



DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA: N.º 679/23

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

Área genérica / Uso previsto:

Sistema de refuerzo de estructuras de hormigón armado con fibras de carbono

Nombre comercial:

CARBOTEC

Beneficiario:

Grupo Puma España, S.L.

Sede social:

Avda. de la Agrupación Córdoba, 17
14014 Córdoba
España

**Validez. Desde:
Hasta:**

30 de junio de 2023
30 de junio de 2028
(Condicionada a seguimiento anual)

Este Documento consta de 29 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.: 69.059.32
Refuerzo de estructuras
Structural reinforcement
Renforcement de structures

DECISIÓN NÚM. 679/23

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 **Grupo Puma España, S.L.**, para la CONCESIÓN de un DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA al **Sistema de refuerzo de estructuras de hormigón armado con fibras de carbono CARBOTEC**,
- teniendo en cuenta los informes de visitas a obras y fabricas 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, establecida conforme al Reglamento del DIT,

DECIDE:

Conceder el DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA número 679/23, al **Sistema CARBOTEC**, 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 beneficiario de este DIT, a la vista del proyecto técnico, proporcionará la asistencia técnica suficiente que permita el cálculo y definición del sistema para la ejecución de la obra, 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

El Sistema CARBOTEC está previsto para el refuerzo estructural de elementos de hormigón armado mediante la unión de materiales de carbono a la superficie del elemento. Sus principales campos de aplicación son: la reparación de estructuras degradadas para la restitución de su resistencia inicial y el refuerzo de estructuras para mejorar su resistencia inicial.

La puesta en obra del Sistema debe ser realizada por empresas especializadas y cualificadas, reconocidas por Grupo Puma España, S.L. 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 679 /23 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 30 de junio de 2028.

Madrid, 30 de junio de 2023

D. Ángel Castillo Talavera

EL DIRECTOR DEL INSTITUTO DE CIENCIAS
DE LA CONSTRUCCIÓN EDUARDO TORROJA



INFORME TÉCNICO

1. OBJETO

El Sistema CARBOTEC consiste en una técnica de refuerzo estructural de elementos de hormigón armado en edificación. El sistema se basa en la incorporación de materiales de carbono a la superficie de un elemento estructural para mejorar sus prestaciones mecánicas.

2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

El Sistema CARBOTEC incluye varios componentes realizados con fibra de carbono que se incorporan al elemento de hormigón a reforzar mediante la aplicación de unas resinas epoxídicas.

El campo de aplicación previsto corresponde al refuerzo estructural de elementos de hormigón armado, tanto de edificación como de obra civil. 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.

Los productos que componen el sistema son:

- Lámina Carbotec
- Tejido Carbotec
- Conector Carbotec
- Cordón Carbotec
- Adhesivo Carbotec Lámina
- Adhesivo Carbotec Impregnante

3. MATERIALES Y COMPONENTES

3.1 Sistema CARBOTEC

3.1.1 Lámina Carbotec

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

Lámina Carbotec se suministra con formatos de espesores de entre 1,2 y 1,4 mm con diferentes anchos: 50, 80, 100, 120, y 150 mm (Otros formatos bajo pedido) y con diferentes módulos de elasticidad (170, 200 y 250 GPa).

Tabla 1. Características técnicas de la Lámina Carbotec

Características	LM (Bajo Módulo)	HM (Alto Módulo)	UHM (muy alto módulo)
Densidad (g/cm ³)	1,6	1,6	1,6
Resistencia a la tracción (MPa)	≥ 2.595	≥ 1.800	≥ 1.800
Módulo de Elasticidad (GPa)	≥ 170	≥ 200	≥ 250
Elongación a rotura (%)	≥ 1,5	≥ 0,9	≥ 0,7

3.1.2 Tejido Carbotec

El Tejido Carbotec es un sistema formado por hojas flexibles de fibras de carbono unidireccionales, de alta resistencia y elevado módulo de elasticidad, disponible en diferentes gramajes y módulos para adaptarse a cada caso.

Tabla 2. Características técnicas del Tejido Carbotec

Gramaje (g/m ²)	200	300	400	500	600
Espesor total (mm)	0,21	0,31	0,4	0,49	0,59
Resistencia a tracción(MPa)	4.900	4.900	4.900	4.830	5.014
Módulo de Elasticidad (GPa)	240	240	240	234	251
Elongación a rotura (%)	2	2	2	2	2

3.1.3 Conector Carbotec

Se trata de una barra cilíndrica de hilos de fibra de carbono, preformada y endurecida con resina epoxi, con un extremo flexible con los hilos de fibra de carbono libres. Se utiliza para el anclaje y conexión estructural de los sistemas CARBOTEC con el hormigón a reforzar.

