras de ingeniería civil le aplica un sistema de verificación de la conformidad 2+ según las normas EN 1504-3 y EN 1504-6.

4. Almacenamiento, transporte y recepción en obra

4.1. Almacenamiento

El producto debe almacenarse en su envase original y en una zona bajo cubierta durante un periodo máximo de 12 meses.

Primer 3296 debe almacenarse en su envase original sin abrir, en una zona bajo cubierta, en ausencia de humedad y protegido frente a heladas durante un periodo máximo de 12 meses.

4.2. Transporte

Producto no peligroso según los criterios de la reglamentación del transporte. No requiere precauciones especiales.

4.3. Control de recepción en obra

4.3.1. Protección

Se comprobará que los materiales vienen debidamente embalados, paletizados y retractilados con cobertura superior.

4.3.2. Aspecto y estado general

Ausencia de manchas, roturas, derrames en los envases.

4.3.3. Identificación

Los envases vienen etiquetados con el nombre del producto y del componente.

4.3.4. Marcado

Los envases vienen marcados con el lote y fecha de fabricación.

5. Criterios generales de proyecto

5.1. Criterios estructurales

La evaluación de la estructura existente y de las condiciones de seguridad de la estructura que permite decidir si el refuerzo es necesario o no, junto con la determinación de las prestaciones de la sección reforzada, son responsabilidad del técnico competente y están fuera del alcance del presente documento.

El refuerzo estructural debe ser objeto de un proyecto acorde a la normativa vigente elaborado por un técnico competente.

En los apartados siguientes se apuntan los aspectos y criterios principales que se deben tener en cuenta en la intervención de refuerzo.

5.1.1. Peso propio del mortero

Se debe considerar el peso propio de Planitop HPC Floor formando parte de las estructuras reforzadas. Se considera un peso propio de 24 kN/m³.

5.1.2. Evaluación del cambio de rigidez en estructuras hiperestáticas

El refuerzo de un forjado debe ir acompañado de un estudio global de la estructura para evaluar la repercusión del cambio de rigidez. En estructuras hiperestáticas, un cambio de rigidez supone un cambio en la distribución de esfuerzos.

Por ejemplo: un tramo reforzado cuyos tramos adyacentes no hayan sido reforzados estará sometido a esfuerzos superiores a los originalmente proyectados debido a esta redistribución de los esfuerzos.

Se debe prestar especial atención a los efectos del cambio de rigideces ante situaciones sísmicas. La incorporación del refuerzo incrementa el peso del edificio con el consiguiente incremento de fuerzas sísmicas, cuyos efectos se concentran en las zonas adyacentes a los pilares. Si únicamente se refuerza el forjado para soportar nuevas cargas verticales, es posible que no resista la combinación de acciones verticales y horizontales.

5.1.3. Estado de los elementos a reforzar

Se debe prever la posibilidad de que los elementos estructurales a reforzar estén ejecutados desde hace tiempo y por tanto con un hormigón de baja resistencia.

El soporte también puede presentar daños o anomalías cuyos efectos sobre el refuerzo deben ser considerados. Se debe eliminar el hormigón deteriorado o en fase de desprendimiento, hasta alcanzar un soporte sólido, resistente y muy rugoso.

El hormigón y las eventuales armaduras deben estar exentas de polvo, óxido, lechada de cemento, grasa, aceite, o pintura.

Si la resistencia del hormigón del soporte medida en probeta cilíndrica es inferior a 12 MPa, se deberán disponer conectadores de rasante para la transmisión de esfuerzos entre los nervios de hormigón y el recrecido con Planitop HPC Floor.

La conexión entre el recrecido con Planitop HPC Floor y los nervios de hormigón con conectores de rasante pretende obviar la contribución del hormigón de soporte para tener en cuenta únicamente la colaboración entre nervio de hormigón y recrecido con Planitop HPC Floor.

El tipo de conectores, su número y su posición deben ser objeto de un estudio específico basado en el esfuerzo rasante obtenido a partir del esfuerzo cortante sobre el forjado. Se pueden utilizar armaduras corrugadas de acero ancladas a los nervios con resina epoxi y dobladas en patilla, o tornillos con cabeza en posesión de marcado CE. Para el cálculo debe utilizarse la norma EN 1992-4. Este estudio debe estar acompañado de un análisis pormenorizado que demuestre la ausencia de daños sobre los nervios de hormigón debidos a las operaciones de anclaje y que garantice que los nervios puedan, a la vista de su baja resistencia, soportar la transferencia de tensión.

Planitop HPC Floor se puede aplicar en elementos estructurales fisurados.

5.1.4. Estado tensional de las armaduras

El proyectista debe controlar que las armaduras no hayan alcanzado la fase plástica ni antes ni durante la fase de refuerzo estructural.

En la mayoría de las situaciones que se presentan, el elemento a reforzar estará cargado durante la aplicación del refuerzo, debido a la dificultad técnica que representa su descarga. La carga aplicada está constituida fundamentalmente por el peso propio y las cargas permanentes. Una posibilidad para descargar el forjado antes de la aplicación del refuerzo es su apuntalado.

5.1.5. Efecto diafragma rígido

Según la definición de la norma EN 1998-1, se considera que un forjado actúa como un diafragma rígido cuando tiene la suficiente rigidez y resistencia en su plano para recoger y transmitir las fuerzas de inercia a los sistemas estructurales verticales, asegurando que actúan conjuntamente.

Un diafragma puede considerarse rígido si cuando se modela con su flexibilidad real en su plano, sus desplazamientos horizontales no superan en ningún punto a los resultantes de las hipótesis de diafragma rígido en más del 10% de los correspondientes desplazamientos horizontales absolutos para la situación sísmica de cálculo.

El comportamiento del forjado reforzado como diafragma rígido debe analizarse mediante modelos de bielas y tirantes. La armadura necesaria para absorber las tracciones en los tirantes se debe distribuir de una forma más o menos uniforme en toda la superficie del forjado.

La comprobación de que los forjados reforzados con Planitop HPC Floor se pueden considerar diafragmas rígidos debe ser llevada a cabo por un técnico competente, a partir de la configuración del conjunto del forjado y de las acciones actuantes.

5.1.6. Anclaje de armaduras en el perímetro del forjado

Cuando a partir del cálculo se considere necesario, se dispondrán barras corrugadas de acero con función de cosido perimetral que proporcionarán las siguientes ventajas al comportamiento del forjado:

- Reducción de la ley de momentos en el forjado debido a la redistribución de esfuerzos causada por el aumento de la rigidez,
- Disminución de las deformaciones del forjado,
- Incremento de la rigidez del forjado.

El número, diámetro, distancia entre barras corrugadas y su longitud de anclaje se determina en función del cálculo estructural, de acuerdo con el esfuerzo que sea necesario transmitir. El momento absorbido por la sección en el anclaje debe ser el 25% del momento en el centro del vano. Se deberá comprobar que el elemento sobre el que se ancla (muro o viga de atado perimetral) sea capaz de absorber estos esfuerzos.

El cálculo del diámetro y separación de anclajes se determina a partir de la tracción a la que está sometido el bloque del recrecido con Planitop HPC Floor, utilizando las indicaciones de la norma EN 1992-4 o en el EAD 330076-00-0604.

Las barras ancladas se disponen en prolongación recta una longitud mínima de $100 \cdot \emptyset$ para acero B500 y $80 \cdot \emptyset$ para acero B400 y quedan embebidas en el recrecido con un recubrimiento inferior mínimo de 4 mm. En forjados unidireccionales y en la dirección paralela a los nervios, la separación entre barras no debe ser mayor a la separación entre nervios. En la dirección perpendicular a los nervios se recomienda el anclaje perimetral con separación no mayor a 1,0 m.

