



DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA: N.º 603R/25

Esta versión del documento es un corrigendum del DIT con el mismo número firmado el 23/01/2025 al cual anula y sustituye

Código seguro de Verificación : GEN-3e50-7347-5e22-4798-f38a-f732-5795-34aa | Puede verificar la integridad de este documento en la siguiente dirección : <https://sede.administracion.gob.es/pagSedeFront/servicios/consultaCSV.htm>

Publicación emitida por el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja. Prohibida su reproducción sin autorización.

Área genérica / Uso previsto:

Sistemas de refuerzo de estructuras de edificación de hormigón

Nombre comercial:

SISTEMA PROPAM® CARBOCOM

Beneficiario:

**PROPAMSA S.A.U –
MOLINS CONSTRUCTION SOLUTIONS**

Sede social:

Ctra. N-340, km 1.242,3
Polígono Industrial Les Fallules
08620 SANT VICENÇ DELS HORTS
(Barcelona). España

**Validez. Desde:
Hasta:**

21 de enero de 2025
21 de enero de 2030
(Condicionada a seguimiento anual)

Este Documento consta de 25 páginas



MIEMBRO DE:

UNIÓN EUROPEA PARA LA EVALUACIÓN DE LA IDONEIDAD TÉCNICA EN CONSTRUCCIÓN
UNION EUROPEENNE POUR L'AGREMENT TECHNIQUE DANS LA CONSTRUCTION
EUROPEAN UNION FOR TECHNICAL APPROVAL IN CONSTRUCTION
EUROPÄISCHE UNION FÜR DAS AGREMENT IN BAUWESEN



MUY IMPORTANTE

El DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA constituye, por definición, una apreciación técnica favorable por parte del Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, de la aptitud de empleo en construcción de materiales, sistemas y procedimientos no tradicionales destinados a un uso determinado y específico. No tiene, por sí mismo, ningún efecto administrativo, ni representa autorización de uso, ni garantía. La responsabilidad del IETcc no alcanza a los aspectos relacionados con la Propiedad Intelectual o la Propiedad Industrial ni a los derechos de patente del producto, sistema o procedimientos de fabricación o instalación que aparecen en el DIT.

Antes de utilizar el material, sistema o procedimiento al que se refiere, es preciso el conocimiento íntegro del Documento, por lo que este deberá ser suministrado, por el titular del mismo, en su totalidad.

La modificación de las características de los productos o el no respetar las condiciones de utilización, así como las observaciones de la Comisión de Expertos, invalida la presente evaluación técnica.

C.D.U.: 695.059.32
Refuerzo de estructuras
Structural reinforcement
Renforcement de structures

DECISIÓN NÚM. 603R/25

EL DIRECTOR DEL INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA CONSTRUCCIÓN EDUARDO TORROJA,

- en virtud del Decreto n.º 3652/1963, de 26 de diciembre, de la Presidencia del Gobierno, por el que se faculta al Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, para extender el DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA de los materiales, sistemas y procedimientos no tradicionales de construcción utilizados en la edificación y obras públicas, y de la Orden n.º 1265/1988, de 23 de diciembre, del Ministerio de Relaciones con las Cortes y de la Secretaría del Gobierno, por la que se regula su concesión,
- considerando el artículo 5.2, apartado 5, del Código Técnico de la Edificación (en adelante CTE) sobre conformidad con el CTE de los productos, equipos y sistemas innovadores, que establece que un sistema constructivo es conforme con el CTE si dispone de una evaluación técnica favorable de su idoneidad para el uso previsto,
- considerando las especificaciones establecidas en el Reglamento para el Seguimiento del DIT del 28 de octubre de 1998,
- en virtud de los vigentes Estatutos *de l'Union Européenne pour l'Agrément technique dans la construction (UEAtc)*,
- de acuerdo a la solicitud formulada por la empresa PROPAMSA S.A.U. - MOLINS CONSTRUCTION SOLUTIONS, para la RENOVACIÓN del DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA N.º 603R/19 concedido a los **Sistemas de refuerzo de estructuras de edificación de hormigón armado PROPAM® CARBOCOM**,
- teniendo en cuenta los informes de visitas a obras y fábricas realizadas por representantes del Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, los informes de los ensayos realizados en el IETcc o en otros laboratorios, así como las observaciones formuladas por la Comisión de Expertos para este Sistema, establecida conforme al Reglamento del DIT,

DECIDE:

Renovar el DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA número 603R/19, **Sistemas de refuerzo de estructuras de edificación de hormigón armado PROPAM® CARBOCOM**, con el número 603R/25, considerando que, la evaluación técnica realizada permite concluir que el Sistema es **CONFORME CON EL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN (CTE)**, siempre que se respete el contenido completo del presente Documento y en particular las siguientes condiciones:



CONDICIONES GENERALES

El presente DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA evalúa exclusivamente el Sistema constructivo propuesto por el beneficiario y tal y como se describe en el presente Documento, debiendo para cada caso, de acuerdo con la Normativa vigente, acompañarse del preceptivo proyecto técnico y llevarse a término mediante la oportuna dirección de obra. Será el proyecto técnico el que contemple las acciones que el Sistema transmite a la estructura general del edificio, asegurando que éstas son admisibles.

En cada caso, el proyecto de reparación, realizado por el autor del proyecto y/o por la Dirección Facultativa, deberá incluir la memoria de cálculo que justifique el adecuado comportamiento del sistema frente a las acciones previstas. PROPAMSA S.A.U. - MOLINS CONSTRUCTION SOLUTIONS proporcionará toda la información técnica de los sistemas de reparación, y asistencia técnica suficiente, que permitan al autor del proyecto y/o a la Dirección Facultativa el cálculo y definición para su ejecución, incluyendo toda la información necesaria de cada uno de los componentes.

CONDICIONES DE CÁLCULO

En cada caso, el beneficiario del DIT comprobará, de acuerdo con las condiciones de cálculo indicadas en el Informe Técnico de este DIT, la estabilidad, resistencia y deformaciones admisibles, justificando la adecuación del sistema para soportar los esfuerzos mecánicos que puedan derivarse de las acciones correspondientes a los estados límite último y de servicio, en las condiciones establecidas por la Normativa en vigor y para la situación geográfica concreta.

CONDICIONES DE FABRICACIÓN Y CONTROL

El fabricante deberá mantener el autocontrol que realiza en la actualidad sobre las materias primas, proceso de fabricación y producto acabado conforme a las indicaciones del apartado 5 del presente Documento.

CONDICIONES DE UTILIZACIÓN Y DE PUESTA EN OBRA

Los Sistemas PROPAM® CARBOCOM están previstos para el refuerzo de estructuras de edificación de hormigón armado.

La puesta en obra del Sistema debe ser realizada por empresas especializadas y cualificadas, reconocidas por PROPAMSA S.A.U. - MOLINS CONSTRUCTION SOLUTIONS. Dichas empresas garantizarán que la utilización del Sistema se efectúa en las condiciones y campos de aplicación cubiertos por el presente Documento respetando las observaciones formuladas por la Comisión de Expertos.

Se adoptarán todas las disposiciones necesarias relativas a la estabilidad de las construcciones durante el montaje, a los riesgos de caída de cargas suspendidas, de protección de personas y, en general, se tendrán en cuenta las disposiciones contenidas en los reglamentos vigentes de Seguridad y Salud en el Trabajo.

VALIDEZ

El presente DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA N.º 603R/25 sustituye y anula el documento N.º 603R/19 y es válido durante un período de cinco años a condición de:

- que el fabricante no modifique ninguna de las características del producto indicadas en el presente Documento de Idoneidad Técnica,
- que el fabricante realice un autocontrol sistemático de la producción tal y como se indica en el Informe Técnico,
- que anualmente se realice un seguimiento, por parte del Instituto, que constate el cumplimiento de las condiciones anteriores, visitando, si lo considera oportuno, alguna de las realizaciones más recientes.

Con el resultado favorable del seguimiento, el IETcc emitirá anualmente un certificado que deberá acompañar al DIT, para darle validez.

Este Documento deberá, por tanto, renovarse antes del 21 de enero de 2030.

D. Ángel Castillo Talavera

EL DIRECTOR DEL INSTITUTO DE CIENCIAS
DE LA CONSTRUCCIÓN EDUARDO TORROJA



INFORME TÉCNICO

1. OBJETO

Los sistemas de refuerzo PROPAM® CARBOCOM se basan en el empleo de materiales compuestos por fibras de carbono, que se adhieren externamente en estructuras de edificación de hormigón, con el que se consigue aumentar su resistencia y de esta manera incrementar las condiciones de seguridad existentes.

2. PRINCIPIO Y DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

El sistema PROPAM® CARBOCOM, está formado por una cantidad variable de fibras altamente resistentes, embebidas en una matriz de resina epoxídica sintética adherente y de propiedades determinadas.

Típicamente la relación fibra / resina es de un 65 % a 70 % para láminas preformadas (PROPAM® CARBOCOM P) y entre 20 % y 30 % para hojas de fibras impregnadas *in situ* (PROPAM® CARBOCOM F). El armado principal y el esqueleto resistente lo aporta la fibra, y la transmisión de esfuerzos rasantes entre fibras, y el soporte lo proporciona el adhesivo o matriz empleada.

El comportamiento resistente del compuesto viene determinado por la calidad, cantidad, orientación y distribución de las fibras en la sección y el porcentaje en resinas constitutivas de la matriz. La fabricación del material compuesto puede ser mediante un proceso industrializado (PROPAM® CARBOCOM P) o puede realizarse *in situ* de forma manual o mecanizada (PROPAM® CARBOCOM F).

Para garantizar el éxito del refuerzo, se debe asegurar una unión perfecta entre el compuesto PROPAM® CARBOCOM P o PROPAM® CARBOCOM F y el soporte, tal que permita una correcta transmisión de esfuerzos entre el elemento y el compuesto resistente. Un fallo de adherencia entre el soporte y el compuesto, o entre los componentes del compuesto, conduce irrevocablemente a un fallo del refuerzo. Para ello los sistemas constan de productos específicos diseñados para su aplicación, y protocolos de puesta en obra.

Estos métodos son recomendados para:

- Reparar elementos de hormigón armado degradados por acciones físico-mecánicas.
- Aumentar la capacidad resistente de elementos de hormigón armado para obras sometidas a un aumento de cargas de servicio.

El campo de aplicación de estos métodos es el de estructuras de hormigón armado de edificación convencional y edificios industriales, con cargas de carácter principalmente estático, como, por ejemplo: residencial, administrativo, sanitario, docente, etc. y aparcamiento de vehículos ligeros

(30 kN de carga máxima en el eje). No quedan cubiertas las cargas no estáticas de naturaleza repetitiva continuada, que podrían dar lugar a fatiga.

La utilización en zona sísmica, así como el caso de exigencias susceptibles de cambios de sentido de los esfuerzos, no quedan evaluados en este Documento.

Otras aplicaciones distintas a las contempladas en este documento, y especialmente los refuerzos de elementos constituidos por materiales distintos al hormigón armado, no han sido evaluados y no quedan cubiertos por este Documento.

Por su orientación unidireccional y anisótropa, PROPAM® CARBOCOM P y PROPAM® CARBOCOM F, sólo funcionan en una dirección y no permiten anclajes pasantes, ya que pueden presentarse desgarro.

Las fibras de carbono aguantan temperaturas bastante altas, sin embargo, la resina empieza a degradarse a partir de su temperatura de transición vítrea (T_g).

Se evaluará, en cada caso, la necesidad de colocar un elemento de protección que evite que la temperatura en el refuerzo alcance la temperatura de transición vítrea de la resina por condiciones ambientales o de uso. En cualquier caso, la estructura reforzada con el Sistema PROPAM® CARBOCOM deberá cumplir la normativa vigente relativa a protección contra incendios (CTE – DB-SI y UNE – EN 13501-1⁽¹⁾).

2.1 Sistema PROPAM® CARBOCOM P

El sistema PROPAM® CARBOCOM P para refuerzo estructural, consiste en la adhesión superficial de compuestos preformados a base de fibra de carbono en una matriz de resina epoxídica altamente resistentes.

Los laminados PROPAM® CARBOCOM P presentan una orientación de fibras unidireccional, en formato semirrígido y en rollos. Los laminados tienen un mínimo de 68 % de fibras por sección.

El proceso de fabricación de los laminados incorpora la fibra de carbono en una matriz epoxi, mediante un procedimiento completamente industrializado y de estricto control de calidad. Esto permite garantizar las propiedades resistentes de los refuerzos realizados mediante el módulo elástico, la resistencia a rotura y la elongación última.

La fibra de carbono empleada en el sistema PROPAM® CARBOCOM P presenta una curva tensión-deformación completamente lineal hasta rotura.

y elementos para la edificación. Parte 1: Clasificación a partir de datos obtenidos en ensayos de reacción al fuego.

(1) UNE-EN 13501-1: 2019. Clasificación en función del comportamiento frente al fuego de los productos de construcción



El sistema PROPAM® CARBOCOM P consta de los siguientes productos diseñados para su aplicación:

- **PROPAM® CARBOCOM P:** Laminado preformado que aporta la resistencia mecánica del material compuesto.
- **PROPAM® REPAR EPO 93:** Se trata de una imprimación epoxi sin disolventes, que se aplica sobre el elemento a reparar para garantizar la adherencia y anclaje del refuerzo con dicho elemento.
- **PROPAM® CARBOCOM EPO P:** Es una resina epoxi de adhesión espatulable que sirve para regularizar el soporte, adherir y transferir esfuerzos entre el soporte y el compuesto resistente.