Tabla 3. Características técnicas de los Conectores Carbotec Ø6 mm

Características conector Ø6 mm	Parte rígida	Extremo flexible
Área (mm ²)	28	
Nº de filamentos	20	
Módulo Elástico (GPa)	150	234
Resistencia a tracción (MPa)	2.299	4.830
Contenido en fibra (%)	68 %	
Densidad (g/cm ³)	1,6	1,8
Tipo de resina	epoxídica	
Elongación (%)		2

Tabla 4. Características técnicas de los Conectores Carbotec Ø8 mm

Características conector Ø8 mm	Parte rígida	Extremo flexible
Área (mm ²)	50	
Nº de filamentos	37	
Módulo Elástico (GPa)	150	234
Resistencia a tracción (MPa)	2.299	4.830
Contenido en fibra (%)	68	
Densidad (g/cm ³)	1,6	1,8
Tipo de resina	epoxídica	
Elongación (%)		2

3.1.4 Cordón Carbotec

Cordón Carbotec consiste en un conjunto de hilos de fibras de carbono unidireccionales de alta resistencia mecánica, alojados en el interior de una red de hilo de algodón que les dota de una apariencia de "cuerda" para, una vez rigidizados



con adhesivo epoxídico, realizar el anclaje y conexión estructural de los sistemas CARBOTEC u otro tipo de sistemas de refuerzo estructural, con el soporte a reforzar.

Tabla 5. Características técnicas del Cordón Carbotec Ø8 mm:

Área equivalente (mm ²)	21,24
Módulo Elástico (GPa)	245
Resistencia a tracción (MPa)	5.100
Peso de fibra (g/m)	43 (±5%)
Densidad (g/cm ³)	1,78
Elongación a rotura (%)	2,10

Tabla 6. Características técnicas del Cordón Carbotec Ø10 mm

Área equivalente (mm ²)	26,80
Módulo Elástico (GPa)	245
Resistencia a tracción (MPa)	5.100
Peso de fibra (g/m)	60 (±5%)
Densidad (g/cm ³)	1,78
Elongación a rotura (%)	2,10

Tabla 7. Características técnicas del Cordón Carbotec Ø12 mm

Área equivalente (mm ²)	31,40
Módulo Elástico (GPa)	245
Resistencia a tracción (MPa)	5.100
Peso de fibra (g/m)	68 (±5%)
Densidad (g/cm ³)	1,78
Elongación a rotura (%)	2,10

3.1.5 Adhesivo Carbotec Lámina

Se trata de un adhesivo epoxi de dos componentes, espatulable para regularizar el soporte, adherir el composite y asegurar una correcta transmisión de esfuerzos y una compatibilidad de deformaciones entre el laminado y el soporte.

Cuenta con el marcado CE, cumpliendo con los requerimientos de la UNE-EN 1504-4:2005¹. (DdP N°. 260011)

Tabla 8. Características técnicas del Adhesivo Carbotec Lámina

Características	Valores	Método de ensayo
Densidad a 20 °C (g/cm ³)	1,7	-
Post life a 25 °C (min)	30	-
Tiempo abierto 21 °C (min)	30	UNE EN 12189
Endurecimiento total (días)	≥ 5	-
Temperatura de aplicación (°C)	+ 8 a +30	-
Adhesión a tracción (MPa)	Rotura en hormigón	UNE EN 1542

¹ 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.

Adhesión acero-acero (MPa)	> 14	UNE EN 12188
Resistencia al cizallamiento oblicuo (MPa)	50° > 55 60° > 60 70° > 80	UNE EN 12188
Resistencia al cizallamiento (MPa)	> 50	UNE EN 12188
Temperatura de transición vítrea – Tg (°C)	67,3	UNE EN 12614
Retracción lineal (%)	< 0,1	UNE EN 12617-1

3.1.6 Adhesivo Carbotec Impregnante

Es una resina que, gracias a su capacidad de impregnación y tixotropía, permite adherir el Tejido CARBOTEC sobre los elementos de hormigón.

Cuenta con el marcado CE, cumpliendo con los requerimientos de la UNE-EN 1504-4:2005 (DdP N°. 260042).

Tabla 9. Características técnicas del Adhesivo Carbotec Impregnante

Características	Valores	Método de ensayo
Densidad 25 °C (g/cm ³)	1,13	-
Post life a 25 °C (min)	45	-
Tiempo abierto 21 °C (min)	30	UNE EN ISO 9514 y UNE EN 1542
Endurecimiento total (días)	≥ 5	-
Temperatura de aplicación (°C)	+ 8 a +30	-
Adhesión a tracción (MPa)	> 3 Rotura en hormigón	UNE EN 1542
Adhesión acero-acero (MPa)	> 14	UNE EN 12188
Resistencia al cizallamiento oblicuo (MPa)	50° > 50 60° > 60 70° > 70	UNE EN 12188
Resistencia al cizallamiento (MPa)	> 50	UNE EN 12188
Temperatura de transición vítrea – Tg (°C)	55,7	UNE EN 12614
Retracción lineal (%)	< 0,1	UNE EN 12617-1
Coefficiente de dilatación térmica (µm/m°C)	≤ 100	UNE EN 1770:1999
Determinación del módulo de elasticidad en compresión (MPa)	≥ 2.000	UNE EN 13412:2008

3.2 Productos Complementarios

3.2.1 Gama Morcemrest

Gama de morteros de reparación monocomponentes, tixotrópicos o fluidos, de retracción compensada, fibrados, de clase R3 o R4, según la norma UNE-EN 1504-3:2006².