5.1.7. Prestaciones de la sección reforzada

La resistencia característica de la sección reforzada (suma de la sección original y de la incrementada) se puede determinar en base a las indicaciones de la norma italiana CNR-DT 204/2006: *Guide for the Design and Construction of Fiber-Reinforced Concrete Structures*, junto con las indicaciones del Anejo 7 del Código Estructural *Recomendaciones para la utilización de hormigón con fibras*.

Para realizar dicha determinación es necesario comprobar que ambas secciones (original e incrementada) trabajan conjuntamente y que, en consecuencia, se comportan como una sección compuesta.

5.1.8. Sección compuesta

El refuerzo del elemento estructural está diseñado para que la sección original y la incrementada trabajen conjuntamente creando una sección compuesta.

La comprobación del comportamiento de sección compuesta es siempre relevante en forjados. Dicha comprobación se basa en la comparación entre el esfuerzo rasante de cálculo (τ_{Ed}) en la interfase debido a las acciones actuantes y la resistencia a cizallamiento de cálculo en esa interfase (τ_{Rd}), de modo que se cumpla lo siguiente: $\tau_{Ed} \leq \tau_{Rd}$.

Las metodologías de cálculo de ambos esfuerzos se indican a continuación.

- Esfuerzo rasante de cálculo en la interfase

La determinación del esfuerzo rasante de cálculo en la interfase se llevará a cabo a partir de los valores de esfuerzo cortante que actúa en la sección compuesta, y de acuerdo con la fórmula siguiente (ecuación 6.24 del Anejo 19 del Código Estructural):

$$\tau_{Ed} = \frac{\beta \cdot V_{Ed}}{z \cdot b}$$

Donde:

- τ_{Ed} : Esfuerzo rasante de cálculo
- β : Coeficiente entre el esfuerzo longitudinal en el área nueva de hormigón y el esfuerzo longitudinal en la zona de compresión o tracción, ambos calculados para la sección considerada.
- V_{Ed} : Esfuerzo cortante de cálculo
- z : Brazo mecánico de la sección compuesta
- b : Ancho de la sección compuesta

El esfuerzo rasante de cálculo debe calcularse en la sección del forjado más solicitada a cortante, es decir, aquella en la que el esfuerzo cortante es máximo. Con esto se consigue que el esfuerzo rasante considerado sea el máximo y con ello que la comprobación alcance a todo el elemento.

- Resistencia a cizallamiento de cálculo en la interfase

Se obtiene a partir de la fórmula siguiente (ecuación 6.25 del Anejo 19 del Código Estructural):

$$\tau_{Rd} = c \cdot f_{ctd} + \mu \cdot \sigma_N < 0,5 \cdot \nu \cdot f_{ctd}$$

Donde:

- τ_{Rd} : Resistencia a cizallamiento de cálculo en la interfase.

c: Coeficiente en función de la rugosidad de la superficie de la interfase.

Puede emplearse un valor del coeficiente $c = 0,5$ para superficies de la interfase con rugosidad superficial $R_t \geq 3,0$ según *Fib Model Code for concrete structures 2010* (véase el apartado 6.1.3.1 para las correlaciones entre tratamientos superficiales y rugosidades superficiales).

Los valores de c deben reducirse a la mitad bajo cargas de fatiga o dinámicas (apartado 6.2.5 (5) de la norma UNE-EN 1992-1-1).

f_{ctd} : Menor resistencia a tracción de los elementos que forman la interfase, y que en la mayoría de los casos corresponderá con el elemento a reforzar.

μ : Coeficiente que toma los siguientes valores en función de la resistencia característica del hormigón de la interfase:

0,80 si $20 \text{ MPa} \leq f_{ck} < 30 \text{ MPa}$.

1,0 si $f_{ck} \geq 30 \text{ MPa}$.

σ_N : Tensión por unidad de área causada por el esfuerzo externo mínimo normal a través de la interfase que puede actuar simultáneamente con el esfuerzo rasante.

No se prevén esfuerzos normales a la interfase, de modo que $\mu \cdot \sigma_N = 0$.

ν : Coeficiente que toma el siguiente valor:

$$\nu = 0,55 \cdot \left\{ \frac{30}{f_{ck}} \right\}^{1/3} < 0,55$$

f_{cd} : Resistencia característica de cálculo del hormigón en la interfase.

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$$

5.2. Seguridad en caso de incendio

5.2.1. Reacción al fuego

El producto Planitop HPC Floor es clase A1_{FL} según la norma EN 13501-1.

5.2.2. Resistencia al fuego

Los forjados de hormigón se refuerzan con Planitop HPC Floor en su cara superior, mientras que en la mayoría de los casos la acción del fuego se produce en la cara inferior del forjado.

En aquellas situaciones en las que deba calcularse, la resistencia al fuego de los forjados de hormigón armado reforzados con Planitop HPC Floor puede determinarse bajo la consideración de que la sección original y la sección incrementada contribuyen conjuntamente a la prestación del elemento.

El cálculo puede realizarse mediante las indicaciones recogidas en anexo C del Documento Básico SI, a partir de las dimensiones del elemento estructural y de la distancia mínima equivalente al eje (a_m) de las armaduras.

Deben aplicarse las consideraciones para el incremento de la distancia mínima equivalente para hormigones con resistencia comprendidas entre 50 MPa y 90 MPa, recogidas en el apartado 6 del anejo 20 del Código Estructural.

No se ha evaluado el riesgo de un posible desconchado (*spalling*) de la sección incrementada en presencia de altas temperaturas.

5.3. Higiene, salud y medio ambiente

De acuerdo con la declaración de prestaciones de Mapei S.p.A. según las normas EN 1504-3 y EN 1504-6, Planitop HPC Floor no contiene sustancias peligrosas.

5.4. Seguridad y accesibilidad de utilización

Es posible que algunas fibras de Planitop HPC Floor sobresalgan de la capa de mortero una vez instalado. No se deben producir daños por contacto durante la instalación siempre que los operarios estén equipados con los correspondientes equipos de protección individual, en este caso, el calzado adecuado.

Las fibras de Planitop HPC Floor no sobresalen en condición de uso porque se aplica un desbastado con máquina rotativa equipada con disco abrasivo de diamante, y se prevé la posterior colocación de una capa de acabado de la superficie formada por productos de protección superficial y regularización.

5.5. Durabilidad

Planitop HPC Floor satisface las siguientes exigencias de durabilidad y normas de referencia:

- Resistencia a la carbonatación (EN 1504-3).
- Compatibilidad térmica. Resistencia a sales hielo-deshielo en presencia de sales – astillamiento (EN 1504-3).
- Resistencia a tracción por flexión tras ciclos de envejecimiento hielo-deshielo, sobre soportes fisurados y no fisurados (EN 14651). Se permite la utilización en las clases de exposición XF: clases de exposición para riesgo de ataque por hielo/deshielo (según la norma EN 206).
- Compatibilidad térmica. Lluvia tormentosa (EN 1504-3)
- Compatibilidad térmica. Ciclos secos (EN 1504-3)
- Contenido en iones cloruro (EN 1015-17)

6. Criterios de ejecución, de mantenimiento y conservación

6.1. Criterios de ejecución

6.1.1. Manipulación en obra. Condiciones de seguridad

Planitop HPC Floor contiene cemento que, en contacto con los fluidos corporales, puede causar irritación, reacciones alérgicas y daños oculares. En caso de contacto con los ojos o la piel, lavar con abundante agua y consultar a un médico.

Se recomienda el uso de guantes y gafas protectoras y seguir las precauciones habituales para la manipulación de productos químicos.