2.2 Sistema PROPAM® CARBOCOM F

El sistema PROPAM® CARBOCOM F comprende el uso de tejidos de fibras de carbono (CF) para el refuerzo estructural basado en la impregnación y adhesión de la fibra a partir de un sistema completo de resinas. Mediante el refuerzo por adhesión de materiales compuestos de elevadas prestaciones se consigue la absorción de tracciones: incrementando la respuesta a flexión, a cortante y confinando elementos comprimidos.

Los tejidos ejecutados in situ presentan entre un 20 y un 30 % de fibras por sección y su módulo elástico dependerá principalmente de su aplicación.

El sistema de refuerzo PROPAM® CARBOCOM F está compuesto por los tejidos de fibra de carbono específicos en cada caso y además por una serie de productos diseñados para su aplicación.

- **PROPAM® CARBOCOM F:** Tejidos unidireccionales de fibras de carbono (tipo CF) que aporta la resistencia mecánica del material compuesto.
- **PROPAM® REPAR EPO 93:** Se trata de una imprimación que se aplica sobre el elemento a reparar para garantizar la adherencia y anclaje del refuerzo con el soporte del elemento a reparar.
- **PROPAM® CARBOCOM EPO F:** para la impregnación y adhesión de la fibra al soporte, mediante la aplicación en dos capas.

3. MATERIALES Y COMPONENTES

3.1 PROPAM® CARBOCOM EPO P

Se trata de un adhesivo epoxi en dos componentes exento de disolventes. Su aplicación asegura una correcta transmisión de esfuerzos y una compatibilidad de deformaciones entre el laminado y el soporte.

(2) UNE-EN 1504-4:2005. Productos y sistemas para la protección y reparación de estructuras de hormigón. Definiciones, requisitos, control de calidad y evaluación de la conformidad. Parte 4: Adhesión estructural.

Cuenta con marcado CE, cumpliendo con los requerimientos de la UNE-EN 1504-4⁽²⁾. Sus características se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Características del adhesivo PROPAM® CARBOCOM EPO P

Características	Métodos de ensayo	Un	Valores
Densidad 20 °C	-	g/cm ³	1,7
Pot life* a 25 °C	-	min	60
Tiempo abierto 23 °C	UNE-EN 12189	min	40
Endurecimiento total	UNE EN 13733:2002	días	≥ 7
Temperatura de aplicación	-	°C	+8 a +30
Adhesión a tracción	UNE-EN 1542	MPa	Rotura en hormigón
Adhesión hormigón endurecido – hormigón endurecido	UNE-EN 12636	MPa	Rotura en hormigón
Adhesión acero – acero	UNE-EN 12188	MPa	> 14
Resistencia al cizallamiento oblicuo:	UNE-EN 12188	MPa	50° > 50 60° > 60 70° > 70
Resistencia a cizallamiento:	UNE-EN 12188	MPa	> 50
Resistencia a compresión	UNE-EN 12190	MPa	> 75 > 6000
Temperatura de transición vítrea - Tg	UNE-EN 12614	°C	53
Retracción lineal:	UNE-EN 12617-1	%	< 0,1
Coefficiente de dilatación térmica:	UNE-EN 1770	m/m°C	< 100·10 ⁻⁶
Durabilidad composite ciclos térmicos:	EN 13733	-	Rotura en hormigón Rotura en hormigón

Los tiempos de endurecimiento están medidos a 20 °C y 65 % de H.R. Temperaturas superiores y/o H.R. inferiores pueden acortar estos tiempos y viceversa.

Los datos técnicos reflejados son fruto de resultados estadísticos y no representan mínimos garantizados.

Pot Life : Tiempo que dura la mezcla una vez realizada y durante el cual todavía es utilizable manteniendo todas sus propiedades.

3.2 PROPAM® REPAR EPO 93

Es la imprimación previa a la aplicación de la resina de adhesión espatulable PROPAM® CARBOCOM EPO P en el sistema de refuerzo de estructuras PROPAM® CARBOCOM P y previa a la aplicación de la resina de impregnación PROPAM® CARBOCOM EPO F en el sistema PROPAM® CARBOCOM F. Se trata de una resina epoxi, en dos componentes, fluida y exenta de disolventes. Cuenta con marcado CE, cumpliendo con los requerimientos de la UNE-EN 1504-4⁽³⁾. Sus características se muestran en la Tabla 2.

(3) UNE-EN 1504-4:2005. Productos y sistemas para la protección y reparación de estructuras de hormigón. Definiciones, requisitos, control de calidad y evaluación de la conformidad. Parte 4: Adhesión estructural.



Tabla 2. Características de la imprimación PROPAM® REPAR EPO 93

Características	Métodos de ensayo	Un	Valores
Densidad (20 °C)	UNE-EN ISO 2811-1	g/cm ³	≥ 1,05
Tiempo abierto	–	minutos	45
Temperatura de aplicación (soporte y material)	–	°C	de +10 a +30
Hormigón-hormigón	UNE-EN 12636	MPa	≥ 3
Resistencia a compresión	DIN 53454	MPa	60
Adherencia sobre hormigón	UNE-EN ISO 4624:2003	MPa	Rotura del hormigón

Los tiempos de endurecimiento están medidos a 20 °C y 65 % de H.R. Temperaturas superiores pueden acortar estos tiempos y viceversa.

3.3 PROPAM® CARBOCOM P

Se trata de un laminado preformado de fibra de carbono unidireccional para refuerzo de elementos estructurales.

PROPAM® CARBOCOM P se suministra bajo el formato de espesores de 1,2 y 1,4 mm y con diferentes anchos de laminado: 50, 80, 100 y 120 mm. (*Otros formatos bajo pedido).

Sus características se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Características del laminado preformado unidireccional PROPAM® CARBOCOM P

Características	Unidad	Valores
Espesor efectivo	mm	1,2 y 1,4
Módulo de elasticidad medio	MPa	≥ 170 000
Tensión de rotura (valor medio)	MPa	2700
Tensión de rotura (valor mínimo)	MPa	2500
Elongación a rotura	%	> 1,6

3.4 PROPAM® CARBOCOM F

Se trata de unos tejidos unidireccionales de fibras de carbono (tipo CF). PROPAM® CARBOCOM, presenta dos tipos de hoja de fibra, las cuales difieren entre sí por su gramaje.

Sus características se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Características del tejido unidireccional PROPAM® CARBOCOM F

Características	Un	PROPAM®	PROPAM®
		CARBOCOM F 225	CARBOCOM F 300
Espesor efectivo	mm	0,125	0,167
Peso hoja:	g/m ²	225	300
Módulo de elasticidad	MPa	230.000	230.000

(4) UNE-EN 1504-4:2005. Productos y sistemas para la protección y reparación de estructuras de hormigón.

Características	Un	PROPAM®	PROPAM®
		CARBOCOM F 225	CARBOCOM F 300
Resistencia a tracción	MPa	4.000	4.000
Elongación a rotura	%	1,6	1,6
Densidad fibra media:	g/cm ³	1,80	1,80

Los datos técnicos reflejados son fruto de resultados estadísticos y no representan mínimos garantizados.

3.5 PROPAM® CARBOCOM EPO F

Se trata de una resina epoxi en dos componentes, para la impregnación, fijación y estructuración de los tejidos de fibra de carbono PROPAM® CARBOCOM F para refuerzo de estructuras.

Es un material de fácil aplicación fluida y exenta de disolventes que presenta elevadas resistencias y una adherencia adecuada.

Cuenta con marcado CE, cumpliendo con los requerimientos de la UNE-EN 1504-4⁽⁴⁾.

Sus características se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5. Características de la resina de impregnación PROPAM® CARBOCOM EPO F

Características	Métodos de ensayo	Un	Valores
Densidad 20 °C	–	g/cm ³	1,1
Pot life* a 25 °C	–	min	40
Tiempo abierto 23 °C	UNE-EN 12189	min	30
Endurecimiento total	UNE EN 13733:2002	días	≥ 7
Temperatura de aplicación	–	°C	+8 a +30
Adhesión a tracción	UNE-EN 1542	–	Rotura en hormigón
Adhesión hormigón endurecido – hormigón endurecido	UNE-EN 12636	–	Rotura en hormigón
Adhesión acero-acero	UNE-EN 12188	MPa	> 14
Resistencia al cizallamiento oblicuo:	UNE-EN 12188	MPa	50° > 50 60° > 60 70° > 70
Resistencia a cizallamiento:	UNE-EN 12188	MPa	> 50
Resistencia a compresión	UNE-EN 12190	MPa	> 65
Módulo Elasticidad en compresión	UNE-EN 13412	MPa	> 2000
Temperatura de transición vítrea - Tg	UNE-EN 12614	°C	51
Retracción lineal:	UNE-EN 12617-1	%	< 0,1
Coefficiente de dilatación térmica:	UNE-EN 1770	m/m°C	< 100·10 ⁻⁶

Los tiempos de endurecimiento están medidos a 20 °C y 65 % de H.R. Temperaturas superiores y/o H.R. inferiores pueden acortar estos tiempos y viceversa. Los datos técnicos reflejados son fruto de resultados estadísticos y no representan mínimos garantizados.

Definiciones, requisitos, control de calidad y evaluación de la conformidad. Parte 4: Adhesión estructural.



* Pot Life: Tiempo que dura la mezcla una vez realizada y durante el cual todavía es utilizable manteniendo todas sus propiedades

3.6 Productos complementarios

En el caso de ser necesaria una reparación previa del soporte, PROPAMSA S.A.U.- MOLINS CONSTRUCTION SOLUTIONS, cuenta con una serie de productos indicados para realizar dichas reparaciones y así garantizar una adecuada transferencia de esfuerzos entre fibra y estructura, garantizando un soporte regular y libre de daños que puedan afectar el comportamiento del refuerzo aplicado.

El Sistema también dispone de productos que pueden complementar el sistema aumentando las transferencias de cargas o mejorando el anclaje a la estructura.

3.6.1 PROPAM® CARBOCOM CONNECTOR

Sistema de anclaje de fibra de carbono diseñado para ser aplicado en obra con las resinas PROPAM® CARBOCOM EPO P y PROPAM® CARBOCOM EPO F y crear de ese modo una conexión estructural. Estos anclajes no se tienen en cuenta a efectos de cálculo del refuerzo.

El componente PROPAM® CARBOCOM CONNECTOR consiste en una varilla de fibras de carbono de 350 mm de longitud total, conformada en un extremo en un cilindro rugoso en los posibles diámetros de 6-8-10 mm de diámetro y 140 mm de longitud, para facilitar su instalación en obra. El otro extremo está formado por filamentos de fibra de carbono libres y flexibles. El tramo intermedio queda semi-impregnado con una longitud ≤ 100 mm. Sus características se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6. Características de los conectores PROPAM® CARBOCOM CONNECTOR

Características	Parte conformada	Parte flexible
Módulo Elástico (GPa)	>155	>230
Resistencia a tracción (MPa)	>2800	>4000
Contenido en fibra (%)	65	100
Densidad (g/cm3)	1,6 – 1,65	1,8
Elongación a rotura (%)	>1,7	>2

(5) UNE-EN 1504-7:2007. Productos y sistemas para la protección y reparación de estructuras de hormigón. Definiciones, requisitos, control de calidad y evaluación de la conformidad. Parte 7: Protección contra la corrosión de armaduras.

(6) 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.

(7) UNE-EN 1504-5:2014. Productos y sistemas para la protección y reparación de estructuras de hormigón. Definiciones, requisitos, control de calidad y evaluación de la

Se utiliza como anclaje mecánico y conexión estructural, aumentando la transferencia de cargas entre los sistemas PROPAM® CARBOCOM y el hormigón a reforzar. Especialmente indicado en la ejecución de refuerzos a cortante con tejidos de fibra de carbono PROPAM® CARBOCOMP F.

3.6.2 PROPAM® REPAR PRIM

Se trata de una imprimación activa que no sólo reinstaura un ambiente de elevado pH sino que también contiene aditivos inhibidores de la corrosión para la protección del acero de las armaduras. Una vez mezclado con agua puede aplicarse con una brocha sobre el armado limpio.

Cumple los requisitos de la UNE-EN 1504-7⁽⁵⁾

3.6.3 Gama REPAR o REPAR TECHNO

Se trata de una gama de morteros de reparación, monocomponentes, tixotrópicos o fluidos, sulfurosistentes, de alta adherencia, sin retracción, con altas resistencias mecánicas y reforzados con fibras.

Cumplen con los requerimientos de la norma europea UNE-EN 1504-3⁽⁶⁾, para los morteros de reparación estructural de clase R3 o R4.

3.6.4 PROPAM® INJECT 100 EPO

Se trata de una resina epoxídica bicomponente fluida, sin disolvente, para la inyección de fisuras.

La inyección se realiza mediante un equipo de presión específico para resinas.

Cumple los requisitos de la UNE-EN 1504-5⁽⁷⁾.

3.6.5 PROPAM® REPAR EPO 920

Se trata de un mortero epoxi tixotrópico de dos componentes para reparaciones en superficies verticales y horizontales.

Cumple con los requerimientos de la norma europea UNE-EN 1504-4⁽⁸⁾.