² 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.



3.2.2 Gama Implarest

Gama de imprimaciones / puente de unión para la protección de las armaduras de acero del hormigón, según UNE-EN 1504-4:2005³.

3.2.3 Gama MORCEM DRY

Protectores superficiales del hormigón a base de revestimientos en base cemento, o bien mediante revestimientos poliméricos según UNE-EN 1504-2:2005⁴.

4. CONTROL DE FABRICACIÓN

Los componentes del sistema son fabricados por Grupo Puma España, S.L. y por diversos proveedores, todos ellos bajo sistemas de control de calidad acordados con Grupo Puma S.L.

4.1 Proceso de fabricación de Lámina Carbotec

El proceso de producción de dicho componente es por pultrusión. Al principio de la línea de producción se encuentran las bobinas de mechas de fibra de carbono. Los carretes están tensados hasta el final de la línea para que los filamentos estén alineados. Estas mechas pasan por unas guías que las dirigen de manera ordenada a un baño de resina donde se humectan. La mezcla de la resina se realiza con básculas de precisión. De ahí entran en un molde a una velocidad y con una temperatura y presión determinadas donde polimerizan. Del molde sale a una bandeja donde enfría, confinada y de manera controlada, para conservar su forma.

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 Tejido Carbotec

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. Para cada tipo de tejido se utiliza un tipo de fibra y un número de bobinas determinado.

4.3 Proceso de fabricación de Conector Carbotec

La varilla está fabricada mediante el proceso *Peel Ply* que confiere a la superficie una rugosidad superior para asegurar el agarre de la parte rígida al soporte.

³ UNE-EN 1504-4:2004. 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.

Mediante un proceso de alta temperatura se obtiene la parte mórbida que es la que se adhiere por encima del tejido.

4.4 Proceso de fabricación de Cordón Carbotec

Dependiendo del diámetro requerido se van sumando hilos de carbono que, finalmente, estarán confinados por una rejilla que mantiene una forma cilíndrica del conjunto de filamentos de carbono, permitiendo una total flexibilidad del conjunto. Se cortan a una longitud determinada y se introducen en el envase correspondiente.

4.5 Proceso de fabricación de Adhesivo Carbotec Lámina

Se produce bajo demanda. Se suele dejar una cantidad en stock.

El proceso de producción consta de las siguientes etapas:

- Pesada de las materias primas en base a la orden de fabricación.
- Según se indica en el procedimiento de fabricación, se añaden en el orden establecido las materias primas (resinas, cargas, aditivos) a la cuba de fabricación mientras se realiza su dispersión.
- Envasado del producto final en los botes/envases correspondientes.

4.6 Proceso de fabricación de Adhesivo Carbotec Impregnante

Se produce bajo demanda. Se realiza la operación de producción de cada componente (A y B) siguiendo la Orden de fabricación interna, donde se indica los componentes de la fórmula y su proporción, el orden de adición y los controles de agitación; posteriormente los controles de laboratorio para el conforme del vaciado y finalmente la metódica y formato de vaciado.

5. CONTROL DE CALIDAD

Grupo Puma España, S.L. tiene implantado un Sistema Integrado de Gestión de la Calidad basado en las directrices en la norma UNE EN ISO 9001:2015 certificado por Bureau Veritas con número ES 116203-3.

5.1 Control de recepción de materias primas y componentes

Grupo Puma España, S.L., realiza un control de recepción de los componentes fabricados por otros proveedores según su sistema de gestión de

⁴ 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.



calidad, antes de la comercialización de los mismos, garantizando la trazabilidad de los lotes.

El control de recepción realizado por Grupo Puma España, S.L. consiste en una comprobación documental de los componentes: certificados, Marcado CE y DdP en el caso de los adhesivos y correspondencia de productos recepcionados con pedidos realizados y características técnicas.

5.2 Control de fabricación y producto acabado

Los componentes del sistema son fabricados por diversos proveedores, todos ellos bajo sistemas de control de calidad acordados con Grupo Puma España, S.L.

5.3 Control de recepción en obra

A la llegada de los diferentes materiales a la obra se comprobarán y registrarán los siguientes parámetros:

- Cantidades recibidas.
- Verificación de la denominación comercial de cada uno de los productos y de que sus especificaciones técnicas (anchura, sección, módulo de elasticidad, gramaje, etc.) corresponden con los definidos en el proyecto técnico de refuerzo estructural.
- Verificación de la rotulación en los envases de la fecha de caducidad y de que ésta no haya sido superada.
- Inspección visual del correcto estado de los envases, descartando aquellos que presenten roturas con pérdida de material.
- Inspección visual y verificación del correcto estado general de los laminados, tejidos, conectores y cordones, comprobando que no sufren daños como: delaminaciones, fisuras, desmadejamiento, roturas, etc.