6.1.2. Preparación del producto

6.1.2.1. Amasado

Para la preparación de mortero Planitop HPC Floor, verter en la hormigonera Planitop HPC Floor en polvo, agregar entre 2,9 litros y 3,1 litros de agua por cada saco de 25 kg de mortero en polvo.

En condiciones de curado particularmente desfavorables, como la exposición directa al sol, corrientes de aire y/o humedad relativa inferior al 65 %, es recomendable proceder a un curado cuidadoso mediante la protección con arpilleras y sucesiva aspersión de agua para mantenerlas húmedas durante, al menos, 48 horas; también es posible colocar una membrana impermeable que evita la evaporación prematura del agua del mortero. Alternativamente, es posible añadir a la mezcla el aditivo Mapecure SRA, en una relación de 62,5 g³ de Mapecure SRA por cada 25 kg de polvo Planitop HPC Floor para reducir la retracción plástica y la hidráulica, garantizar una hidratación óptima en condiciones de humedad insuficientes, gracias a la reducción de la evaporación del agua del mortero, y favorecer el desarrollo de las reacciones de hidratación. En contrapartida, la utilización de Mapecure SRA podría dar lugar a una ligera reducción de las prestaciones mecánicas de Planitop HPC Floor, del orden de un 5 % a un 6 %.

Amasar durante al menos 12 minutos hasta obtener una mezcla homogénea, fluida y sin grumos. La mezcla permanece trabajable durante aproximadamente una hora, a +20 °C.

En períodos calurosos, almacenar el producto en lugar fresco y usar agua fría para el amasado. En temporadas

³ Es necesario disponer en la obra de una balanza cuya precisión de medida permita pesar esta cantidad.

⁴ Tratamiento que consiste en la aplicación sobre del hormigón de un chorro de agua a alta presión (superior a 800 atm), para eliminar partes en fase de desprendimiento, contaminantes, restos de óxido

frías, almacenar el producto en lugares protegidos de las heladas, a una temperatura de +20 °C, y emplear agua templada para el amasado.

6.1.3. Ejecución

6.1.3.1. Saneado o preparación previa de la superficie existente

Eliminar el hormigón deteriorado y el que no esté adherido, mediante repicado mecánico o hidro-escarificación⁴ para eliminar grasas, partículas sueltas, hormigón mal adherido, etc., hasta obtener un soporte sólido, resistente y muy rugoso con una aspereza de al menos 5 mm (árido grueso a la vista). Se debe alcanzar una rugosidad de Grado 7 u 8 entre los definidos por la *Technical Guideline 310.2R* del ICRI (*International Concrete Repair Institute*). La comprobación de la rugosidad puede realizarse por medición, según las indicaciones de las normas EN 13036-1 o ASTM E965.

La equivalencia entre la rugosidad de Grado 7 u 8 según la *Technical Guideline 310.2R* y la clasificación del *Fib Model Code for concrete structures 2010*, se puede determinar a partir del método de tratamiento superficial indicado en la tabla siguiente.

Método de tratamiento superficial	Valor medio de rugosidad (R _t) (1) [mm]	Clasificación de rugosidad superficial
Sin tratamiento	R _t < 1,5	Lisa
Chorro de arena	1,5 ≤ R _t < 3,0	Rugosa
Chorro de agua a presión o granallado	R _t ≥ 3,0	Muy rugosa

(1) R_t: Profundidad media de la textura superficial (MTD - *Mean Texture Depth*).

Tabla 6.1: Clasificación de rugosidad superficial de acuerdo con el método de tratamiento superficial.

El saneado de la superficie definido por Mapei Spain SA -chorro de agua a presión o granallado- es equivalente a un valor medio de rugosidad R_t ≥ 3,0 según el *Fib Model Code for concrete structures 2010*.

Las armaduras que, como consecuencia del tratamiento de preparación del soporte, queden a la vista, deberán protegerse con dos manos de Mapefer 1K, mortero cementoso anticorrosivo, previo cepillado para eliminar el óxido (véase la figura 6.1).

El soporte debe humedecerse a saturación sin que quede agua en el mismo para no sustraer agua del mortero (véase el apartado 6.1.3.3).

de las armaduras, y con el que se obtiene una superficie suficientemente rugosa para la aplicación del mortero de reparación.



Figura 6.1: Tratamiento de armaduras que quedan a la vista tras la preparación del soporte mediante hidro-escarificado en este caso.

En caso de ser necesaria una consolidación, aplicar en el soporte seco y limpio de polvo y suciedad la imprimación acrílica Primer 3296 diluida con agua en una relación 1:1 al menos 4 horas antes de la aplicación de Planitop HPC Floor. Su aplicación debe realizarse con la ayuda de un rodillo, cepillo o regadera (véase la figura 6.2).

No existe un tiempo máximo para la aplicación de Planitop HPC Floor tras la aplicación del Primer 3296, aunque no es deseable que transcurra demasiado tiempo para evitar la acumulación de polvo o suciedad.



Figura 6.2: Aplicación de Primer 3296 en el soporte.

6.1.3.2. Anclaje de armaduras en el perímetro

Insertar las armaduras de conexión de acero corrugado B 400 SD o B 500 SD a los muros perimetrales o a los zunchos o vigas de borde en perforaciones taladradas y limpiadas previamente, anclarlas mediante adhesivos Mapefix EP 385 (epoxi) o Mapefix VE SF (viniléster). Aspirar a continuación cualquier resto de material suelto o polvo (véase la figura 6.3).

La distancia entre barras adyacentes, dispuestas en dirección paralela o perpendicular a la directriz de las viguetas, debe ser la que resulte del cálculo. Se debe

disponer una la longitud mínima de anclaje en prolongación recta de 80 cm y las barras han de quedar embebidas en el recrecido con un recubrimiento mínimo de 4 mm (véase el apartado 5.1.6 del DAU).

No se deben insertar armaduras en el perímetro de los balcones.

El mortero Planitop HPC Floor debe envolver completamente las barras para garantizar la correcta adherencia.



Figura 6.3: Disposición de armaduras en el perímetro.

6.1.3.3. Vertido

Antes del vertido, mojar con agua hasta la saturación del soporte sin que quede agua en la superficie del mismo. Esta operación no es necesaria ni conveniente en caso de consolidar con Primer 3296.

Verter el mortero Planitop HPC Floor sobre la superficie del forjado acompañando, si fuera necesario, su extensión sobre la misma con un rastrillo (véase la figura 6.4).

Durante el vertido se debe asegurar que el espesor mínimo de mortero Planitop HPC Floor que se aplique sea igual o superior al espesor nominal prescrito, nunca inferior.



Figura 6.4: Vertido de mortero Planitop HPC Floor.