3.6.6 PROPAM® CARBOPAINT

Recubrimiento anticarbonatación elástico a base de acrilatos para la protección de estructuras de hormigón. Cumple los requisitos de la UNE-EN 1504-2⁽⁹⁾.

conformidad. Parte 5: Productos y sistemas para inyección del hormigón.

(8) UNE-EN 1504-4:2005. Productos y sistemas para la protección y reparación de estructuras de hormigón. Definiciones, requisitos, control de calidad y evaluación de la conformidad. Parte 4: Adhesión estructural.

(9) UNE-EN 1504-2:2005. Productos y sistemas para la protección y reparación de estructuras de hormigón. Definiciones, requisitos, control de calidad y evaluación de la conformidad. Parte 2: Sistemas de protección superficial para el hormigón.



4. FABRICACIÓN

Los componentes de los sistemas son fabricados por PROPAMSA, S.A.U., MOLINS CONSTRUCTION SOLUTIONS y por diversos proveedores, todos ellos bajo sistemas de calidad acordados por las empresas.

4.1 Proceso de fabricación de PROPAM® CARBOCOM P

El proceso de producción es por pultrusión. Las mechas de fibra de carbono están tensadas hasta el final de la línea para que los filamentos estén alineados. Estas mechas pasan por unas guías que las dirigen a un baño de resina. De ahí entran en un molde con una temperatura y presión determinadas donde polimerizan. Del molde sale a una bandeja donde enfría, confinada y de manera controlada. A continuación, salen los laminados a una mesa donde se realiza el control geométrico (ancho, flecha y planicidad), según unas tolerancias. Luego pasa a un cortador y un enrollador y, a continuación, se etiqueta el producto.

4.2 Proceso de fabricación de PROPAM® CARBOCOM F

La fábrica consiste en un telar, donde se van tejiendo los diferentes tipos de tejido de carbono, los cuales se sujetan entre sí mediante hilos de poliéster.

4.3 Proceso de fabricación de PROPAM® REPAR EPO 93, PROPAM® CARBOCOM EPO P, PROPAM® CARBOCOM EPO F

Una vez recibidas las materias primas de su formulación, éstas se introducen, respectivamente y por separado, en las máquinas mezcladoras adecuadas para cada viscosidad, a medida que se van añadiendo los distintos aditivos para cada producto en su respectiva dosificación. Una vez obtenido el producto final, se realiza el control de calidad para cada lote y se envasa en su envase correspondiente.

4.4 Proceso de fabricación de PROPAM® CARBOCOM CONNECTOR

Los conectores se fabrican mediante el mismo proceso de pultrusión que se utiliza para los laminados. Se crea un proceso en continuo mediante el cual las fibras de carbono tensionadas pasan a través de un baño de resina que sube y baja para obtener secciones impregnadas y secciones sin impregnar permitiendo el moldeo en continuo. Posteriormente se cortan en tramos de varilla (parte impregnada) y fibra (parte no impregnada) a una longitud por encima de las especificaciones. En un segundo paso se corta el material a las especificaciones de producto: 14 cm varilla, y 21 cm fibras con un intervalo máximo de 10 cm semi impregnado.

5. CONTROL DE CALIDAD

5.1 Control de fabricación

Los componentes del sistema PROPAM® CARBOCOM son fabricados bajo el control de calidad estipulado por PROPAMSA S.A.U. - MOLINS CONSTRUCTION SOLUTIONS.

5.2 Control de recepción

A la llegada del material a la obra se comprobarán y anotarán (aceptación o rechazo) los siguientes aspectos:

- Cómputo de las cantidades recibidas.
- Comprobación de la denominación de los productos y de la correcta identificación de la totalidad de envases de las resinas y su fecha límite de uso, que deberá estar claramente indicada en cada uno de los envases.
- Inspección visual del estado de los envases descartando aquellos que presenten roturas con pérdida de material.
- Comprobación de la identificación de la fibra (tipo, gramaje, etc) y de las dimensiones comprobando que los laminados no sufren delaminaciones ni fisuras.
- Inspección visual del estado de las hojas de PROPAM® CARBOCOM F comprobando que no existe daño ni desmadejamiento de la fibra y de los rollos de PROPAM® CARBOCOM P comprobando que los laminados no sufren delaminaciones ni fisuras.

5.3 Control de puesta en obra

Previo al inicio de la puesta en obra, se deberán realizar los ensayos necesarios para determinar las características mecánicas del hormigón de los elementos a reforzar.

Es responsabilidad de la empresa aplicadora el cumplimiento de dicho Plan de Control. La dirección de la empresa aplicadora designará un responsable técnico de los trabajos, convenientemente especializado, el cual se responsabilizará del cumplimiento de dicho plan de control de calidad. Durante toda la realización de la obra, la empresa aplicadora procederá a diferentes controles definidos por el Plan de Control con el fin de asegurar una puesta en obra de conformidad con las exigencias descritas por el presente Documento y, de este modo, conseguir los comportamientos mecánicos mencionados.

Durante la obra se comprobará que los materiales se almacenan en las condiciones adecuadas descritas para cada producto en el Plan de Control.

6. ETIQUETADO, EMBALAJE, ALMACENAJE, MANIPULACIÓN Y TRANSPORTE

6.1 Etiquetado y embalaje

PROPAM® CARBOCOM P se suministra en rollos de 100 m, (otros formatos bajo pedido).



Los laminados PROPAM® CARBOCOM P vienen identificados con una etiqueta en la que quedan recogidos, como mínimo, los siguientes datos:

- Marca comercial.
- Tipo de laminado y anchura.
- Número de lote, que permita su trazabilidad.

El adhesivo epoxi espatulable exento de disolventes PROPAM® CARBOCOM EPO P, formado por dos componentes, se suministra en conjuntos de 5 kg.

Cada envase está identificado por una etiqueta en la que quedan recogidos, como mínimo, los siguientes datos:

- Marca comercial.
- Número de lote, compuesto por la fecha de fabricación que permita su trazabilidad.
- Periodo de utilización.

PROPAM® CARBOCOM F se suministra en rollos de 100 m² (otros formatos bajo pedido).

El tejido de carbono PROPAM® CARBOCOM F se identifican con una etiqueta en el embalaje en la que quedan recogidos, como mínimo, los siguientes datos:

La resina epoxi de impregnación exenta de disolventes, PROPAM® CARBOCOM EPO F, formada por dos componentes, se suministra en conjuntos de 5 kg.

Cada envase está identificado por una etiqueta en la que quedan recogidos, como mínimo, los siguientes datos:

- Marca comercial.
- Número de lote, compuesto por la fecha de fabricación que permita su trazabilidad.
- Periodo de utilización.

La resina epoxi de imprimación e impregnación fluida y exenta de disolventes PROPAM® REPAR EPO 93, formada por dos componentes, se suministra en conjuntos de 2 y 5 kg.

Cada envase está identificado por una etiqueta en la que quedan recogidos, como mínimo, los siguientes datos:

- Marca comercial.
- Número de lote, compuesto por la fecha de fabricación que permita su trazabilidad.
- Periodo de utilización.

6.2 Almacenaje

PROPAM® CARBOCOM EPO P, PROPAM® CARBOCOM EPO F, PROPAM® REPAR EPO 93, pueden almacenarse durante 18 meses en lugar fresco y seco (+15 - 25 °C y 70 % humedad) y en sus envases originales cerrados.

PROPAM® CARBOCOM P, y PROPAM® CARBOCOM F deben almacenarse en lugar fresco

y seco (+15 a 25 °C y 70 % humedad), lejos de la luz directa del sol, las llamas u otros peligros.

6.3 Manipulación y transporte

Para la manipulación de este producto deberán observarse las medidas preventivas habituales en el manejo de productos químicos, por ejemplo, no comer, fumar ni beber durante el trabajo y lavarse las manos antes de una pausa y al finalizar el trabajo.

Puede consultarse la información específica de seguridad en el manejo y transporte de este producto en la Hoja de Datos de Seguridad del mismo.

La eliminación del producto y su envase debe realizarse de acuerdo con la legislación vigente y es responsabilidad del poseedor final del producto.

Para la manipulación de los productos se seguirán las instrucciones del fabricante, recogidas en sus fichas técnicas, debiendo emplearse guantes y gafas protectoras y prestando especial atención a la ventilación.

7. PUESTA EN OBRA

7.1 Consideraciones previas

La puesta en obra del sistema debe ser realizada por empresas cualificadas y especializadas en la reparación de estructuras de hormigón, aplicación de refuerzos con fibra de carbono en general, y en aplicación de resinas sintéticas en particular. Dichas empresas deberán estar homologadas y/o reconocidas por PROPAMSA S.A.U. - MOLINS CONSTRUCTION SOLUTIONS.

Asimismo, PROPAMSA S.A.U. - MOLINS CONSTRUCTION SOLUTIONS, mediante técnico cualificado, podrá personarse en los lugares de trabajo, a fin de complementar los trabajos de supervisión de calidad.

7.2 Aplicación

7.2.1 PREPARACIÓN DEL SOPORTE

En general, es imprescindible que la superficie de contacto sea de un hormigón sano y que todo elemento extraño, que pueda afectar o perjudicar la adherencia, sea eliminado.

El soporte debe de estar limpio, seco, firme, rugoso, sin lechadas y libre de aceites y contaminantes.

Las superficies de hormigón a reforzar deberán estar en perfectas condiciones en el momento de ejecutar los trabajos de refuerzo.

Se saneará el hormigón eliminando los cuerpos extraños y zonas segregadas, reparando la superficie de las cavidades, cortando los salientes y anulando por pulido las rebabas. En caso de que la retirada de hormigón sea significativa se comprobará si en esa zona hubiera anclajes y/o solapes de barras y en tal caso se adoptarán las



medidas necesarias, como apuntalar la zona antes de sanear ya que se podrían producir fallos por adherencia.

Se inyectarán las fisuras de apertura superior a 0,5 mm con la resina epoxídica *PROPAM® INJECT 100 EPO*.

En caso de que fuera necesario, se aplicarán dos manos de imprimación inhibidora de la corrosión en base cementosa *PROPAM® REPAR PRIM* para detener el proceso de corrosión, previo a la reparación.

Se aplicará un puente de unión, de alta adherencia en base epoxi sin disolventes *PROPAM® REPAR EPO 93*, asegurándose de esta forma la mejor adherencia posible entre el hormigón viejo y el mortero de reparación.

Se aplicará un mortero de la gama *REPAR* o *REPAR TECHNO* en capas sucesivas hasta alcanzar el espesor final deseado, dándole forma convenientemente.

La humedad residual del soporte será inferior al 4 %. En caso de existir dudas sobre este valor, se realizarán determinaciones del contenido de humedad mediante higrómetro de carburo.

Se comprobará que el soporte posee una resistencia mínima a tracción de 1,5 N/mm². Se realizará al menos una determinación de la resistencia a tracción del hormigón por cada 200 metros lineales de refuerzo a aplicar.

La elección del método apropiado depende de la situación, especialmente de la extensión, del acceso en obra (trabajo en altura o no) y del tipo de elemento a reforzar. El método ideal de tratamiento de soporte, pensando en la posterior adhesión de material compuesto *PROPAM® CARBOCOM* (en cualquier formato) será aquél que elimine la lechada y cualquier resto de pintura y deje el soporte lo más regular posible. De no ser así, se requerirán trabajos previos generalizados de regularización.

No se recomiendan métodos manuales por golpeteo o repicado, tales como el abujardado, al provocar microfracturación del recubrimiento de hormigón y debilitar la sección.

Los métodos recomendados para ello son:

- Chorro de arena.
- Lijadora de diamante para hormigón.
- Agua a media y alta presión (hasta 200 MPa), verificando los contenidos máximos de humedad residual en el momento del refuerzo.

Para el sistema *PROPAM® CARBOCOM F*, se amolarán los bordes para formar un chaflán con un radio de curvatura por lo menos igual a 2 cm.

7.2.2 CONDICIONES CLIMÁTICAS Y DE ENTORNO DURANTE LA PUESTA EN OBRA

- Tiempo calmado, con el fin de evitar que el viento introduzca en las resinas descritas en el párrafo anterior, polvo, hojas, detritus, etc.
- La temperatura del aire para la puesta en obra de los sistemas deberá estar comprendida entre +5 °C y +30 °C.
- Las superficies de encolado deberán estar al abrigo de la lluvia y de todo tipo de escorrentía.
- La temperatura mínima del soporte ha de ser de +5 °C.
- La temperatura máxima del soporte ha de ser de +30 °C ya que, por encima, el tiempo abierto de *PROPAM® CARBOCOM EPO P*, *PROPAM® CARBOCOM EPO F*, *PROPAM® REPAR EPO 93*, es demasiado corto.
- Después de haber efectuado la intervención, se deberá mantener la superficie tratada a una temperatura superior a +5 °C.
- Proteger contra la lluvia durante 24 horas como mínimo si la temperatura no desciende de +15 °C, y durante, por lo menos, 3 días si la temperatura es inferior a +15 °C.
- Para una higrometría inferior al 80 %, la empresa instaladora verificará cada día, al inicio de la jornada, que la temperatura del soporte sea superior en +3 °C a la del punto de rocío, con el fin de evitar todo riesgo de condensación sobre el soporte.
- Para una higrometría superior al 80 %, la empresa instaladora verificará todas las horas que la temperatura del soporte sea superior en +3 °C a la del punto de rocío, con el fin de evitar cualquier riesgo de condensación sobre el soporte.