Se recomienda acopiar los materiales agrupándolos según sus especificaciones técnicas y denominación comercial.

Se comprobará que los materiales se almacenan en las condiciones adecuadas: a cubierto, protegidos del asoleo directo y de fuentes de calor, preferiblemente elevados respecto al suelo. En lugar fresco y seco, en un rango de temperaturas recomendado de entre 5 °C y 30 °C y manteniendo los envases cerrados cuando no se utilicen los productos.

5.4 Control de puesta en obra

Antes de proceder a la puesta en obra de los diferentes materiales de refuerzo estructural se deberá evaluar la idoneidad del soporte. Para ello, se recomienda verificar que la resistencia mínima a tracción superficial del hormigón es 1,5

N/mm² mediante la realización de ensayos de adherencia según norma UNE-EN 1542:2000⁵.

En el caso de que el soporte no presente inicialmente las características apropiadas, la Dirección facultativa de la obra definirá soluciones técnicas para garantizar la seguridad en la colocación del refuerzo: mejora del soporte mediante impregnación con resinas epoxídicas, colocación de conectores para asegurar el anclaje de los refuerzos de fibra de carbono, etc.

La empresa encargada de los trabajos de puesta en obra de los refuerzos estructurales debe contar con experiencia previa en la materia o haber recibido formación específica con anterioridad a la ejecución de los trabajos.

Con anterioridad al inicio de los trabajos se redactará un Plan de Control de Calidad (o documento equivalente), siendo la empresa aplicadora la responsable de su cumplimiento, a través de la figura de su Responsable técnico.

Durante los trabajos de puesta en obra de los refuerzos estructurales previstos, la empresa aplicadora realizará distintos controles definidos en el Plan de Control de Calidad al objeto de asegurar una puesta en obra acorde a las exigencias del presente documento, a efectos de conseguir el comportamiento mecánico y la durabilidad deseados. También se comprobará el correcto acopio de los materiales y se llevará un control de los materiales consumidos en cada jornada laboral, verificando especialmente la proporción consumida de los productos bicomponentes.

En el apartado 7 del presente documento se detallan los pasos que hay que seguir para la puesta en obra de estos sistemas, en consonancia con el "Manual de puesta en obra de los Sistemas Carbotec".

6. EMBALAJE, IDENTIFICACIÓN, ALMACENAMIENTO Y MANIPULACIÓN

6.1 Lamina Carbotec

6.1.1 Descripción de las formas de presentación

Lámina Carbotec se presenta en rollos de 25 m embalados en cajas de cartón (otros formatos bajo pedido).

Las láminas Carbotec vienen identificadas con una etiqueta en la que quedan recogidos los siguientes datos:

- Marca Comercial.
- Tipo de Laminado.
- Longitud y anchura
- Número de lote, que permite su trazabilidad.

⁵ UNE-EN 1542:2000. Productos y sistemas para la protección y reparación de estructuras de hormigón. Métodos de ensayo. Determinación de la adhesión por tracción directa.



6.1.2 Condiciones de almacenamiento

El tiempo de conservación de la Lámina Carbotec es ilimitado almacenado en su embalaje original sin abrir, en lugar seco, cubierto y protegido de las heladas, humedad, polvo y exposición directa al sol, con temperaturas entre 5 °C y 35 °C.

Puede consultarse la información de seguridad y manejo en la documentación técnica reglamentaria.

6.1.3 Condiciones de 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.

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

6.2 Tejido Carbotec

6.2.1 Descripción de las formas de presentación

Tejido Carbotec se presenta en rollos de 100 m embalados en cajas de cartón (otros formatos bajo pedido).

Tejido Carbotec viene identificado con una etiqueta en la que quedan recogidos, los siguientes datos:

- Marca Comercial.
- Gramaje del tejido.
- Número de lote, que permite su trazabilidad.

6.2.2 Condiciones de almacenamiento

El tiempo de conservación del Tejido Carbotec es ilimitado, almacenado en su embalaje original sin abrir, en lugar seco, cubierto y protegido de las heladas, humedad, polvo y exposición directa al sol, con temperaturas entre 5 °C y 35 °C.

Puede consultarse la información de seguridad y manejo en la documentación técnica reglamentaria.

6.2.3 Condiciones de 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.

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

6.3 Conector Carbotec

6.3.1 Descripción de las formas de presentación

Conector Carbotec se presenta por unidades en cajas de cartón.

El conector Carbotec viene identificado con una etiqueta en la que quedan recogidos, los siguientes datos:

- Marca Comercial.
- Tipo de Conector.
- Diámetro
- Número de lote, que permite su trazabilidad.

6.3.2 Condiciones de almacenamiento

El tiempo de conservación del Conector Carbotec es ilimitado, almacenado en su embalaje original sin abrir, en lugar seco, cubierto y protegido de las heladas, humedad, polvo y exposición directa al sol, con temperaturas entre 5 °C y 35 °C.

Puede consultarse la información de seguridad y manejo en la documentación técnica reglamentaria.