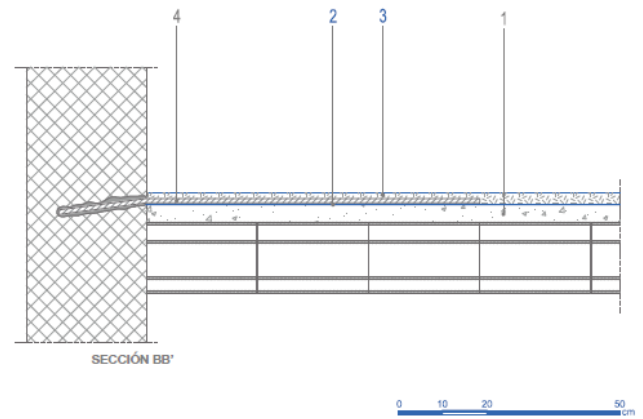
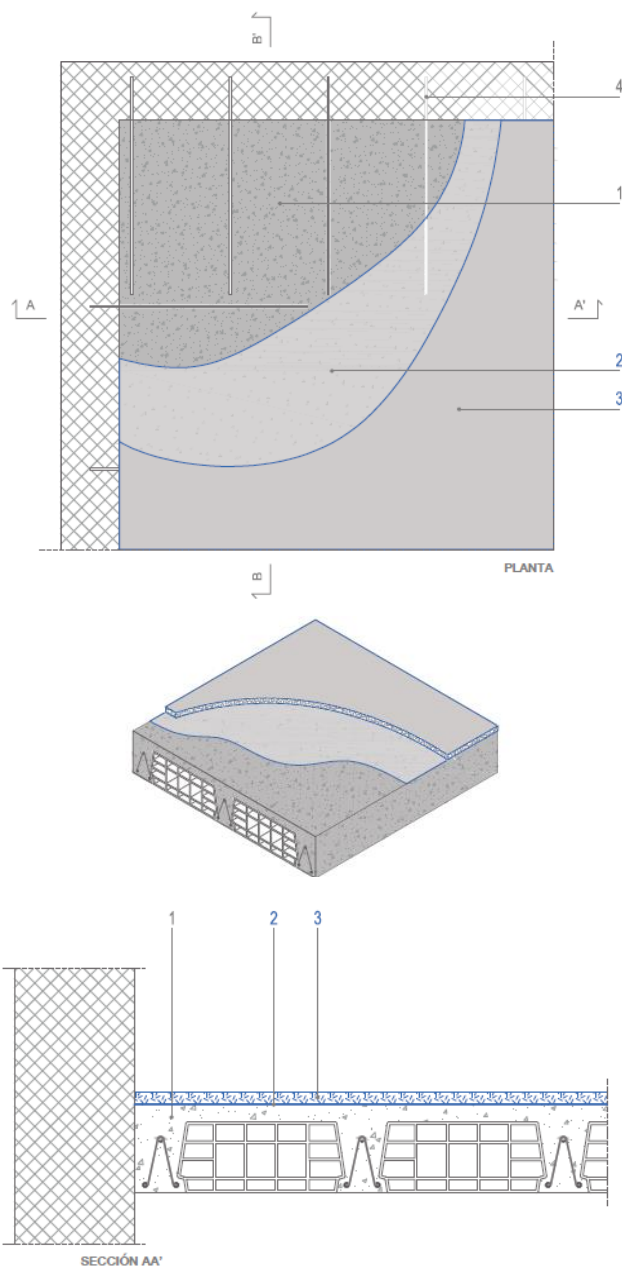
6.1.3.4. Compactado

Planitop HPC Floor no necesita ser compactado ni vibrado.

6.1.3.5. Curado

Debe realizarse una especial vigilancia en el curado de Planitop HPC Floor, para evitar que, especialmente en los períodos calurosos y días ventosos, la evaporación rápida del agua de la mezcla pueda causar fisuras superficiales; para ello, en estas condiciones se debe nebulizar agua, colocar sobre la superficie del mortero una tela impermeable y mantener la protección durante dos días como mínimo.

6.1.4. Detalles constructivos



Leyenda:

1. Forjado existente
2. Primer 3296
3. Planitop HPC Floor
4. Armadura perimetral

Figura 6.5: Detalles constructivos.

6.2. Criterios de mantenimiento o conservación

Los elementos reparados o reforzados con Planitop HPC Floor no necesitan particulares medidas de mantenimiento o conservación.

6.3. Medidas para la protección del medio ambiente

Se debe evitar que el producto penetre en el suelo o subsuelo, en aguas superficiales o en el alcantarillado. En caso de suceder, avisar a las autoridades responsables.

En caso de vertido accidental, el material apropiado para la recogida debe ser absorbente, orgánico o arena. Recoger inmediatamente el producto después de haberse puesto indumentaria protectora. Contener la extensión y recoger mecánicamente, evitando levantar demasiado polvo. Después de la recogida, lavar con abundante agua la zona y los instrumentos utilizados.

Conservar el agua de lavado contaminada y eliminarla siguiendo el procedimiento de tratamiento de residuos que le aplique.

6.3.1. Tratamiento de residuos

En virtud de la Decisión 2014/955/UE, que modifica la Decisión 2000/523/CE, sobre la lista de residuos, y de conformidad con la Directiva 2008/98/CE, y de sus modificaciones, donde se establece la Lista Europea de Residuos (LER), es obligatorio que los productos tengan asignado un código LER que permita al usuario conocer el tipo de gestión de residuos que le corresponde.

A continuación se indican los códigos LER declarados para los componentes del sistema Planitop HPC.

- Planitop HPC Floor no endurecido: 17 01 01
- Planitop HPC Floor endurecido: 17 01 01
- Envases de plástico: 15 01 02

Los residuos generados durante la puesta en obra deberán ser gestionados según la legislación vigente por un gestor autorizado a tal efecto (véase el Real Decreto 105/2008 por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición).

6.3.2. Condiciones exigibles a las empresas aplicadoras/colocadoras

Ninguna en particular.

7. Referencias de utilización y visitas de obra

7.1. Referencias de utilización

Planitop HPC Floor se lleva ejecutando desde el año 2017.

Se han aportado como referencias de utilización las obras indicadas en la tabla 7.1.

Tipo de Obra	Localización	Fecha de finalización
Refuerzo de forjados de edificio	Menorca	2020
Refuerzo de forjados de edificio	Murcia	2020
Refuerzo de forjados de edificio	Huesca	2019
Refuerzo de base de cámaras frigoríficas en forjados	Málaga	2019
Refuerzo de forjados en edificio de oficinas	c/ Prim (Madrid)	2018
Refuerzo de edificio de Telefónica	c/ Delicias (Madrid)	2018
Refuerzo de forjado de edificio por cambio de uso para apartamentos turísticos	Barcelona	2017
Refuerzo de forjado de fábrica de embutidos	Olot (Girona)	2017
Refuerzo de forjado para almacén de tienda de alimentación	San Sebastián de los Reyes (Madrid)	2017
Refuerzo de forjado en tienda de muebles	c/ Aragón (Barcelona)	2017

Tabla 7.1: Referencias de obra.

7.2. Visitas de obra

Se ha efectuado un muestreo de obras realizadas con Planitop HPC Floor, ejecutadas y en proceso de ejecución.

Las obras seleccionadas fueron inspeccionadas por personal del ITeC, dando lugar al Informe de visitas de obras recogido en el *Dossier Técnico del DAU 20/118*.

El objetivo de las visitas ha sido, por un lado, contrastar la aplicabilidad de las instrucciones de puesta en obra con los medios humanos y materiales definidos por Mapei Spain SA y, por otro, identificar los aspectos que permitan evitar posibles patologías que puedan afectar al sistema ejecutado.

Los aspectos relevantes destacados en el transcurso de la realización de las visitas de obra se han incorporado a los criterios de proyecto y ejecución indicados en el presente documento.

8. Evaluación de ensayos y cálculos

Se ha evaluado la adecuación al uso de Planitop HPC Floor en relación con el cumplimiento del *Procedimiento Particular de evaluación del DAU 20/118*.

Este procedimiento ha sido elaborado por el ITeC considerando la reglamentación española de construcción aplicable en cada caso:

- en edificación se consideran las exigencias básicas que establece el CTE para cada uno de los requisitos básicos,
- en otros ámbitos de la construcción se considera la reglamentación específica de aplicación,

así como otros requisitos adicionales relacionados con la durabilidad y las condiciones de servicio del sistema.