7.2.3 APLICACIÓN *PROPAM® CARBOCOM P*

1. Preparación de *PROPAM® CARBOCOM P*

- Seleccionar el laminado con la anchura correspondiente al proyecto técnico y memoria de cálculo entregado por la oficina de proyectos.
- Cortar el laminado en la longitud definida por la oficina de proyectos, con la ayuda de una sierra de metales, o bien de un disco diamantado para tornear.

2. Imprimación con *PROPAM® REPAR EPO 93*

- Mezclar en su totalidad los componentes A y B durante 3 minutos con un agitador lento. No realizar mezclas parciales.
- Aplicar la imprimación sobre el soporte perfectamente preparado, la cantidad necesaria, siendo ésta superior a 300 g/m² sobre superficies de hormigón.
- Esperar 90 minutos antes de ejecutar la siguiente operación. En caso de sobrepasar las 48 horas, proceder a la aplicación de una nueva capa de imprimación.



3. Aplicación con PROPAM® CARBOCOM EPO P

- Mezclar en su totalidad los componentes A y B durante 3 minutos con un agitador lento. No realizar mezclas parciales.
 - La cantidad a utilizar será función de la planitud y rugosidad del soporte, así como de la anchura del laminado. A título orientativo, se consumen 0,5 kg/m lineal de laminado, para un ancho de 100 mm.
- ### 4. Aplicación de PROPAM® CARBOCOM P
- Pasarle un trapo seco al lado de la placa que se va a encolar.
 - Aplicar la capa de PROPAM® CARBOCOM EPO P preferentemente a modo de doble encolado: una capa de 1,5 mm sobre PROPAM® CARBOCOM P y una capa de 1 mm sobre el soporte.
 - El tiempo disponible para aplicar el laminado, contado desde el momento de la aplicación de la resina, es de unos 20 minutos.
 - Posicionar y colocar el laminado manualmente sobre el soporte, ejerciendo una presión constante.
 - Dado el bajo peso de los compuestos laminados y la consistencia del adhesivo, no es necesario apuntalar los elementos. Simplemente se necesita una presión uniforme sobre el laminado con objeto de permitir el rebose del adhesivo sobrante.
 - Presionar fuertemente con la ayuda de un rodillo de encolado, hasta obtener un reflujo continuo de cola en los bordes de la lámina. Retirar el excedente de adhesivo con la ayuda de una espátula y no reutilizarlo.
 - En el caso de superposición de laminados, una vez conseguido el endurecimiento completo de PROPAM® CARBOCOM EPO P, retirar la película protectora exterior o lijar y limpiar el laminado. A continuación, después de retirar bien el polvo de la placa, se procederá al encolado del mismo modo que el encolado sobre el hormigón.
 - En caso de sobrepasarse los tiempos máximos de los productos, se procederá a la aplicación de una nueva capa de material previa retirada del material endurecido por medios mecánicos.
 - Para aquellas aplicaciones que requieran un acabado con mortero o enlucido de yeso o pintura, y como protección UV aplicar una nueva capa de PROPAM® REPAR EPO 93 sobre el laminado y mientras esté fresco, se procederá al espolvoreo de arena de sílice. La aplicación de los revocos o enlucidos será la habitual como si de un soporte mineral se tratara. Puede utilizarse el mortero PROPAM® REPAR TECHNO 20 o la pintura PROPAM® CARBOPAINT.

7.2.4 APLICACIÓN PROPAM® CARBOCOM F

En los trabajos de puesta en obra de PROPAM® CARBOCOM F, se requerirán más operaciones que la simple adhesión.

El tejido de fibra, de distintos gramajes, debe quedar embebido entre dos manos de resina de impregnación PROPAM® CARBOCOM EPO F, y al mismo tiempo adherida sobre un soporte imprimado con la resina fluida PROPAM® REPAR EPO 93.

Todos los productos son aplicados a rodillo.

1. Preparación de PROPAM® CARBOCOM F

- Seleccionar el tejido con la anchura y gramaje correspondientes al proyecto técnico y memoria de cálculo entregado por la oficina de proyectos.
- Cortar el tejido en las dimensiones indicadas por la oficina de proyectos.
- El tejido, una vez cortado, no deberá en ningún caso doblarse, con el fin de no perjudicar las fibras.

2. Imprimación con PROPAM® REPAR EPO 93

Las condiciones de aplicación de la imprimación PROPAM® REPAR EPO 93 son las mismas que las descritas en el epígrafe 7.2.3 para el sistema PROPAM® CARBOCOM P.

3. Aplicación con PROPAM® CARBOCOM EPO F

- Mezclar en su totalidad los componentes A y B durante 3 minutos con un agitador lento. No realizar mezclas parciales.
- El consumo está en función de la rugosidad y absorción del soporte. A título orientativo, se consumen 0,6 kg/m².

4. Aplicación de PROPAM® CARBOCOM

- Cuando la imprimación de PROPAM® REPAR EPO 93 haya sido absorbida por el hormigón (aproximadamente, después de 30 minutos) aplicar una primera capa de PROPAM® CARBOCOM EPO F de unos 0,5 mm de grosor con brocha o rodillo.
- Sobre la capa de PROPAM® CARBOCOM EPO F todavía fresca, colocar el tejido PROPAM® CARBOCOM F sobre el soporte, ejerciendo una presión constante, en la dirección de la fibra, con un rodillo rígido, para facilitar la impregnación de las fibras y con la precaución de que no se formen pliegues.
- Aplicar una segunda capa de PROPAM® CARBOCOM EPO F hasta conseguir la total impregnación de las fibras del tejido hasta dejar un acabado cristalino en el que no se es capaz de acceder al tejido de fibra de carbono.
- Si se colocan dos láminas de fibra de carbono en la misma dirección, éstas tendrán que solaparse al menos 20 cm.



- Cuando se coloquen dos láminas, una al lado de la otra y con las fibras paralelas, tan solo se debe asegurar que se cubra completamente la superficie con un solape mínimo.
- Si el refuerzo lleva varias capas de tejido, éstas pueden ser colocadas una a continuación de la anterior sobre fresco, recomendándose no aplicar más de dos en el caso de superficies horizontales ni más de tres en el de superficies verticales para evitar posibles descuelgues.
- En caso de sobrepasarse los tiempos máximos de los productos, se procederá a la aplicación de una nueva capa de material previa retirada del material endurecido por medios mecánicos.
- Para aquellas aplicaciones que requieran un acabado con mortero o enlucido de yeso o pintura y como protección UV, mientras la última capa de *PROPAM® CARBOCOM EPO F* esté fresca, se procederá al espolvoreo de arena de sílice. La aplicación de los revocos o enlucidos será la habitual como si de un soporte mineral se tratara. Puede utilizarse el mortero *PROPAM® REPAR TECHN0 20* o la pintura *PROPAM® CARBOPAINT*.

7.2.5 APLICACIÓN *PROPAM® CARBOCOM CONNECTOR*

1. Aplicación de la parte preformada del conector

- Taladrar un orificio con el diámetro y profundidad adecuados a la varilla, 2-3 mm mayor que el diámetro del conector y 2 cm más de profundidad.
- Eliminar el polvo cepillando y soplando.
- Rellenar 2/3 partes del orificio practicado con el adhesivo *PROPAM® CARBOCOM EPO P* en caso de orificios practicados en superficies que requiera un adhesivo tixotrópico (techos) y el adhesivo *PROPAM® CARBOCOM EPO F* en los demás casos donde se pueda trabajar con un adhesivo fluido, asegurándose de que no se creen bolsas de aire durante el proceso de bombeo o vertido de la resina.
- Insertar el conector *PROPAM® CARBOCOM CONNECTOR* dentro del orificio con movimientos giratorios. El tramo semi-impregnado debe quedar introducido en la perforación debiendo cortarse la varilla si es necesario para que sea adecuada a la profundidad de la perforación.
- Limpie cualquier exceso de adhesivo que salga del orificio.
- Permitir al adhesivo endurecer, respetando los tiempos indicados en las tablas 1 y 6.

2. Aplicación de la parte flexible del conector

- Sobre el conector ya aplicado resinar con *PROPAM® CARBOCOM EPO F* la parte blanda de fibras de carbono extendiendo las fibras en todas direcciones formando un círculo

(véase Figura 4.1. Conector dentro del tejido) o abanico (véase Figura 4.1. Conector en el extremo del tejido), según donde se haya realizado el orificio para colaborar en el sistema, dentro de cada sección de tejido o en el extremo de ésta, respectivamente.

- Una vez el adhesivo haya endurecido, la adherencia con la superficie del refuerzo convertirá el sistema en un solo cuerpo.

7.2.6 PROTECCIÓN CONTRA LA CORROSIÓN

El sistema *PROPAM® CARBOCOM*, al ser materiales a base de fibras de carbono, son insensibles a la corrosión y, por ello, no precisan protección.

7.2.7 PROTECCIÓN CONTRA EL FUEGO Y LAS ALTAS TEMPERATURAS

En caso de incendio, los sistemas de refuerzo no contribuyen a la resistencia del elemento estructural, por lo que deberá verificarse el comportamiento estructural del elemento sin considerar el sistema de refuerzo o bien se procederá a proteger convenientemente el sistema de refuerzo, de manera que se mantengan sus propiedades mecánicas durante el tiempo prescrito por la normativa en vigor, en función de las características concretas del edificio, establecidos en el CTE-DB-SI.

Es posible obviar el comportamiento al fuego del refuerzo siempre y cuando el refuerzo esté dimensionado de manera que se garantice que, en caso de fallo por adherencia del refuerzo bajo situación accidental, el coeficiente residual de seguridad de la estructura sea mayor que 1, entonces el tiempo de resistencia al fuego vendrá simplemente determinado por la resistencia al fuego del elemento de hormigón, es decir, por el recubrimiento de las armaduras existentes. Si en cambio el nivel de refuerzo es tal que el coeficiente de seguridad residual en caso de fallo en situación accidental es menor que 1, entonces debe proyectarse una protección adecuada.

Esta protección deberá evitar que la temperatura en el refuerzo supere la T_g (temperatura en la que el polímero deja de ser rígido y comienza a reblandecerse) garantizando las exigencias establecidas en el CTE-DB-SI. Será necesario emplear elementos que garanticen, mediante ensayos homologados el nivel de protección exigido.

La protección deberá realizarse según el tipo de edificación de acuerdo con las normas vigentes (CTE – DB-SI y UNE – EN 13501-1).

Se tendrá en cuenta también la posible exposición a altas temperaturas por factores diferentes a un incendio, como por ejemplo soleamiento, cercanía de calderas o cualquier otra fuente de calor, debiendo protegerse los refuerzos para evitar que estos alcancen la T_g durante el uso habitual del edificio.



8. MEMORIA DE CÁLCULO

El campo de aplicación del presente Documento es el del refuerzo de estructuras de edificación en hormigón armado.

Una sección reforzada se comporta de la misma manera que una sección de hormigón armado clásica; el compuesto se comporta como armadura exterior.

El dimensionado del refuerzo seguirá las reglas del Boletín 90 de la FIB, "Externally applied FRP reinforcement for concrete structures".

Para poder proceder al cálculo del sistema de refuerzo, es necesario realizar con anterioridad un diagnóstico del soporte y la evaluación del estado tensional de la estructura, con el fin de evaluar los eventuales defectos internos del hormigón (carbonatación, corrosión de los aceros, tasa de cloruro elevada, etc.) y determinar sus características mecánicas, en particular la resistencia a compresión y la resistencia a la tracción superficial (ensayo de pull-off).

En ausencia de justificaciones específicas, la superficie del hormigón deberá presentar una cohesión superficial $\geq 1,5$ MPa (que se verificará *in situ* por medio de una prueba de tracción directa perpendicular con la ayuda de un dinamómetro).

9. REFERENCIAS DE UTILIZACIÓN

Hasta la fecha de solicitud del presente Documento, según la referencia del fabricante, la cantidad de estructuras de edificios reforzados con el sistema PROPAM® CARBOCOM asciende a una superficie de 45.000 m lineales sumando laminado y tejido.

Algunas de obras han sido visitadas por técnicos del IETcc, y además se ha realizado una encuesta a usuarios del Sistema sobre el comportamiento del mismo, todo ello con resultado satisfactorio.

10. ENSAYOS

Los ensayos de caracterización de los componentes del sistema para la obtención del Documento de Idoneidad Técnica DIT han sido aportados por el fabricante para PROPAM® CARBOCOM P y PROPAM® CARBOCOM F.

10.2 Ensayos de resistencia a flexión de vigas

Estos ensayos han sido realizados en el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja IETcc). (Informe nº. 19.874-01).

a) Objeto del ensayo

El objetivo es verificar el comportamiento mecánico del refuerzo PROPAM® CARBOCOM P de sección transversal 72 mm² como refuerzo a tracción de elementos de hormigón armado en flexión, y si este corresponde con el modelo teórico de cálculo.

b) Disposición del ensayo

Para la realización de los ensayos a flexión se realizaron 3 vigas de hormigón armado HA-45 de

4,0 m de longitud, 30 cm de anchura y 35 cm de canto. La armadura de las vigas estaba formada por barras corrugadas de acero AEH-500 con un recubrimiento nominal de 3 cm. La armadura longitudinal inferior estaba constituida por 2 Ø 12, y la armadura longitudinal superior por 2 Ø 12; la armadura transversal estaba constituida por cercos de Ø 8 cada 10 cm en toda la longitud de la viga y cercos de Ø 8 cada 5 cm en la zona del apoyo a fin de mejorar el comportamiento ante la carga puntual que transmite el apoyo.