6.3.3 Condiciones de 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.

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

6.4 Cordón Carbotec

6.4.1 Descripción de las formas de presentación

El Cordón Carbotec viene identificado con una etiqueta en la que quedan recogidos, los siguientes datos:

- Marca Comercial.
- Tipo de Cordón.
- Diámetro
- Número de lote, que permite su trazabilidad.

6.4.2 Condiciones de almacenamiento

El tiempo de conservación del Cordón Carbotec es de 10 años, almacenado en su embalaje original sin abrir, en lugar seco, cubierto y protegido de las heladas, humedad, polvo y exposición directa al sol, con temperaturas entre 5 °C y 35 °C.

Puede consultarse la información de seguridad y manejo en la documentación técnica reglamentaria.

6.4.3 Condiciones de 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.

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

6.5 Adhesivo Carbotec Lámina

6.5.1 Descripción de las formas de presentación

El adhesivo epoxi espatulable de dos componentes se presenta en conjuntos de 5 kilos. (Otros formatos bajo pedido).

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 permite su trazabilidad.
- Periodo de utilización
- Marcado CE con referencia a la DdP 260011.

6.5.2 Condiciones de almacenamiento

Adhesivo Carbotec Lámina puede almacenarse durante 12 meses en lugar fresco y seco (15-25 °C y 70 % humedad).

Puede consultarse la información de seguridad y manejo en la documentación técnica reglamentaria.

6.5.3 Condiciones de 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.

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

6.6 Adhesivo Carbotec Impregnante

6.6.1 Descripción de las formas de presentación

Se trata de una resina epoxi en dos componentes. Se presenta en conjuntos de 6 kilos. (Otros formatos bajo pedido).

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 permite su trazabilidad.
- Periodo de utilización.
- Marcado CE con referencia a la DdP 260042.

6.6.2 Condiciones de almacenamiento

Adhesivo Carbotec Impregnante puede almacenarse durante 12 meses en lugar fresco y seco (+15 -25 °C y 70 % humedad).

Puede consultarse la información de seguridad y manejo en la documentación técnica reglamentaria.

6.6.3 Condiciones de 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.

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

7 PUESTA EN OBRA

Es imprescindible que los instaladores designados hayan recibido previamente un curso de capacitación o que cuenten con experiencia previa en la aplicación de sistemas de refuerzo estructural con fibras de carbono y que se respeten escrupulosamente todos los pasos de aplicación que se exponen a continuación, para garantizar la entrada en carga total del refuerzo, así como su durabilidad. Grupo Puma España S.L. entrega certificados a las empresas que han recibido la formación necesaria para la instalación del Sistema Carbotec.

Se deberán dar las siguientes condiciones ambientales en la zona de trabajo:

- Ausencia de asoleo directo.
- Ausencia de lluvia y escorrentías.
- Ausencia de polvo.
- Ausencia de viento.
- Ausencia de riesgo de condensaciones.
- Temperatura del aire entre 5 y 30 °C.

Con anterioridad a la puesta en obra del refuerzo debe realizarse un diagnóstico de la estructura a reforzar, debiendo haber sido eliminadas y reparadas todas las posibles patologías que pudiera sufrir el soporte (carbonatación del hormigón, corrosión de armaduras, irregularidad de la superficie, etc.)

El hormigón deteriorado deberá ser retirado de todas las áreas dañadas. Al hacerlo se tendrá la precaución de comprobar la existencia de anclajes y/o solapes de barras que pudieran provocar un fallo por adherencia de las barras, en cuyo caso se apuntalará la zona antes de sanear la estructura.

Se controlarán también los siguientes aspectos:



- Inspección exhaustiva de la planimetría del soporte, cuyas irregularidades admisibles serán las siguientes:
 - Bajo regla de 2 m: < 10 mm
 - Bajo regla de 0,30 m: < 4 mm
- La resistencia a tracción superficial del soporte será mayor o igual a 1,5 MPa. Se comprobará mediante ensayo de tracción directa, según norma UNE-EN 1542:2000⁶. Para resultados inferiores a 1,5 N/mm se recomienda realizar un redimensionado del refuerzo.

El número de pruebas de control será establecido según el criterio de la Dirección Facultativa, siendo recomendado por Grupo Puma España, S.L. la realización de al menos una prueba cada 200 metros lineales o una prueba cada 100 m² de forjado.
- La humedad superficial del elemento a reforzar será inferior al 4%.
- Se deberán eliminar posibles lechadas débiles, suciedad, manchas, partes mal adheridas, restos de otros productos, polvo, etc. Se deberá abrir el poro del soporte cementoso para favorecer el correcto anclaje de las resinas empleadas para la fijación de los refuerzos de fibra de carbono.
- En refuerzos de secciones a cortante o confinamiento con Tejido Carbotec, que posean aristas vivas se deberá proceder al redondeo de dichas aristas formando una circunferencia de, al menos, 2,5 cm de radio.