Los ensayos que forman parte de esta evaluación han sido realizados en los laboratorios de la Universidad de Brescia (Italia) y de la Universidad de Nápoles (Italia).

Todos los informes de ensayo y de cálculos, así como el informe de toma de muestras, quedan recogidos en el *Dossier Técnico del DAU 20/118*.

8.1. Ensayos de caracterización de Planitop HPC Floor

Se muestran a continuación los ensayos y sus resultados llevados a cabo en para caracterización del comportamiento mecánico del mortero Planitop HPC Floor:

- Ensayo de escurrimiento según la norma EN 12350-8:

Característica	Prestación
SF (escurrimiento) [mm]	850
Clase de escurrimiento a partir del ensayo de escurrimiento) según la norma UNE-EN 206	SF3
Tiempo t_{500} [s]	4,5
Clase de viscosidad según la norma UNE-EN 206 para el tiempo t_{500}	VS2

Tabla 8.1: Resultados del ensayo de escurrimiento para el mortero Planitop HPC Floor.

- Resistencia a compresión según la norma EN 12390-3:

Característica	Prestación
Resistencia a compresión media obtenida a partir de ensayos sobre 6 probetas cúbicas a 28 días (150 mm x 150 mm x 150 mm) R_{cm} [MPa]	118,2

Tabla 8.2: Resultados del ensayo de resistencia a compresión del mortero Planitop HPC Floor.

La resistencia a compresión identificada cumple con los requisitos de identificación de la tabla 2 de la norma EN 1504-3: donde el valor identificado debe ser superior al 80% de la resistencia a compresión declarada (véase la tabla 2.1 del DAU):

$$118,2 \text{ MPa} > 0,8 \cdot 120 \text{ MPa} = 96 \text{ MPa}.$$

- Resistencia a la tracción por flexión según la norma EN 14651:

$f_{ct,L}^{(1)}$ [MPa]	Resistencia residual a la tracción por flexión (2) [MPa]				
	$f_{R,1}$	$f_{R,2}$	$f_{R,3}$	$f_{R,4}$	
f_m	7,34	12,55	12,70	11,46	9,91
f_k	6,11	9,79	10,48	9,33	8,03

(1) Resistencia a la tracción por flexión o límite de proporcionalidad.

(2) Tensión de tracción correspondiente a una fuerza aplicada que genera un desplazamiento del borde de la fisura -CMOD- de 0,5 mm, 1,5 mm, 2,5 mm y 3,5 mm, respectivamente.

Tabla 8.3: Resultados del ensayo de resistencia a la tracción por flexión para el mortero Planitop HPC Floor.

En la tabla siguiente se muestra la evaluación de los resultados de resistencia a la tracción por flexión de acuerdo con las exigencias incluidas en el Anejo 7 del Código Estructural y en el documento *Linea Guide FRC*⁵, correspondientes a hormigón reforzado con fibras.

	Código Estructural		Linea Guide FRC	
	$f_{R,1,k} / f_{ct,L}^{(1)}$	$f_{R,3,k} / f_{ct,L}^{(1)}$	$f_{R,1,k} / f_{ct,L}^{(1)}$	$f_{R,3,k} / f_{R,1,k}$
Exigencia	$\geq 0,40$	$\geq 0,20$	$\geq 0,40$	$\geq 0,50$
Resultado	2,44	1,22	2,44	1,22

Tabla 8.4: Evaluación de los resultados del ensayo de resistencia a la tracción por flexión para el mortero Planitop HPC Floor.

⁵ *Linea guida per l'identificazione, la qualificazione, la certificazione di valutazione tecnica ed il controllo di accettazione dei calcestruzzi*

8.2. Resistencia mecánica y estabilidad

La evaluación de la resistencia mecánica y estabilidad ha consistido en la evaluación de las siguientes características:

- Resistencia al cizallamiento de la interfase entre el mortero Planitop HPC Floor y el soporte en el que se aplica.
- Comportamiento de la sección compuesta.

8.2.1. Resistencia al cizallamiento de la interfase

Se han llevado a cabo ensayos de resistencia al cizallamiento sobre substratos con distintos tratamientos superficiales equivalentes a distintas rugosidades superficiales y con distintas resistencias, con objeto de comprobar la bondad del empleo del valor 0,5 para el coeficiente c en el cálculo de la resistencia al cizallamiento de la interfase (véase el apartado 5.1.8).

Los ensayos se han llevado a cabo de acuerdo con la metodología descrita en el artículo “*Evaluating the shear bond strength between old and new concrete through a new test method*”, *Magazine of Concrete Research volumen 69 Issue 9, Paper 1600327*, y cuyos autores son Chilwesa, Mienllu, Reggia y Plizzari.

El ensayo se basa en la aplicación de una compresión sobre dos elementos prismáticos, de dimensiones (largo x ancho x alto) 200 mm x 100 mm x 100 mm, con las características de resistencia y rugosidad de los substratos que se pretenden evaluar. Sobre estos elementos prismáticos se aplican otros dos elementos prismáticos de dimensiones (largo x ancho x alto) 400 mm x 100 mm x 100 mm, con las características de los elementos de recubrimiento (mortero Planitop HPC y Planitop HPC Floor), resultando en cuatro superficies de contacto de 100 mm x 100 mm, sobre las que se está aplicando un esfuerzo rasante (véase la figura 8.1).

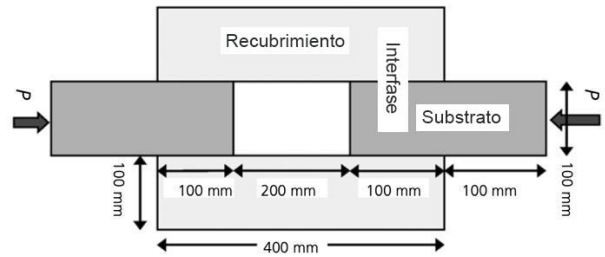


Figura 8.1: Esquema de la disposición de ensayo empleado en la determinación de la resistencia al cizallamiento de la interfase.

La evaluación del mortero Planitop HPC Floor se ha llevado a cabo conjuntamente con la evaluación del mortero Planitop HPC, objeto del DAU 20/117. La diferencia de composición entre ambos productos se restringe al tipo de fibra utilizada y al formato de suministro a obra: Planitop HPC se suministra con el cemento y las fibras separadas, mientras que Planitop HPC Floor se suministra con el cemento y las fibras mezclados (véase el apartado 1.1).

La resistencia al cizallamiento adquiere mayor importancia en el mortero Planitop HPC Floor que en el mortero Planitop HPC como consecuencia de su uso propuesto: refuerzo de forjados existentes de hormigón. Es por ello que la evaluación se ha focalizado en el comportamiento del mortero Planitop HPC Floor, acompañada de la realización de ensayos de contraste sobre el mortero Planitop HPC.

A continuación se describen las configuraciones ensayadas, los resultados obtenidos y la evaluación realizada.

Rugosidad superficial			Número de probetas en función de la clase resistente del soporte			
Clasificación R_t (1) según Model Code 2010	Herramienta utilizada	Rugosidad alcanzada	Planitop HPC Floor			Planitop HPC
			C12/15	C16/20	C20/25	C16/20
Lisa ($R_t < 1,5$ mm)	Lijadora orbital	$R_t < 1,5$ mm	4	4	3	--
Rugosa ($1,5$ mm $\leq R_t < 3,0$ mm)	Desincrustador de agujas	$1,5$ mm $\leq R_t \leq 3,0$ mm	2	3	4	2
Muy rugosa ($R_t \geq 3,0$ mm)		$R_t = 5$	4	4	4	--

(1) R_t : MTD (*Mean Texture Depth*). $R_t = ((4 \cdot V)/(D^2 \cdot \pi))$

Tabla 8.5: Número de probetas y características de los elementos prismáticos de soporte en la evaluación de la resistencia al cizallamiento.