La sección de cada viga se reforzó de la siguiente manera:

- Dos vigas reforzadas con 2 bandas de 6 cm de ancho de PROPAM® CARBOCOM P de sección transversal 72 mm² pegadas con adhesivo epoxi.
- Una viga reforzada con 2 capas de PROPAM® CARBOCOM F de 225 gr/m².

Las vigas se situaron biapoyadas con una luz entre apoyos de 3,80 m bajo un pórtico de carga. La carga se aplicó por medio de dos gatos hidráulicos accionados por un dinamómetro con control de velocidad de carga. Se fue incrementando con velocidad de deformación constante hasta alcanzar el fallo del sistema.

Para la realización de los ensayos se aplicaron dos cargas puntuales en los tercios de la luz.

c) Resultados obtenidos

En todos los casos la carga de rotura real es superior al valor de rotura teórico previsto en los cálculos aportados por el fabricante.

Vigas reforzadas con 2 bandas de 6 cm de ancho de PROPAM® CARBOCOM P de sección transversal 72 mm² pegadas con adhesivo epoxi. Según cálculo la sección reforzada debe soportar dos cargas de 63,15 kN.

- $P_{rotura} = 68,04$ kN > 63,15 kN.
- $P_{rotura} = 64,20$ kN > 63,15 kN.

Viga reforzada con 2 capas de PROPAM® CARBOCOM F de 225 gr/m². Según cálculo la sección reforzada debe soportar dos cargas de 57,63 kN.

- $P_{rotura} = 74,40$ kN > 57,63 kN.

10.3 Ensayos de confinamiento de pilares

Estos ensayos han sido realizados en el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja IETcc). (Informe nº. 19.874-01).

a) Objeto del ensayo

El objetivo es verificar el comportamiento mecánico del refuerzo PROPAM® CARBOCOM F como refuerzo de pilares a confinamiento y si este corresponde con el modelo teórico de cálculo.

b) Disposición del ensayo



Para la realización de los ensayos de confinamiento se realizaron 4 pilares con hormigón HA-25, acero AEH-500, de 2,5 m de altura, 0,30 x 0,30 m de sección, armado longitudinalmente con 4 Ø 12, con cercos Ø 8 cada 15 cm, reforzado en cabeza con 2 Ø 8 cada 10 cm.

Los pilares se reforzaron de la siguiente manera:

- 2 pilares reforzados con una capa de PROPAM® CARBOCOM F de 225 gr/m².
- 2 pilares reforzados con dos capas de PROPAM® CARBOCOM F de 225 gr/m².

Se colocó cada pilar entre los platos de una prensa de husillos de 100 kN y se le aplicó una carga vertical centrada en el eje del pilar. Se fue incrementando con velocidad de deformación constante hasta la rotura.

c) Resultados obtenidos

Según cálculo el pilar reforzado con una capa de debe soportar una P=2299,4 kN. Se produce con P = 5020 kN en el primer ensayo y con P = 4550 kN en el segundo, siendo ambos valores superiores a los valores de cálculo.

Según cálculo el pilar reforzado con dos capas de debe soportar una P=2450,9 kN. Se produce con P = 3970 kN y con P = 4550 kN en el segundo, siendo ambos valores superiores a los valores de cálculo.

Por lo tanto, el comportamiento mecánico del refuerzo PROPAM® CARBOCOM F como refuerzo de pilares a confinamiento es satisfactorio.

10.4 Ensayos de cortante

Estos ensayos han sido realizados en el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja IETcc). (Informe nº. 19.874-01).

a) Objeto del ensayo

El objetivo es verificar el comportamiento mecánico del refuerzo PROPAM® CARBOCOM F como refuerzo de vigas a cortante y si éste corresponde con el modelo teórico de cálculo.

b) Disposición del ensayo

Para la realización de los ensayos de cortante se realizaron 2 vigas con hormigón HA-45, acero AEH-500, de dos metros de longitud, con una sección de 300 x 350 mm.

La armadura longitudinal inferior estaba constituida por 2 Ø 20 anclados con patilla y 2 Ø 20 sin patilla, y la armadura longitudinal superior por 2 Ø 12; la armadura transversal estaba constituida por cercos de Ø 10 cada 10 cm en una longitud de 1,20 m, cercos de Ø 6 cada 20 cm en los 70 cm siguientes y en la zona del segundo apoyo, a lo largo de 10 cm, a fin de mejorar el comportamiento ante la carga puntual que transmite el apoyo se colocan 3 cercos Ø 10 cada 5 cm a fin de evitar la rotura por carga localizada en el apoyo.

Las vigas se reforzaron con 1 banda de PROPAM® CARBOCOM F de 225 gr/m² pegadas solo con

adhesivo epoxi, en una longitud igual a la mitad de la luz en uno de los extremos.

c) Resultados obtenidos

Según cálculo la sección reforzada debe soportar una carga de 340 kN. Se produce la rotura con P = 460 kN y con P= 497 kN valores superiores al valor de cálculo.

11. EVALUACIÓN DE LA APTITUD DE EMPLEO

11.1 Cumplimiento de la reglamentación Nacional⁶

11.1.1 SE - Seguridad estructural

El sistema PROPAM® CARBOCOM es un sistema de refuerzo de estructuras de edificación de hormigón armado, y por lo tanto contribuye a la estabilidad de la edificación. La presente evaluación técnica, con los ensayos realizados, ha permitido comprobar que el comportamiento estructural del Sistema es acorde con las hipótesis de cálculo del fabricante, según se describen en el punto 8 del presente Documento.

El dimensionado del refuerzo seguirá las reglas del Boletín 90 de la FIB, "Externally applied FRP reinforcement for concrete structures".

El proyecto de refuerzo deberá contar con su correspondiente anejo de cálculo de estructuras, donde se especifiquen los criterios de cálculo adoptados, que deberán ser conformes a lo establecido en el presente documento y justificar el cumplimiento de los requisitos básicos de resistencia y estabilidad (SE 1) y de aptitud al servicio (SE 2) del CTE de las deformaciones previstas en la estructura.

Previo al cálculo del Sistema de refuerzo se realizará un diagnóstico del soporte, con el fin de evaluar los eventuales defectos internos del hormigón, determinar sus características mecánicas y la situación tensional en la que se encuentra la estructura.

Se verificará que el comportamiento estructural del elemento sin considerar el Sistema de refuerzo es suficiente para que en caso de pérdida accidental de dicho refuerzo (incendio u otras posibles fuentes de calor) la estructura no colapse. El refuerzo se protegerá adecuadamente frente a condiciones ambientales o de uso que puedan suponer alcanzar valores de temperatura en el refuerzo superiores a la de transición vítrea.

11.1.2 SI - Seguridad en caso de incendio

No se ha determinado la clasificación de reacción al fuego de los materiales que integran el sistema, por lo que tendrán consideración de Euroclase de Reacción al Fuego F. Deberá verificarse el cumplimiento de la Exigencia básica de Resistencia al fuego de la estructura (SI6), según queda recogido en el CTE-DB-SI relativo a Seguridad en caso de incendio.



En caso de incendio, los sistemas de refuerzo no contribuyen a la resistencia del elemento estructural, por lo que deberá verificarse el comportamiento estructural del elemento sin considerar el sistema de refuerzo o bien se procederá a proteger convenientemente el sistema de refuerzo, de manera que se mantengan sus propiedades mecánicas durante el tiempo prescrito por la normativa en vigor, en función de las características concretas del edificio, según se recoge en el CTE-DB-SI. Debe tenerse en cuenta que las propiedades adhesivas de las colas disminuyen bruscamente al aumentar la temperatura.

11.1.3 *SUA - Seguridad de utilización y accesibilidad*

Para los sistemas de refuerzo una vez instalados en obra, no proceden consideraciones relativas a la Seguridad de Utilización y Accesibilidad según quedan recogidas en el CTE-DB-SUA.

11.1.4 *HS – Salubridad*

Los componentes de ambos sistemas una vez instalados en obra, según declara el fabricante de los mismos, no contienen ni liberan sustancias peligrosas de acuerdo a la legislación nacional y europea.

11.1.5 *HR - Protección frente al ruido*

No procede.

11.1.6 *HE - Ahorro energético*

No procede.

11.2 **Gestión de residuos**

Se seguirán las especificaciones del Real Decreto 105/2008 por el que se regula la Producción y Gestión de los Residuos de Construcción y Demolición, así como las reglamentaciones autonómicas que sean de aplicación. Para ello, PROPAMSA S.A.U. - MOLINS CONSTRUCTION SOLUTIONS o el instalador reconocido se adherirá al Plan de Gestión de Residuos del contratista principal.

11.3 **Mantenimiento y condiciones de servicio**

Se considera que ambos sistemas tienen un comportamiento satisfactorio conforme a las exigencias relativas a durabilidad; siempre que se instalen conforme a lo descrito en el presente documento, y dentro de los campos de aplicación recogidos en el punto 2 del Informe Técnico.

En caso de que se prevean deterioros (por ejemplo, por choques, abrasión, etc.), se deberá proporcionar al sistema una protección mecánica adecuada.

No se ha verificado la durabilidad de los sistemas en caso de exposición prolongada a la radiación ultravioleta.

11.4 **Condiciones de seguimiento**

La concesión del DIT está ligada al mantenimiento de un seguimiento anual del control de producción en fábrica del fabricante y si procede de algunas de las obras realizadas. Este seguimiento no significa aval o garantía de las obras realizadas.

12. CONCLUSIONES

Considerando:

- que en el proceso de fabricación se realiza un control de calidad que comprende un sistema de autocontrol por el cual el fabricante comprueba la idoneidad de las materias primas, proceso de fabricación y producto final;
- que el proceso de fabricación y puesta en obra está suficientemente contrastado por la práctica;
- los resultados obtenidos en los ensayos y las visitas a obras realizadas;

se estima favorablemente, con las observaciones de la Comisión de Expertos de este DIT, la idoneidad de empleo del Sistema propuesto por el fabricante.



13. OBSERVACIONES DE LA COMISIÓN DE EXPERTOS ⁽¹⁰⁾

Las principales observaciones de la Comisión de Expertos⁽¹¹⁾ son las siguientes:

- Para asegurar la viabilidad del Sistema será preciso aportar, en cada caso que se vaya a aplicar, una memoria técnica de cálculo estructural que incluya los análisis de estados límite último y de servicio. En dicha memoria deberá quedar adecuadamente justificada la correcta respuesta estructural de los distintos elementos y las uniones entre ellos. También se fijarán los coeficientes de seguridad exigibles según la normativa en vigor, las tolerancias aplicables y las soluciones a adoptar en caso de que hubiera juntas de dilatación.
- Se debe tener en cuenta las limitaciones establecidas en el Boletín 90 del FIB relativas a refuerzos a cortante.
- Estos sistemas no se utilizarán como refuerzo a compresión dada su nula capacidad de absorber compresiones debido a su elevada esbeltez. Para elementos sometidos a compresión simple o compuesta se podrá hacer un refuerzo por confinamiento, zunchando el elemento, colocando las fibras en dirección perpendicular al esfuerzo, de manera que estas trabajen a tracción. Se debe tener en cuenta las limitaciones establecidas en el Boletín 90 del FIB relativas al refuerzo por confinamiento de pilares de sección rectangular.
- Se debe tener en cuenta la vulnerabilidad de este tipo de refuerzos a las altas temperaturas, debiendo respetarse las temperaturas máximas indicadas en el presente documento. Se deberá valorar, en función de la localización del edificio y del refuerzo, la temperatura superficial que podría alcanzar el elemento a reforzar para estudiar si será necesario disponer algún tipo de protección térmica que permita la ejecución de este tipo de refuerzo estructural.
- Se debe evaluar con cuidado el estado límite último (ELU) de la estructura en caso de incendio, según lo recogido en el CTE-DB-SI, SI-6, relativo a Resistencia al fuego de la estructura, en función de los coeficientes

⁽¹⁰⁾ La Comisión de Expertos de acuerdo con el Reglamento de concesión del DIT (O.M. de 23/12/1988), tiene como función, asesorar sobre el plan de ensayos y el procedimiento a seguir para la evaluación técnica propuestos por el IETcc.

Los comentarios y observaciones realizadas por los miembros de la Comisión, no suponen en sí mismos aval técnico o recomendación de uso preferente del sistema evaluado.

La responsabilidad de la Comisión de Expertos no alcanza los siguientes aspectos:

- a) Propiedad intelectual o derechos de patente del producto o sistema.
- b) Derechos de comercialización del producto o sistema.
- c) Obras ejecutadas o en ejecución en las cuales el producto o sistema se haya instalado, utilizado o mantenido, ni tampoco sobre su diseño, métodos de construcción ni capacitación de operarios intervinientes.

reflejados en el CTE-DB-SE sobre Seguridad Estructural.