7.1 Puesta en obra de Lámina Carbotec

7.1.1 Herramientas necesarias

Para la puesta en obra del sistema es necesario: bayetas limpias, batidora de bajas revoluciones, disolvente (para limpieza de útiles), espátula, rodillo metálico estriado o rodillo de goma duro, máquina rotaflex, equipos de protección individual adecuados a los trabajos a realizar definidos en el Estudio de Seguridad y Salud.

7.1.2 Preparación de la Lámina Carbotec

- Seleccionar el laminado con las características técnicas indicadas en el proyecto técnico. Verificar la coincidencia de los siguientes parámetros del laminado: Anchura, espesor, módulo de elasticidad, etc.
- Retirar las posibles protecciones que pueda incorporar el laminado.
- Cortar el laminado a la longitud indicada en el proyecto técnico empleando máquina rotaflex.
- Limpiar la posible suciedad existente en ambas caras del laminado con una bayeta limpia y seca.

7.1.3 Preparación del Adhesivo Carbotec Lámina

- Remover cada componente antes de mezclarlos para eliminar posos.
- Añadir el componente B en su totalidad al componente A. Esto asegura que la proporción en volumen entre el componente A y el componente B sea la correcta. No se realizarán mezclas parciales del contenido de ambos envases (A y B).
- Remover en un mezclador eléctrico de bajas revoluciones (menos de 300 rpm) durante unos 3 minutos, hasta obtener una mezcla gris homogénea. Evitar que queden burbujas de aire.

7.1.4 Instalación de la Lámina Carbotec

- Sobre la lámina limpia, aplicar Adhesivo Carbotec Lámina con espátula.
- Aplicar el adhesivo de manera que no quede plano y uniforme, sino con un espesor mayor en el centro y disminuyendo progresivamente hasta los extremos mediante el uso de espátulas o útiles específicamente diseñados para ello. El espesor final de la capa de adhesivo es de 1,5 mm a 2 mm. En la Tabla 10 se indica el consumo estimado de adhesivo para cada anchura de laminado:

Tabla 10. Consumo estimado de adhesivo para cada anchura de laminado

Ancho	Consumo aprox. Adhesivo Carbotec Lámina
50 mm	300 g/m
80 mm	500 g/m
100 mm	700 g/m
120 mm	800 g/m
150 mm	1 000 g/m

- Una vez encolada y presentada en el lugar de colocación, presionar uniformemente la Lámina Carbotec sobre el soporte, para repartir el adhesivo. Se recomienda presionar con un rodillo metálico estriado o un rodillo de goma duro, para eliminar posible aire ocluido en la sección de adhesivo.
- Limpiar el exceso de adhesivo antes de que endurezca.
- Mantener la presión sobre la fibra de carbono hasta que el adhesivo se haya endurecido lo suficiente.
- Se podrá realizar superposición de capas de refuerzo, adheridas sobre las anteriores una vez haya endurecido el adhesivo empleado para la fijación de la capa precedente de refuerzo. Para ello deberán consultarse y respetarse los tiempos de curado de los adhesivos empleados.
- En el caso de ser necesaria la aplicación de una capa adherida para la protección del refuerzo de fibra de carbono, se deberá aplicar una nueva

⁶ UNE-EN 1542:2000. Productos y sistemas para la protección y reparación de estructuras de hormigón. Métodos de ensayo. Determinación de la adhesión por tracción directa.



capa de Adhesivo Carbotec Lámina sobre la cara inferior del laminado ya colocado y con su adhesivo ya endurecido, realizando inmediatamente un espolvoreo de arena de sílice seca sobre el adhesivo fresco, a fin de generar rugosidad para favorecer el anclaje de la capa de protección sobre el laminado de fibra de carbono.

- Una vez endurecido el adhesivo con la arena de sílice, se puede proceder a la puesta en obra del material de protección, conforme a las indicaciones de su ficha técnica.

7.2 Puesta en obra de Tejido Carbotec

7.2.1 Herramientas necesarias

Para la puesta en obra del sistema es necesario: bayetas limpias, batidora de bajas revoluciones, disolvente (para limpieza de útiles), rodillo metálico estriado o rodillo de goma rígida, rodillo de pelo corto, máquina rotaflex, tijeras o cúter, equipos de protección individual adecuados a los trabajos a realizar definidos en el Estudio de Seguridad y Salud.

7.2.2 Preparación del Tejido Carbotec

- Seleccionar el tejido con las características técnicas indicadas en el proyecto técnico. Verificar la coincidencia de los siguientes parámetros del tejido: Anchura, gramaje, módulo de elasticidad, etc.
- Retirar las posibles protecciones que pueda incorporar el tejido.
- Cortar el tejido a la longitud indicada en el proyecto técnico empleando tijeras o cúter.
- Limpiar la posible suciedad existente en la superficie del tejido con una bayeta limpia y seca.

7.2.3 Preparación del Adhesivo Carbotec Impregnante

- Remover cada componente antes de mezclarlos.
- Añadir el componente B en su totalidad al componente A. Esto asegura que la proporción en volumen entre el componente A y el componente B sea la correcta. No se realizarán mezclas parciales del contenido de ambos envases (A y B).
- Remover en un mezclador eléctrico de bajas revoluciones (menos de 300 rpm) durante unos 3 minutos, hasta obtener una mezcla homogénea. Evitar que queden burbujas de aire.