Producto		Planitop HPC Floor									Planitop HPC
Resistencia del soporte		C12/15			C16/20			C20/25			C16/20
Rugosidad superficial		Lisa	Rugosa	Muy rugosa	Lisa	Rugosa	Muy rugosa	Lisa	Rugosa	Muy rugosa	Rugosa
Valor medio		3,8	4,0	3,8	3,9	3,8	3,9	4,5	4,8	4,2	3,4
Tensión rasante de rotura (τ) [MPa] (1)	Valores máximo y mínimo	[3,3 – 4,3]	[3,8 – 4,1]	[3,5 – 4,0]	[3,8 – 4,1]	[3,6 – 4,1]	[3,7 – 4,2]	[4,4 – 4,7]	[4,4 – 5,0]	[3,9 – 4,5]	[3,9 – 4,2]
	Coefficiente de variación (COV) (2)	0,12	0,05	0,05	0,04	0,08	0,06	0,03	0,06	0,06	0,06
	Valor característico (3)	2,58	-- (4)	3,29	3,48	2,84	3,27	4,07	4,03	3,52	-- (4)
Modo de rotura		Fallo de adherencia y rotura de material en el sustrato en zonas próximas a la interfase.									

(1) Tensión rasante correspondiente a la carga de rotura. Se obtiene según: $\tau = \frac{P}{(2 \cdot A)}$; donde P es la carga aplicada y A es la superficie de contacto.

(2) Coeficiente de variación = desviación típica / valor medio.

(3) Se asume una distribución normal con un nivel de confianza del 75%, una probabilidad $p = 0,95$, y una desviación desconocida de la población.

(4) Se ha ensayado una muestra con dos probetas, un número insuficiente para determinar el valor característico.

Tabla 8.6: Resultados de los ensayos de resistencia al cizallamiento.

En la tabla siguiente se muestra el cálculo del coeficiente c a partir de los resultados de ensayo de las configuraciones de mortero Planitop HPC Floor con superficie muy rugosa.

Para ello se emplea la ecuación 6.25 del Anejo 19 del Código Estructural:

$$\tau_{Rd} = c \cdot f_{ctd} + \mu \cdot \sigma_N < 0,5 \cdot \nu \cdot f_{cd}$$

Donde el parámetro σ_N adquiere el valor 0.

Resistencia del soporte			Tensión rasante de rotura obtenida de los ensayos (τ) [MPa]	Coeficiente c	
f_{ck} [MPa]	f_{ctm} [MPa]	f_{ctk} [MPa]		Obtenido de los ensayos ($c = \tau / f_{ctk}$)	Valor máximo según el punto 6.2.5 (2) de UNE-EN 1992-1-1
12	1,6	1,1	3,29	2,99	0,5
16	1,9	1,3	3,27	2,51	
20	2,2	1,5	3,52	2,35	

Tabla 8.7: Cálculo del coeficiente c a partir de los resultados de ensayo de las configuraciones de mortero Planitop HPC Floor con superficie muy rugosa.

El coeficiente c obtenido de los ensayos para el mortero Planitop HPC Floor es superior al valor máximo indicado en el apartado 6.2.5 (2) del Anejo 19 del Código Estructural para todas las configuraciones ensayadas, en consecuencia, el uso del valor 0,5 para el coeficiente c se enmarca dentro de la seguridad.

Los valores individuales obtenidos de la resistencia al cizallamiento para el mortero Planitop HPC son del mismo orden de magnitud que los obtenidos para el mortero Planitop HPC Floor, en consecuencia, el uso del valor 0,5 para el coeficiente c se enmarca también dentro de la seguridad.

8.2.2. Comportamiento de la sección compuesta

El comportamiento de la sección compuesta se ha evaluado mediante la realización de ensayos sobre 12 losas en las que se ha aplicado una capa superficial de refuerzo de mortero HPC Floor.

Se ha comprobado que el fallo de la losa se produce por rotura a tracción por flexión de la losa, y que la interfase entre el sustrato y la capa de refuerzo mantiene su integridad.

En las tablas siguientes se muestra la descripción de las losas, los resultados experimentales obtenidos y el cálculo de la tensión de rasante en la interfase.

Dimensiones de las losas [mm]				Distancia entre apoyos [mm]	Configuración de ensayo	Características del sustrato de hormigón		
Largo	Ancho	Espesor				C16/20	CEM II/B-LL 32,5	a/c = 0,68
		Sustrato	Refuerzo					
1.100	1.100	80	40	1.000	Losas biapoyadas con carga puntual en el centro			$R_{cm} = 25 \text{ MPa}$ Ensayo según EN 12390-3 sobre 6 probetas cúbicas de 150 mm de lado.

Tabla 8.8: Descripción de las losas ensayadas.

Código	Número de losas	Rugosidad (R_t) [mm]	Primer 3296
S1	3	Lisa ($R_t < 1,5 \text{ mm}$)	No
S2 PM	3	Rugosa ($1,5 \text{ mm} \leq R_t < 3,0 \text{ mm}$)	Si
S3	3		No
S4	3	Muy rugosa ($R_t \geq 3,0 \text{ mm}$)	No

Tabla 8.9: Codificación de las losas ensayadas.

Se han ensayado distintas rugosidades junto con la influencia del uso del Primer 3296 en la interfase.

Además de monitorizar la deformación de las losas también se ha monitorizado el desplazamiento relativo entre el sustrato y la capa de refuerzo. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla siguiente.

Código	Carga última [kN]			Carga al límite elástico (valor medio estimado de 3 probetas) [kN]	Deformación última (valor medio estimado de 3 probetas) [mm]	Deslizamiento en la interfase a carga última [mm]		
	Valor medio de 3 probetas	Intervalo de valores	Dispersión (COV)			Valor medio de 3 probetas	Intervalo de valores	Dispersión (COV)
S1	96,9	91,3 – 105,8	0,08	82,5	51,0	3,3	2,0 – 5,1	0,48
S2 PM	99,5	97,9 – 102,5	0,03	85,0	55,0	4,8	1,8 – 9,3	0,82
S3	97,2	96,2 – 98,3	0,01	81,5	35,0	2,2	1,6 – 3,3	0,42
S4	96,4	92,9 – 100,5	0,04	80,5	35,0 – 37,0	0,7	0,1 – 1,0	0,74

Tabla 8.10: Resultados de los ensayos de comportamiento de la sección compuesta.

La tabla siguiente muestra la tensión de rasante en la interfase a carga última calculada a partir de los resultados de los ensayos.

Código	Tensión de rasante en la interfase a carga última ($\tau = V/(b \cdot d)$) [MPa]		
	$(V = P/2; b = 1.000 \text{ mm}; d = 90 \text{ mm})$		
	Valor medio de 3 probetas	Intervalo de valores	Dispersión (COV)
S1	0,54	0,51 – 0,59	0,08
S2 PM	0,55	0,54 – 0,57	0,02
S3	0,54	0,55 – 0,53	0,01
S4	0,54	0,53 – 0,55	0,03

Tabla 8.11: Tensión de rasante en la interfase a carga última.

Los valores de tensión de rasante en la interfase a carga última alcanzados en los ensayos son inferiores a los valores límite de tensión de rasante en la interfase identificados en los ensayos de resistencia al cizallamiento (véase la tabla 8.6), además las cargas de rotura se ajustan al valor teórico aproximado de fallo a tracción por flexión (97 kN), y el modo de fallo es compatible con un fallo a tracción por flexión. En consecuencia, se puede afirmar que la sección mantiene su comportamiento de sección compuesta hasta que se produce el fallo a tracción por flexión.