- Si la estructura sin reforzar no es capaz de resistir las acciones previstas en situación de incendio, durante el tiempo exigido por el CTE-DB-SI con los coeficientes de seguridad establecidos en el CTE-DB-SE, se deberá proteger el refuerzo, teniendo en cuenta que éste no debe superar las temperaturas recogidas en el Informe Técnico.
- El material empleado para proteger el refuerzo deberá garantizar, mediante ensayos homologados, que la temperatura del refuerzo y del soporte al nivel del encolado no supera las temperaturas recogidas en el Informe Técnico.
- La idoneidad de los sistemas depende fundamentalmente de que la puesta en obra sea realizada por empresas cualificadas por el fabricante, con reconocida experiencia en la instalación del sistema a emplear.
- Durante la puesta en obra, se deberá prestar especial atención a la preparación y limpieza de la superficie a reparar antes de la aplicación de la cola epoxídica que corresponda.
- Se insiste también en la importancia de comprobar que la resistencia característica del hormigón es superior a lo exigido en el presente documento.
- Se insiste asimismo en la importancia de respetar los plazos de trabajabilidad de cada una de las resinas para asegurar la adherencia de los refuerzos, verificando en cada caso los tiempos de uso en función de la temperatura y la humedad.
- Se recomienda que una copia del presente Documento de Idoneidad Técnica se incorpore al Libro del Edificio.

⁽¹¹⁾ La Comisión de Expertos estuvo integrada por representantes de los siguientes Organismos y Entidades:

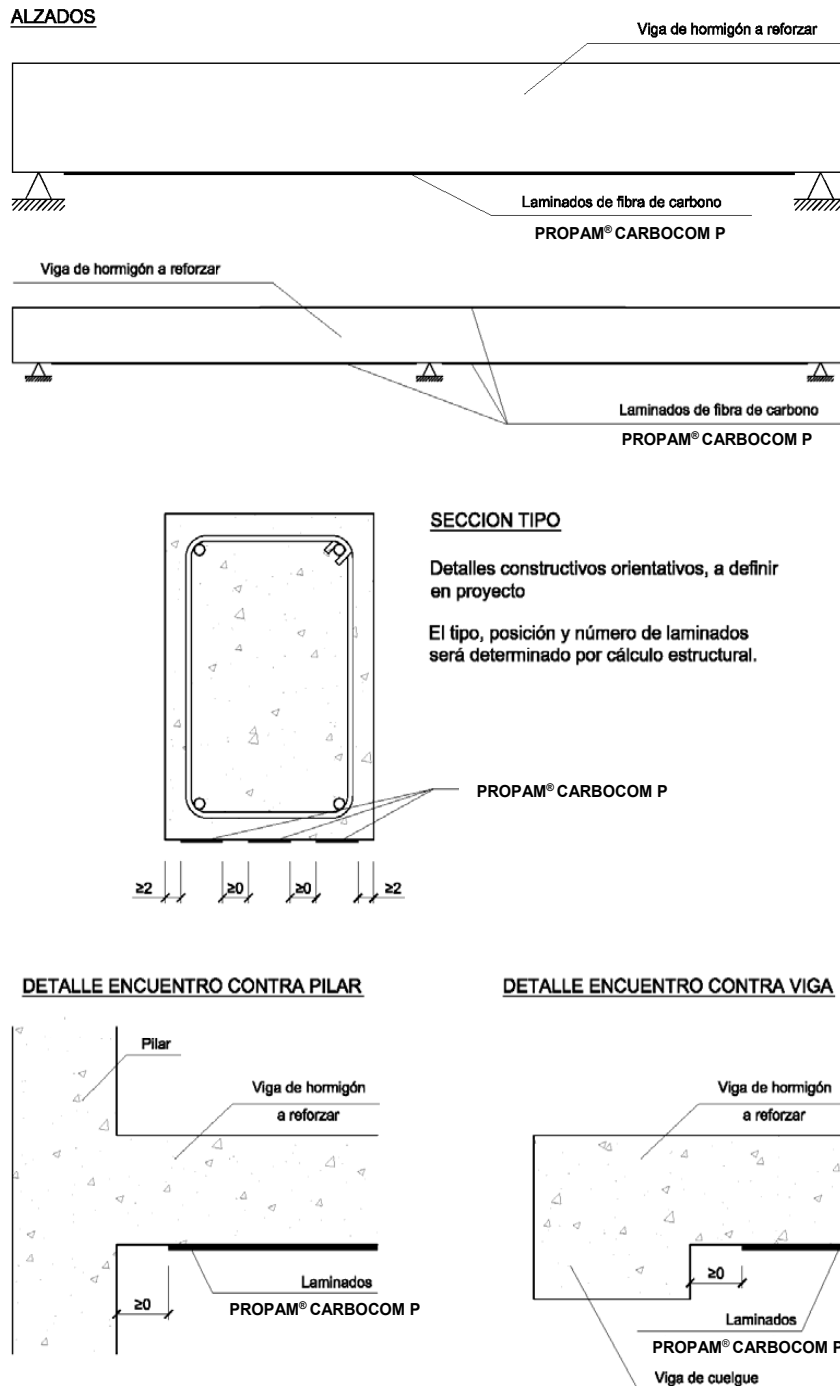
- Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos de España (CSCAE).
- Universidad Politécnica de Madrid (UPM).
- Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica de Madrid (EUATM).
- ACCIONA INFRAESTRUCTURAS.
- FCC Construcción, S.A.
- Instituto Técnico de Materiales de Construcción, S.A. (INTEMAC, S.A.).
- Ministerio De Defensa. Laboratorio de Ingenieros del Ejército.
- DRAGADOS, S.A.
- Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (IETcc).



14. INFORMACIÓN GRÁFICA

NOTA: Los detalles recogidos en las figuras son orientativos, debiendo definirse para cada proyecto concreto. El tipo, número y disposición de los refuerzos se fijará por cálculo, debiendo quedar reflejado en el proyecto técnico.

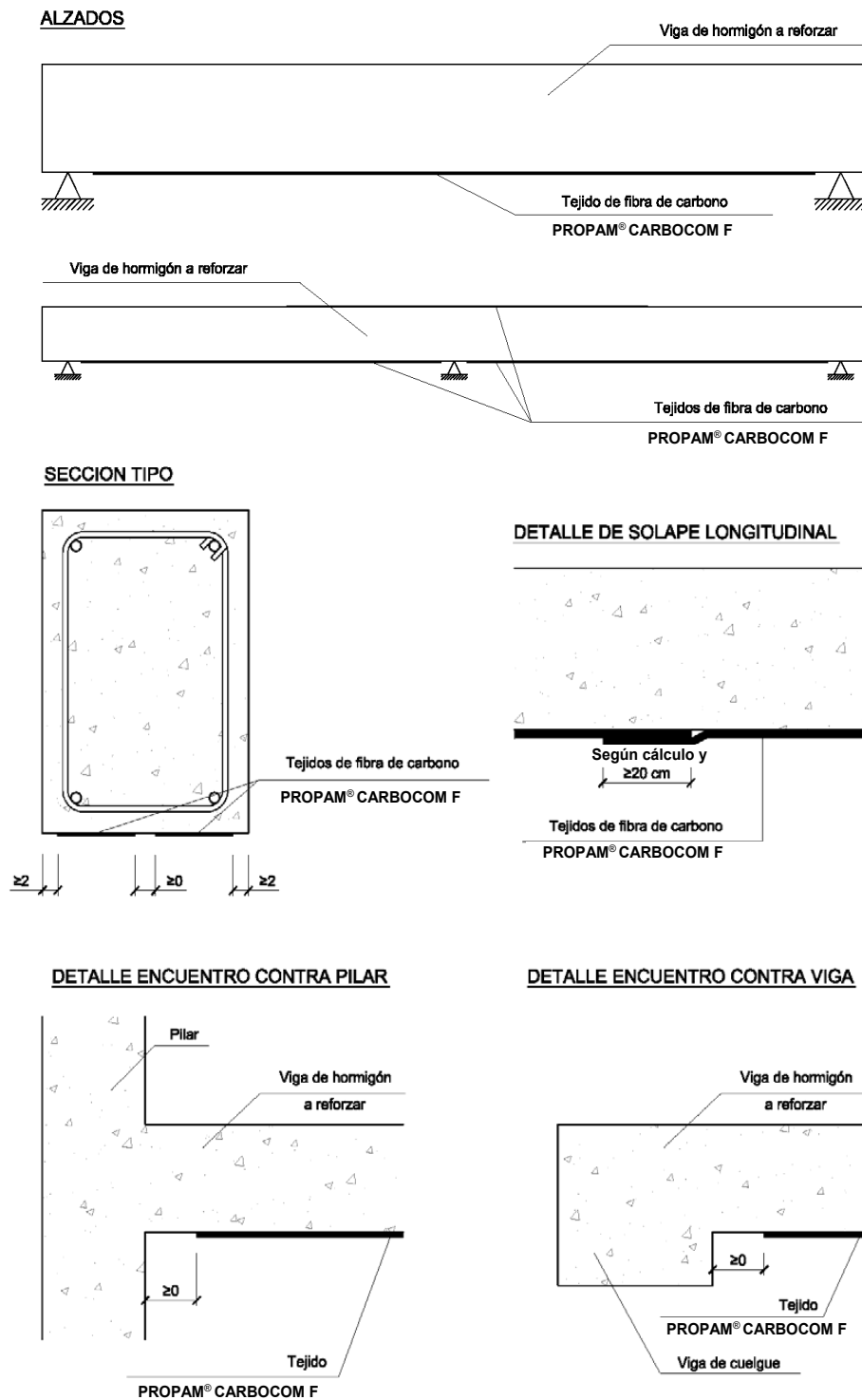
Figura 1. Sistema PROPAM® CARBOCOM P para el refuerzo a tracción en vigas



Código seguro de Verificación : GEN-3e50-7347-5e22-4798-f38a-f732-5795-34aa | Puede verificar la integridad de este documento en la siguiente dirección : <https://sede.administracion.gob.es/pagSedeFront/servicios/consultaCSV.htm>



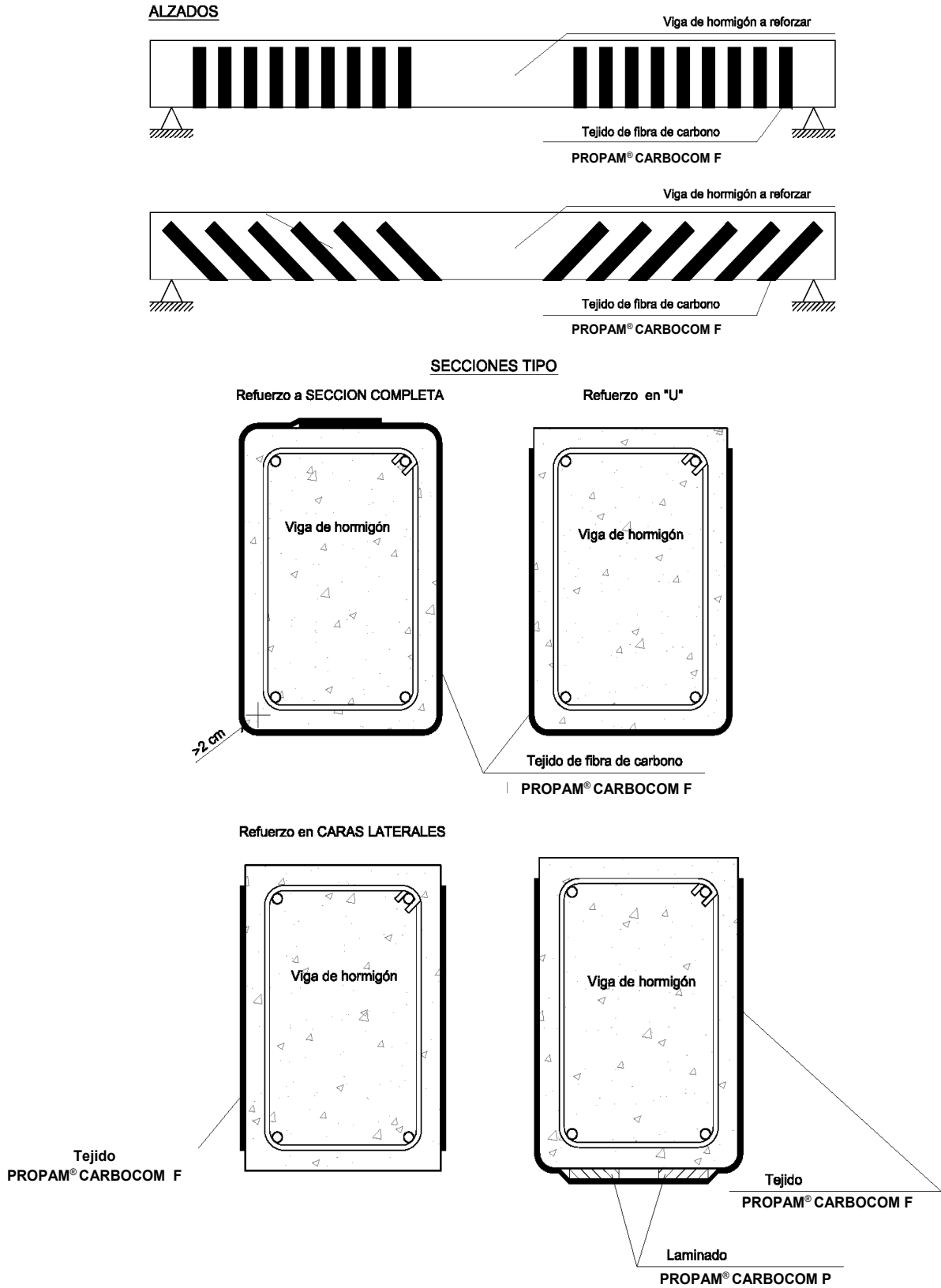
Figura 2. Sistema PROPAM® CARBOCOM F para el refuerzo a tracción en vigas



Código seguro de Verificación : GEN-3e50-7347-5e22-4798-f38a-f732-5795-34aa | Puede verificar la integridad de este documento en la siguiente dirección : <https://sede.administracion.gob.es/pagSedeFront/servicios/consultaCSV.htm>



Figura 3. Sistema PROPAM® CARBOCOM F para el refuerzo a cortante en vigas.