7.2.4 Puesta en obra del Tejido Carbotec

- Sobre el soporte preparado, aplicar Adhesivo Carbotec Impregnante con un rodillo de pelo corto, en un espesor constante y sobre una superficie ligeramente superior a la que va a ocupar el tejido sobre el elemento a reparar.
- En la Tabla 11 se indica el consumo estimado de adhesivo para cada gramaje del tejido:

Tabla 11. Consumo estimado de adhesivo para cada gramaje del tejido

Tejido Carbotec	Consumo aprox. Carbotec Impregnante
200 g/m ²	700 g/m ²
300 g/m ²	900 g/m ²
400 g/m ²	1100 g/m ²
500 g/m ²	1300 g/m ²
600 g/m ²	1500 g/m ²

- Todas las características técnicas actualizadas del Adhesivo Carbotec Impregnante pueden consultarse en su ficha técnica (Adherencias, rango de temperaturas de aplicación, tiempo abierto, tiempo de secado, etc).
- Sobre el adhesivo aplicado en el soporte aún fresco; una vez presentado el tejido en el lugar de colocación, tensarlo y presionarlo uniformemente sobre el soporte, para que impregne el adhesivo. Se recomienda presionar con un rodillo metálico estriado o un rodillo de goma duro, para eliminar posible aire ocluido en la sección de adhesivo, así como para eliminar posibles arrugas en el tejido.
- Limpiar el posible exceso de adhesivo antes de que endurezca.
- Los posibles solapes a realizar con tejido de fibra de carbono tendrán, al menos, 20 cm de longitud.
- Se podrá realizar superposición de capas de refuerzo, adheridas sobre las anteriores una vez haya endurecido el adhesivo empleado para la fijación de la capa precedente de refuerzo.
- En el caso de ser necesaria la aplicación de una capa adherida para la protección del refuerzo de fibra de carbono, se deberá aplicar una nueva capa de Adhesivo Carbotec impregnante sobre la cara exterior del tejido ya colocado y con su adhesivo ya endurecido, realizando inmediatamente un espolvoreo de arena de sílice seca sobre el adhesivo fresco, a fin de generar rugosidad para favorecer el anclaje de la capa de protección sobre el laminado de fibra de carbono.
- Una vez endurecido el adhesivo con la arena de sílice, se puede proceder a la puesta en obra del material de protección, conforme a las indicaciones de su ficha técnica.

7.3 Puesta en obra de Conector Carbotec

7.3.1 Herramientas necesarias

Para la puesta en obra del sistema es necesario: Bayetas limpias, batidora de bajas revoluciones, disolvente (para limpieza de útiles), espátula, máquina rotaflex, taladro percutor, bomba de aire o compresor, brocha y rodillo de pelo corto y equipos de protección individual adecuados a los trabajos a realizar definidos en el Estudio de Seguridad y Salud.



7.3.2 Preparación del Conector Carbotec

- Seleccionar el conector con las características técnicas indicadas en el proyecto técnico. Verificar la coincidencia de los siguientes parámetros del conector: diámetro, si es simple o doble, módulo de elasticidad, etc.
- Retirar las posibles protecciones que pueda incorporar el conector.
- Cortar el vástago del conector a la longitud indicada en el proyecto técnico empleando máquina rotaflex. Por defecto, se dejará la longitud total del vástago siempre y cuando el grosor del elemento estructural donde se va a colocar dicho elemento así lo permita.
- Limpiar la posible suciedad existente en la superficie del vástago y entre los filamentos de la zona flexible con una bayeta limpia y seca.

7.3.3 Ejecución de taladros en el soporte

- Replantar la ubicación de los taladros según el proyecto técnico. Deben de realizarse una vez colocados y endurecida la resina de los elementos de refuerzo de fibra de carbono que se deseen anclar al soporte.
- Ejecutar los orificios con taladro percutor. La profundidad de los orificios será ligeramente superior a la longitud del vástago rígido del conector que se desea colocar. Se elegirá una broca cuyo diámetro duplique al del conector que vamos a colocar, al objeto de dejar espacio para la resina de fijación del vástago al soporte.
- Proceder a la limpieza del polvo generado en el interior de los orificios realizados en el soporte mediante la inyección de aire a través de una bomba manual o de un compresor eléctrico.