De los resultados de los ensayos se desprende que el uso del Primer 3296 no tiene influencia significativa en la tensión a rasante en la interfase para el rango de valores ensayados (hasta una tensión rasante de 0,54 MPa).

8.3. Seguridad en caso de incendio

8.3.1. Reacción al fuego

El mortero Planitop HPC Floor se clasifica como clase A1_{FL} de reacción al fuego a partir de las declaraciones de prestaciones de Mapei, números IT1/0427 e IT/0428 de acuerdo con las normas EN 1504-3 y EN 1504-6, respectivamente.

8.4. Durabilidad

8.4.1. Resistencia a la carbonatación

El mortero Planitop HPC Floor satisface los criterios de resistencia a la carbonatación indicados en la norma EN 1504-3, y que se expresan mediante la superación del ensayo descrito en la norma EN 13295.

8.4.2. Resistencia a ciclos hielo-deshielo

El mortero Planitop HPC Floor satisface los criterios de compatibilidad térmica correspondientes a la resistencia al hielo-deshielo en presencia de sales – astillamiento, indicados en la norma EN 1504-3, y que se expresan mediante la superación del ensayo descrito en la norma EN 13687-1.

También se ha evaluado la resistencia a tracción por flexión según la norma EN 14651 tras ciclos de envejecimiento hielo-deshielo, sobre soportes fisurados y no fisurados. El envejecimiento ha consistido en acondicionar las muestras a una HR del 95 % y una T = 20 ± 2 °C durante una semana y posteriormente aplicar 20 ciclos de hielo-deshielo según las indicaciones del documento *Linea Guide FRC*, donde cada ciclo consta de:

- 4 horas a T = - 20 ± 2 °C.
- 12 horas a una HR del 95 % y una T = 38 ± 2 °C.

Los resultados obtenidos para el mortero Planitop HPC Floor se muestran en la tabla siguiente:

Núm. de probeta	Tipo	f _{ct,L} [MPa] (1)	f _{ct,Lm} [MPa] (2)	Alteraciones superficiales
1		7,61		
2	No fisurada	7,81	7,98	Ausencia
3		8,53		
4		7,48		
5	Fisurada	7,69	7,47	Ausencia
6		7,23		

(1) Resistencia a tracción por flexión, o límite de proporcionalidad.

(2) Valor medio de la resistencia a tracción por flexión o límite de proporcionalidad.

Tabla 8.12: Resultados de los ensayos de resistencia a tracción por flexión tras ciclos de envejecimiento hielo-deshielo.

La evaluación de los resultados de ensayo de acuerdo con el criterio establecido en el documento *Linea Guide FRC* se muestra en la tabla siguiente.

f _{ct,Lm} env,no fis / f _{ct,Lm} no env ≥ 0,85	f _{ct,Lm} env,fis / f _{ct,Lm} no env ≥ 0,85	Ausencia de alteraciones superficiales
7,98 / 7,34 = 1,09 > 0,85	7,47 / 7,34 = 1,02 > 0,85	Cumple
Satisface la exigencia	Satisface la exigencia	Satisface la exigencia

Tabla 8.13: Evaluación de los resultados de los ensayos de resistencia a tracción por flexión tras ciclos de envejecimiento hielo-deshielo.

De la evaluación del resultado de los ensayos de resistencia a tracción por flexión tras ciclos de envejecimiento hielo-deshielo según el documento *Linea Guide FRC*, se permite la utilización del mortero Planitop HPC Floor en las clases de exposición XF: clases de exposición para riesgo de ataque por hielo-deshielo según la norma EN 206.

8.4.3. Compatibilidad térmica. Lluvia tormentosa

Esta característica se considera satisfecha al cumplir con el requisito de compatibilidad térmica, resistencia al hielo-deshielo en presencia de sales – astillamiento, indicados en la norma EN 1504-3 (véase apartado 8.6.2), según lo expuesto en el punto h de la tabla 3 de la norma EN 1504-3.

8.4.4. Compatibilidad térmica. Ciclos secos

Esta característica se considera satisfecha al cumplir con el requisito de compatibilidad térmica, resistencia al hielo-deshielo en presencia de sales – astillamiento, indicados en la norma EN 1504-3 (véase apartado 8.6.2), según lo expuesto en el punto h de la tabla 3 de la norma EN 1504-3.

8.4.5. Contenido en iones cloruro

El mortero Planitop HPC Floor satisface los criterios de contenido de iones cloruro indicados en la norma EN 1504-3, y que se expresan mediante un contenido inferior o igual al 0,05 % tras el ensayo descrito en la norma EN 1015-17.

9. Comisión de Expertos

Este DAU ha sido sometido a la consideración de una Comisión de Expertos, tal y como se indica en el *Reglamento del DAU* y en la Instrucción de trabajo para la elaboración del DAU.

La Comisión de Expertos ha estado constituida por representantes de distintos organismos e instituciones, que han sido seleccionados en función de sus conocimientos, independencia e imparcialidad para emitir una opinión técnica respecto al ámbito cubierto por este DAU.

La relación general de los expertos que han constituido las comisiones de expertos de los DAU puede ser consultada en la página web del ITeC, itec.es.

Los comentarios y observaciones realizados por los miembros de esta Comisión han sido incorporados al texto del presente DAU.

10. Documentos de referencia

- Código Técnico de la Edificación de 17 de marzo de 2006. Documentos Básicos del CTE: DB SE (diciembre 2019), DB SI (diciembre 2019), DB HS (diciembre 2019), DB SUA (diciembre 2019).
- UNE-EN 1504-3:2006: Productos y sistemas para la protección y reparación de estructuras de hormigón. Definiciones, requisitos, control de calidad y evaluación de la conformidad. Parte 3: Reparación estructural y no estructural.
- UNE-EN 1504-6:2007: Productos y sistemas para la protección y reparación de estructuras de hormigón. Definiciones, requisitos, control de calidad y evaluación de la conformidad. Parte 6: Anclaje de armaduras de acero.
- Código Estructural 2021 (Real Decreto 470/2021).
- UNE-EN 14889-1:2008: Fibras para hormigón. Parte 1: Definiciones, especificaciones y conformidad.
- PNE-EN 1992-4:2018: Eurocódigo 2: Proyecto de estructuras de hormigón. Parte 4: Diseño de fijaciones para uso en hormigón.
- UNE-EN 1998-1:2018: Eurocódigo 8: Proyecto de estructuras sismorresistentes. Parte 1: Reglas generales, acciones sísmicas y reglas para edificación.
- EAD 330076-00-0604. *Metal injection anchors for use in masonry*.
- CNR-DT 204/2006: *Guide for the Design and Construction of Fiber-Reinforced Concrete Structures*,
- UNE-EN 1992-1-1:2013: Eurocódigo 2: Proyecto de estructuras de hormigón. Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificación.
- *Fib Model Code for concrete structures 2010*
- UNE-EN 13501-1:2019: 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.
- UNE-EN 206:2013+A1:2018: Hormigón. Especificaciones, prestaciones, producción y conformidad.
- UNE-EN 1015-17:2001: Métodos de ensayo de los morteros de albañilería. Parte 17: Determinación del contenido en cloruros solubles en agua de los morteros frescos.
- *Technical Guideline 310.2R* y la clasificación del *Fib Model Code for concrete structures 2010*