Código seguro de Verificación : GEN-3e50-7347-5e22-4798-f38a-f732-5795-34aa | Puede verificar la integridad de este documento en la siguiente dirección :
<https://sede.administracion.gob.es/pagSedeFront/servicios/consultaCSV.htm>



Figura 4. Sistema PROPAM® CARBOCOM F para el refuerzo a cortante en vigas anclado con PROPAM® CARBOCOM CONNECTOR

Figura 4.1. Conector dentro del tejido

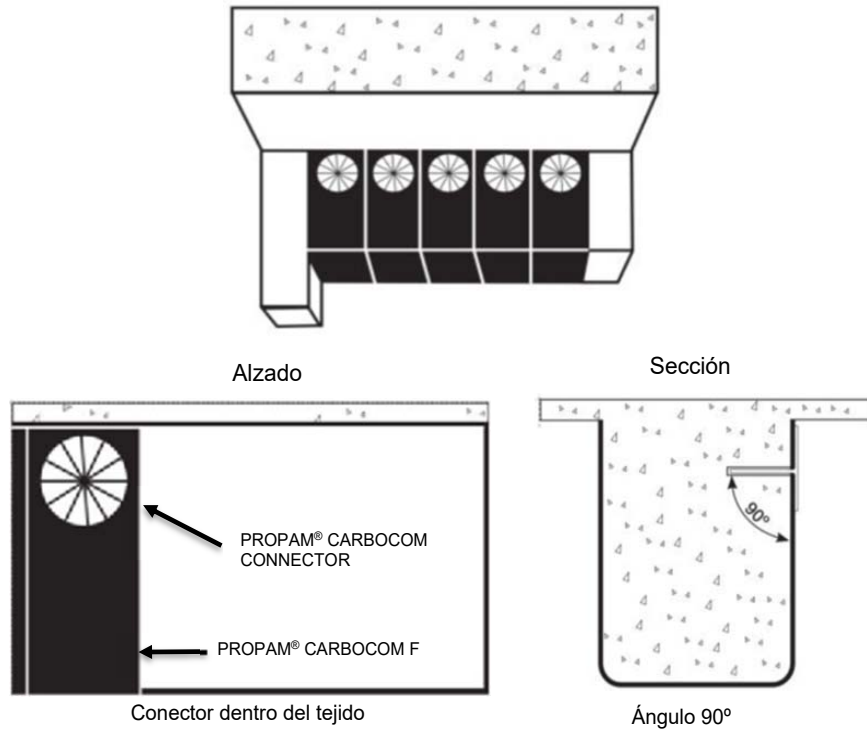
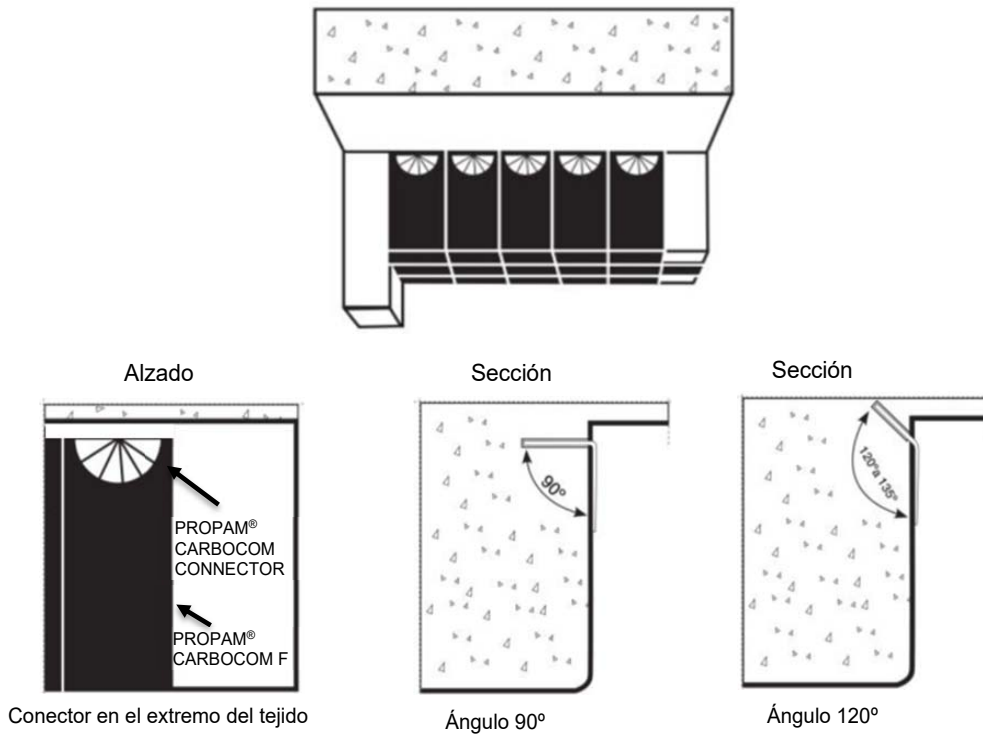


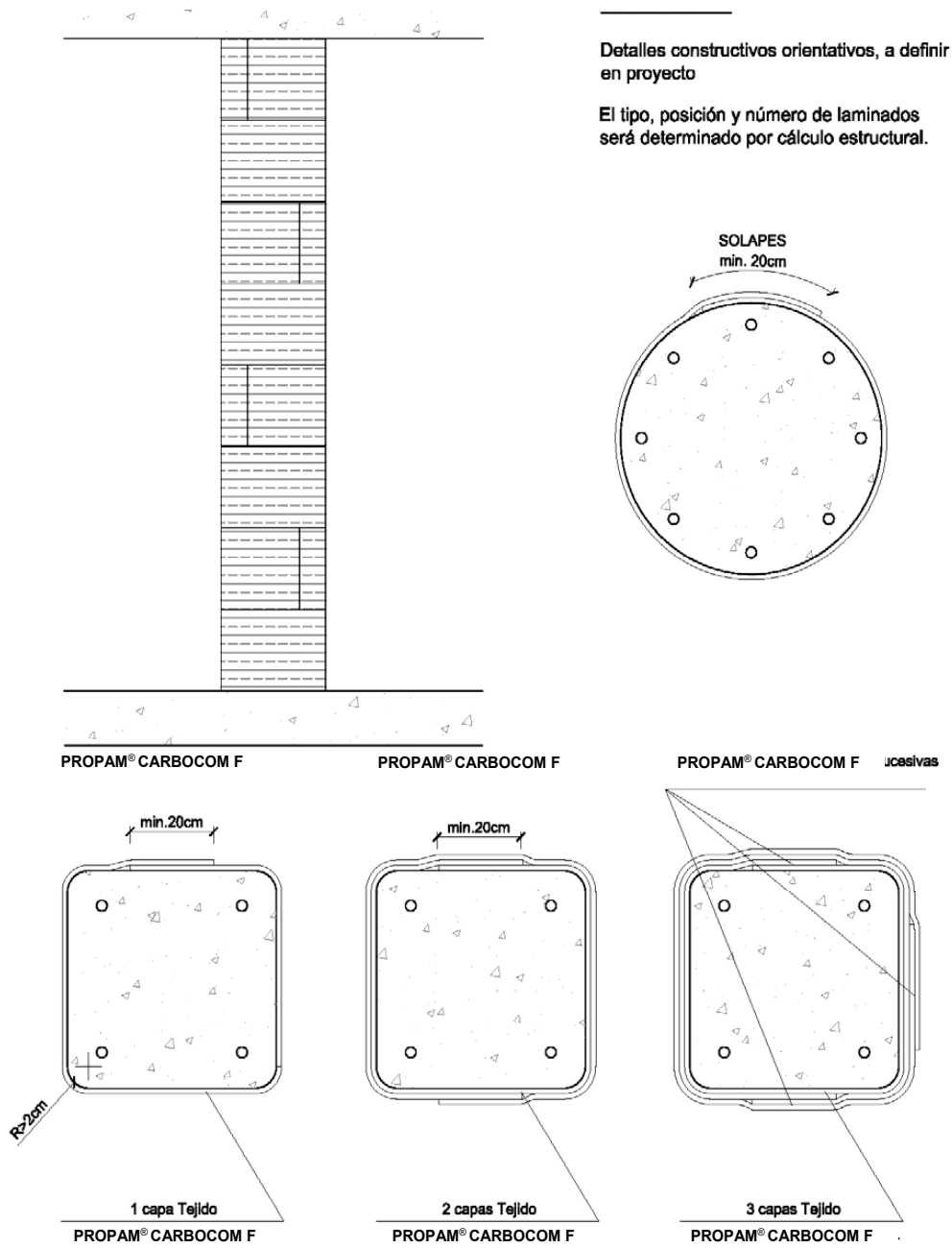
Figura 4.2. Conector en el extremo del tejido



Código seguro de Verificación : GEN-3e50-7347-5e22-4798-f38a-f732-5795-34aa | Puede verificar la integridad de este documento en la siguiente dirección : <https://sede.administracion.gob.es/pagSedeFront/servicios/consultaCSV.htm>



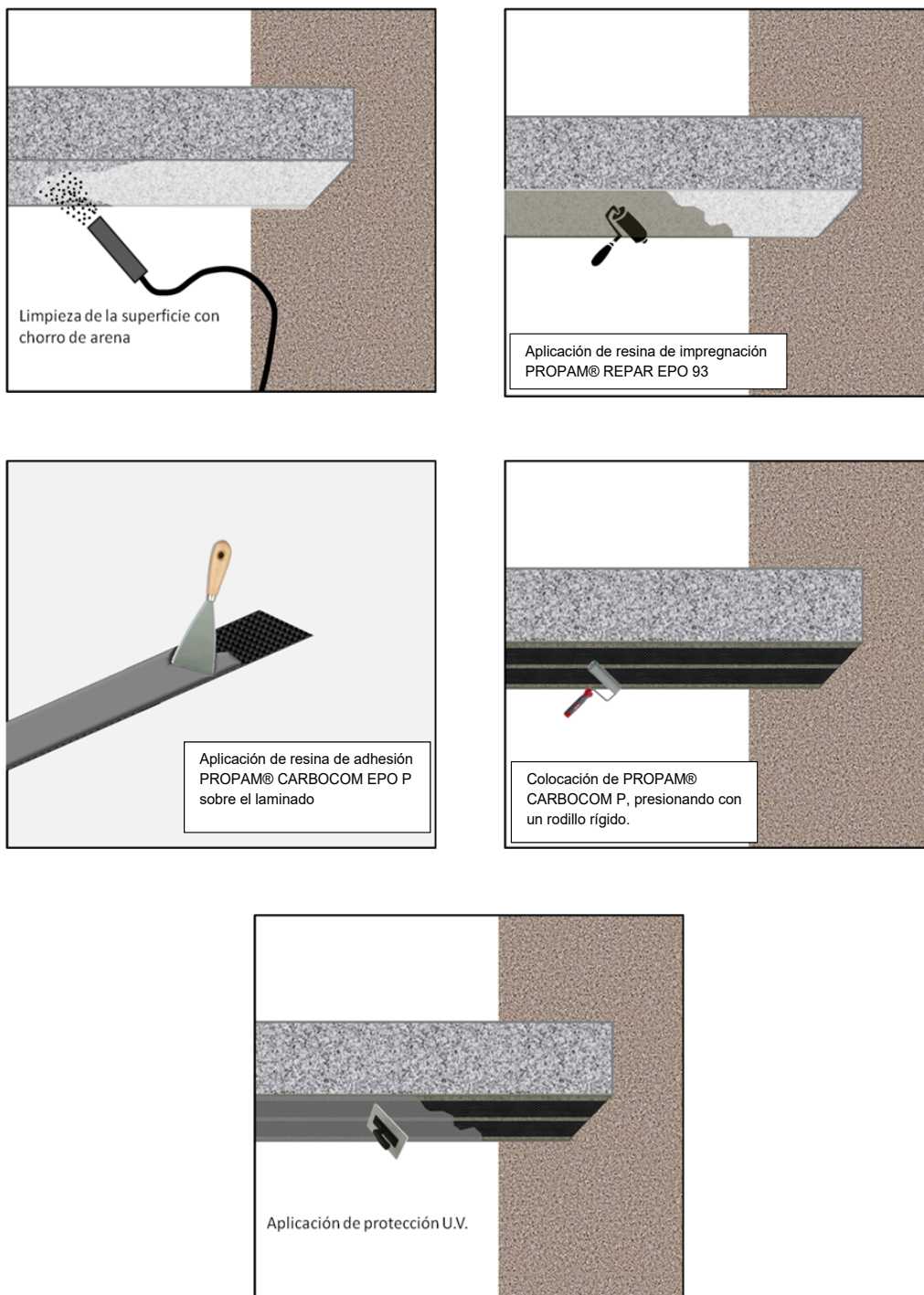
Figura 5. Sistema PROPAM® CARBOCOM F para el refuerzo a confinamiento en pilares



Código seguro de Verificación : GEN-3e50-7347-5e22-4798-f38a-f732-5795-34aa | Puede verificar la integridad de este documento en la siguiente dirección : <https://sede.administracion.gob.es/pagSedeFront/servicios/consultaCSV.htm>



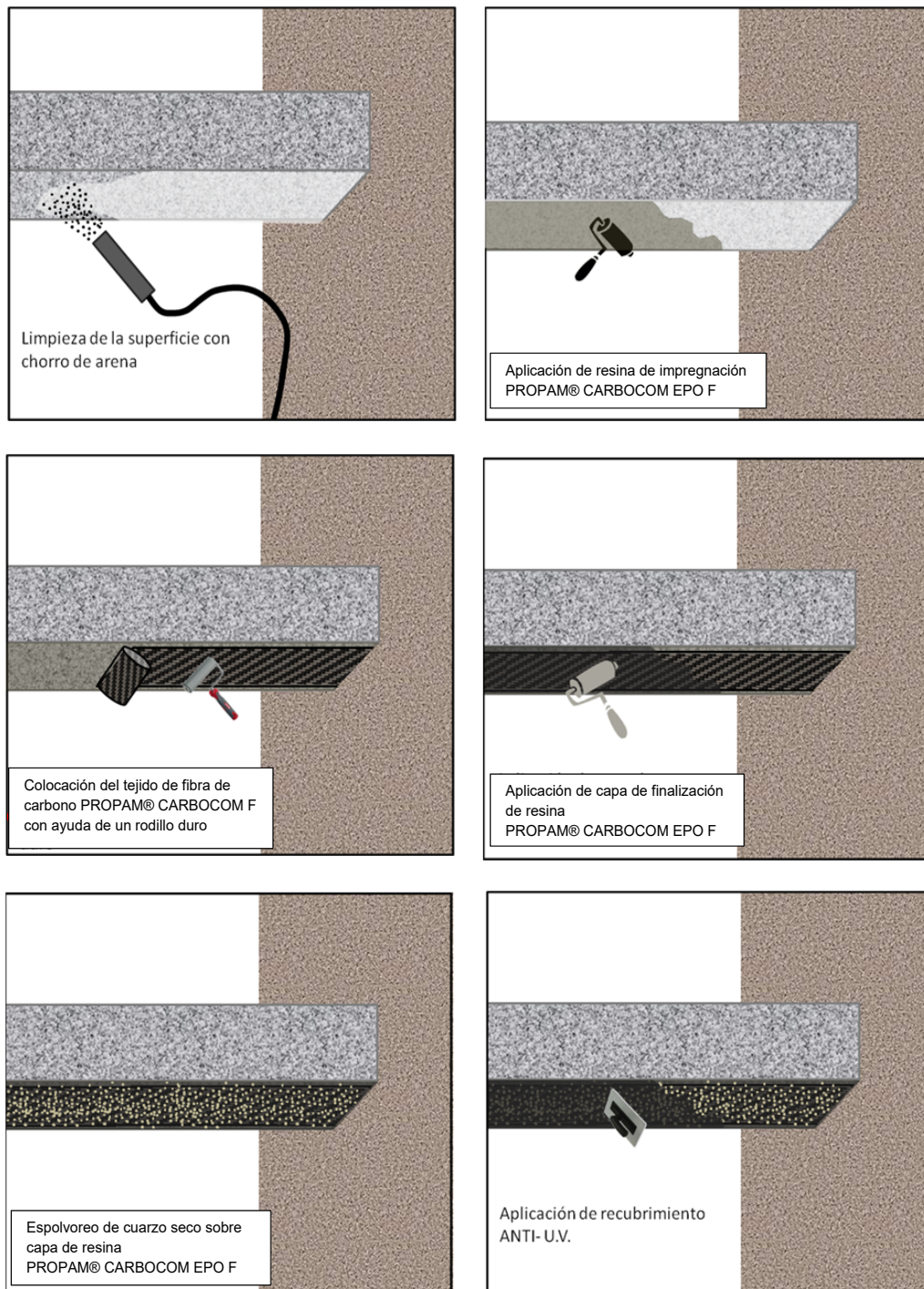
Figura 6. Puesta en obra del sistema PROPAM® CARBOCOM P en vigas



Código seguro de Verificación : GEN-3e50-7347-5e22-4798-f38a-f732-5795-34aa | Puede verificar la integridad de este documento en la siguiente dirección : <https://sede.administracion.gob.es/pagSedeFront/servicios/consultaCSV.htm>



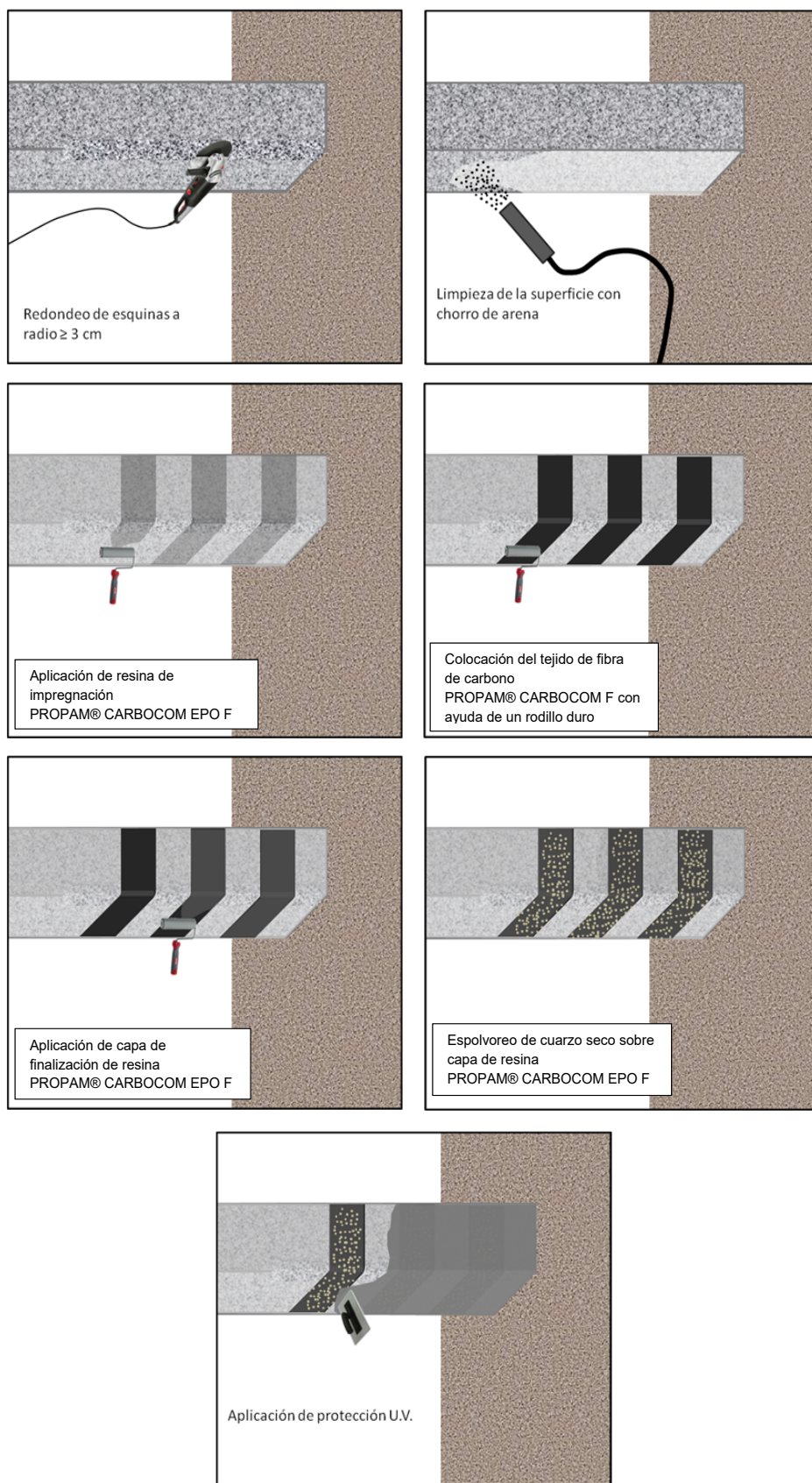
Figura 7. Puesta en obra del sistema PROPAM® CARBOCOM F en vigas



Código seguro de Verificación : GEN-3e50-7347-5e22-4798-f38a-f732-5795-34aa | Puede verificar la integridad de este documento en la siguiente dirección : <https://sede.administracion.gob.es/pagSedeFront/servicios/consultaCSV.htm>



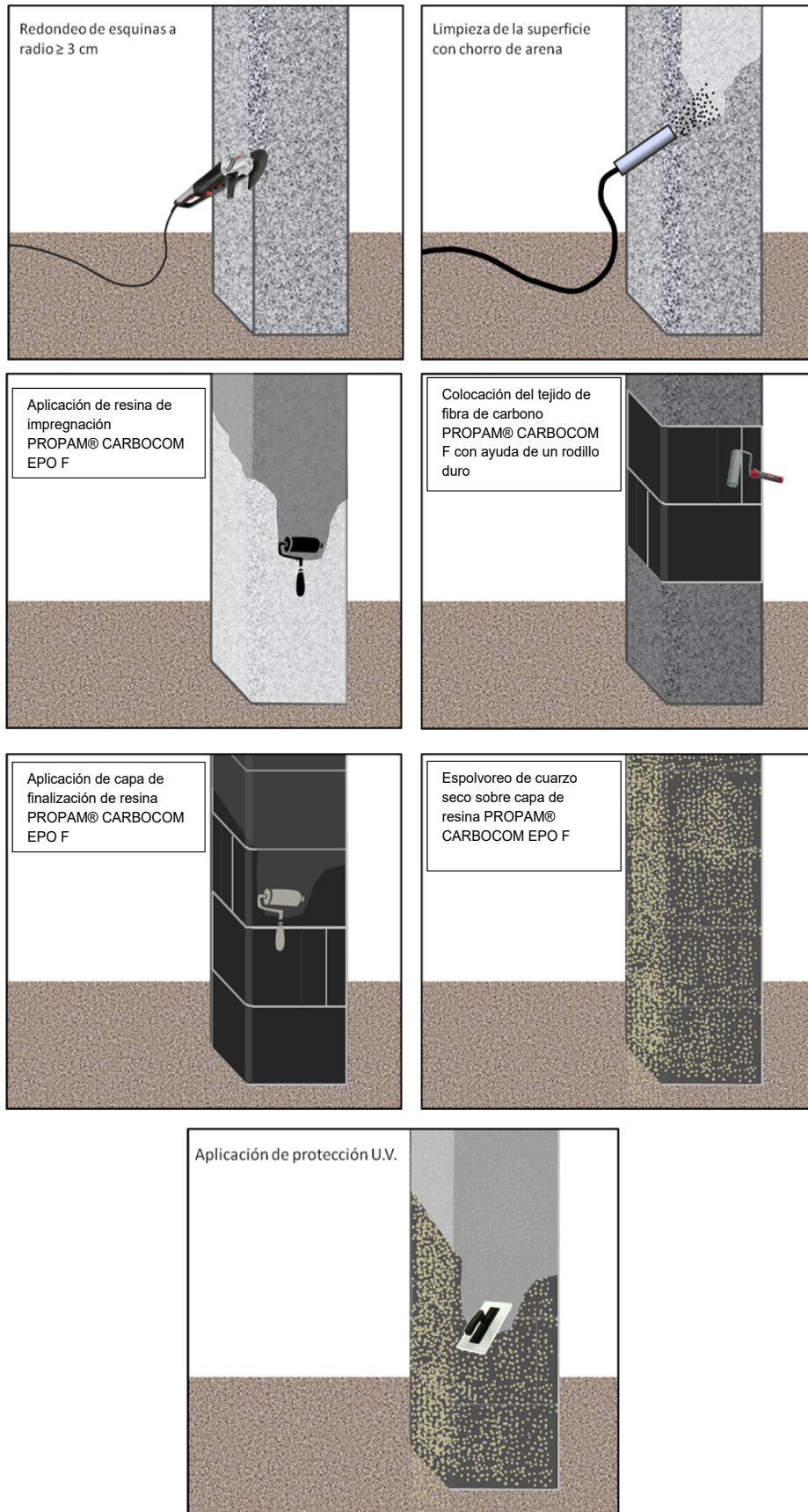
Figura 8. Puesta en obra del sistema PROPAM® CARBOCOM F a cortante en vigas



Código seguro de Verificación : GEN-3e50-7347-5e22-4798-f38a-f732-5795-34aa | Puede verificar la integridad de este documento en la siguiente dirección : <https://sede.administracion.gob.es/pagSedeFront/servicios/consultaCSV.htm>



Figura 9. Puesta en obra del sistema PROPAM® CARBOCOM F en pilares



Código seguro de Verificación : GEN-3e50-7347-5e22-4798-f38a-f732-5795-34aa | Puede verificar la integridad de este documento en la siguiente dirección : <https://sede.administracion.gob.es/pagSedeFront/servicios/consultaCSV.htm>