- UNE-EN 13036-1:2010: Características superficiales de carreteras y aeropuertos. Método de ensayo. Parte 1: Medición de la profundidad de la macrotextura superficial del pavimento mediante el método volumétrico.
- ASTM E965-15:2019: *Standard Test Method for Measuring Pavement Macrottexture Depth Using a Volumetric Technique.*
- Decisión 2000/532/CE: Decisión de la Comisión, de 3 de mayo de 2000, que sustituye a la Decisión 94/3/CE por la que se establece una lista de residuos de conformidad con la letra a) del artículo 1 de la Directiva 75/442/CEE del Consejo relativa a los residuos y a la Decisión 94/904/CE del Consejo por la que se establece una lista de residuos peligrosos en virtud del apartado 4 del artículo 1 de la Directiva 91/689/CEE del Consejo relativa a los residuos peligrosos.
- RD 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.
- UNE-EN 12350-8:2020: Ensayos de hormigón fresco. Parte 8: Hormigón autocompactante. Ensayo de escurrimiento.
- UNE-EN 12390-3:2020: Ensayos de hormigón endurecido. Parte 3: Determinación de la resistencia a compresión de probetas.
- UNE-EN 14651:2007+A1:2008: Método de ensayo para hormigón con fibras metálicas. Determinación de la resistencia a tracción por flexión (límite de proporcionalidad (LOP), resistencia residual).
- *Linee Guide FRC. Linea guida per l'identificazione, la qualificazione, la certificazione di valutazione tecnica ed il controllo di accettazione dei calcestruzzi fibrorinforzati FRC. Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici Servizio Tecnico Centrale (gennaio 2019).*
- *Evaluating the shear bond strength between old and new concrete through a new test method", Magazine of Concrete Research volumen 69 Issue 9, Paper 1600327. Chilwesa, Mienllu, Reggia y Plizzari.*
- RD 110/2008, de 1 de febrero, por el que se modifica el Real Decreto 312/2005, de 18 de marzo, por el que se aprueba la clasificación de los productos de construcción y de los elementos constructivos en función de sus propiedades de reacción y de Resistencia frente al fuego.
- UNE-EN 13295:2005: Productos y sistemas para la protección y reparación de estructuras de hormigón. Métodos de ensayo. Determinación de la Resistencia a la carbonatación.
- UNE-EN 13687-1:2002: Productos y sistemas para la protección y reparación de estructuras de hormigón. Métodos de ensayo. Determinación de la compatibilidad térmica. Parte 1: Ciclos de hielo-deshielo con inmersión en sales de deshielo.

11. Evaluación de la adecuación al uso

Vistas las siguientes evidencias técnicas experimentales obtenidas durante la elaboración del DAU 20/118 siguiendo los criterios definidos en el *Procedimiento Particular de Evaluación del DAU 20/118*, elaborado por el ITeC:

- resultados de los ensayos y cálculos,
- información obtenida en las visitas de obra,
- control de producción en fábrica,
- instrucciones del montaje y ejecución del sistema,
- criterios de proyecto y ejecución del sistema,

y teniendo en cuenta la metodología prescrita por el *Reglamento del DAU*, la autorización y registro del ITeC para la concesión del DAU* y lo indicado en el apartado

5.2 del artículo 5 del *Código Técnico de la Edificación*, relativo a la evaluación de productos y sistemas constructivos innovadores, se considera que el ITeC tiene evidencias para declarar que el sistema constructivo, ejecutado a partir del mortero Planitop HPC Floor fabricado en la planta de producción de Robbiano di Mediglia (Milán), y construido de acuerdo con las instrucciones que constan en este DAU, es adecuado para el refuerzo y la reparación de forjados de hormigón armado puesto que da respuesta a los requisitos reglamentarios relevantes en materia de resistencia mecánica y estabilidad, protección contra incendios, seguridad de uso, salud e higiene, así como los requisitos de durabilidad y servicio.

En consecuencia, y una vez sometido este documento a la consideración de la Comisión de Expertos y recogidos los comentarios realizados por la Comisión, el ITeC otorga el DAU al producto de Mapei Spain SA.

La validez del DAU queda sujeta a las acciones y condiciones de seguimiento que se especifican en el capítulo 12 y a las condiciones de uso del capítulo 13.

(*) El ITeC es un organismo autorizado para la concesión del DAU (BOE 94, 19 abril 2002) para productos de construcción (edificación e ingeniería civil) y está inscrito en el Registro General del CTE: <https://www.codigotecnico.org/RegistroCTE/OrganismosAutorizados.html>.

DAU 20/118
Documento
de adecuación al uso



El Director Técnico del ITeC



12. Seguimiento del DAU

El presente DAU queda sujeto a las acciones de seguimiento que periódicamente lleva a cabo el ITeC, de acuerdo con lo establecido en el *Reglamento del DAU*. El objeto de este seguimiento es comprobar que las características del producto y del sistema constructivo, así como las condiciones de puesta en obra y de fabricación, siguen siendo válidas para los usos a los que el sistema está destinado.

En caso de que existan cambios relevantes que afecten a la validez del DAU, éstos darán lugar a una nueva edición del DAU que anulará a la anterior (esta nueva edición tomará el mismo código del DAU que anula y una nueva letra de edición).

Cuando las modificaciones sean menores y no afecten a la validez del DAU, éstas se recogerán en una lista de modificaciones, que se incorporará como capítulo 15 del DAU; además, dichas modificaciones se incorporarán al texto del DAU.

El usuario del DAU debe consultar siempre la versión informática del DAU disponible en formato pdf en la página web del ITeC itec.es, para así cerciorarse de las posibles revisiones del mismo que hayan podido ocurrir durante su vigencia. Este documento es también accesible a través del código QR que consta en el sello del DAU.

13. Condiciones de uso del DAU

La concesión del DAU no supone que el ITeC sea responsable de:

- La posible presencia o ausencia de patentes, propiedad intelectual o derechos similares existentes en el producto objeto del DAU o en otros productos, ni de derechos que afecten a terceras partes o al cumplimiento de obligaciones hacia estas terceras partes.
- El derecho del titular del DAU para fabricar, distribuir, instalar o mantener el producto objeto de DAU.
- Las obras reales o partidas individuales en que se instale, se use y se mantenga el producto; tampoco es responsable de su naturaleza, diseño o ejecución.

Asimismo, el DAU nunca podrá interpretarse como una garantía, compromiso o responsabilidad del ITeC respecto a la viabilidad comercial, patentabilidad, registrabilidad o novedad de los resultados derivados de la elaboración del DAU. Es, pues, responsabilidad del titular del DAU la comprobación de la viabilidad, patentabilidad y registrabilidad del producto.

La evaluación del DAU no supone la conformidad del producto con los requisitos previstos por la normativa de seguridad y salud o de prevención de riesgos laborales, en relación con la fabricación, distribución, instalación, uso y mantenimiento del producto. Por lo tanto, el ITeC no se responsabiliza de las pérdidas o daños personales que puedan producirse debido a un incumplimiento de requisitos propios del citado marco normativo.

14. Lista de modificaciones de la presente edición

La versión informática del DAU recoge, si las hubiera, las actualizaciones, modificaciones y correcciones de la edición B del DAU 20/118, indicando para cada una de ellas su fecha de incorporación a la misma, de acuerdo con el formato de la tabla siguiente. Los cambios recogidos en la tabla se incorporan también al texto del DAU, que se encuentra disponible en la página web del Instituto, itec.es.

El usuario del DAU debe consultar siempre esta versión informática del DAU para así cerciorarse de las posibles revisiones del mismo que hayan podido ocurrir durante su vigencia.



**Institut de
Tecnologia de la Construcció
de Catalunya**

Wellington 19
ES08018 Barcelona
T +34 933 09 34 04
qualprod@itec.cat
itec.es