7.3.4 Instalación del Conector Carbotec

- Preparar el Adhesivo Carbotec Lámina de la forma descrita en § 7.1.4.
- Sobre el vástago del conector limpio, aplicar Adhesivo Carbotec Lámina manualmente.
- Una vez encolado el vástago rígido del conector con el Adhesivo Carbotec Lámina, empotrarlo en el orificio practicado en el soporte. La zona de filamentos encolados debe sobresalir del soporte.
- Limpiar el exceso de Adhesivo Carbotec Lámina generado por el vástago antes de que endurezca, sin que llegue a impregnar los filamentos flexibles.
- Preparar el Adhesivo Carbotec Impregnante de la forma descrita en § 7.2.4.
- Impregnar los filamentos flexibles con Adhesivo Carbotec Impregnante aplicado mediante brocha o rodillo de pelo corto
- Proceder a la extensión y pegado de los filamentos flexibles sobre el laminado o el tejido a anclar al soporte, de forma que quede totalmente adherido, dando lugar a la formación del área de transferencia de esfuerzos al

vástago rígido que previamente se ha empotrado en el soporte.

- Si se va a realizar el revestimiento de la zona con un acabado de protección, se ejecutará inmediatamente un espolvoreo de arena de sílice seca sobre el adhesivo fresco, a fin de generar rugosidad para favorecer el anclaje de la capa de protección sobre la zona de filamentos del conector.
- Una vez endurecido el adhesivo con la arena de sílice, se puede proceder a la puesta en obra del material de protección, conforme a las indicaciones de su ficha técnica.

7.4 Puesta en obra de Cordón Carbotec

7.4.1 Herramientas necesarias

Para la puesta en obra del sistema es necesario: bayetas limpias, batidora de bajas revoluciones, disolvente (para limpieza de útiles), espátula, máquina rotaflex, cúter o tijeras, taladro percutor, bomba de aire o compresor, brocha y rodillo de pelo corto y equipos de protección individual adecuados a los trabajos a realizar definidos en el Estudio de Seguridad y Salud.

7.4.2 Preparación del Cordón Carbotec

- Seleccionar el Cordón con las características técnicas indicadas en el proyecto técnico. Verificar la coincidencia de los siguientes parámetros del conector: diámetro, módulo de elasticidad, etc.
- Retirar las posibles protecciones que pueda incorporar el Cordón.
- El Cordón Carbotec se presenta en formato rollo continuo, debiendo cortar la longitud indicada en el proyecto técnico empleando máquina rotaflex, tijeras o cúter. Por defecto, se calculará la longitud total de corte como la longitud de empotramiento en el soporte más 15 cm de longitud libre para desplegar los filamentos, una vez conformado el Cordón.
- Limpiar la posible suciedad existente en la superficie del Cordón con una bayeta limpia y seca.
- Preparar el Adhesivo Carbotec Impregnante de la forma descrita en § 7.2.4.
- Se debe colocar el Cordón en vertical, suspendido con un contrapeso, aplicando con una brocha Adhesivo Carbotec Impregnante en la zona que será el vástago rígido, amasando dicho adhesivo según las instrucciones indicadas en § 3.4.3.
- Una vez encolado el vástago y con el adhesivo fresco, espolvorear árido de sílice seca de granulometría comprendida entre 0,2 y 0,8 mm, para generar rugosidad. Dejar secar, al menos, 24 h.
- Retirar la redcilla de protección en el extremo o extremos flexibles.



7.4.3 Ejecución de taladros en el soporte

- Replantear la ubicación de los taladros según el proyecto técnico. Deben de realizarse una vez colocados y endurecida la resina de los elementos de refuerzo de fibra de carbono que se deseen anclar al soporte.
- Ejecutar los orificios con taladro percutor. La profundidad de los orificios será ligeramente superior a la longitud del vástago rígido del conector que se desea colocar. Se elegirá una broca cuyo diámetro duplique al del conector que vamos a colocar, al objeto de dejar espacio para la resina de fijación del vástago al soporte.
- Proceder a la limpieza del polvo generado en el interior de los orificios realizados en el soporte mediante la inyección de aire a través de una bomba manual o de un compresor eléctrico.

7.4.4 Instalación del Cordón Carbotec

- La instalación del Cordón conformado y limpio, se realiza de la misma manera que el Cordón Carbotec, tal y como se describe el § 7.3.4.

7.5 Protección del Sistema Carbotec

7.5.1 Protección contra la corrosión

Los sistemas Carbotec, al estar formados por materiales a base de fibras de carbono, son insensibles a la corrosión y, por ello, no precisan protección contra la misma.

7.5.2 Protección al fuego

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.

Para lograr esto último, será necesario emplear elementos de protección que garanticen, mediante ensayos homologados, que la temperatura de la resina y del soporte a nivel del encolado no supera la temperatura de transición vítrea de la misma.

7.5.3 Exposición directa al sol

El refuerzo se protegerá adecuadamente frente a condiciones ambientales o de uso que puedan suponer alcanzar valores elevados de temperatura, especialmente cuando los laminados estén a la intemperie o expuestos al sol.

En aquellos casos en los que se prevea la puesta en obra de los sistemas Carbotec en paramentos exteriores bajo la acción directa del sol

(fachadas, cubiertas, elementos de obra civil expuestos a la intemperie, etc.) es necesario evitar la exposición directa de los elementos de fibra de carbono a la radiación solar, pudiendo utilizar los acabados descritos anteriormente, así como cualquier otro sistema alternativo (revocos, aplacados, pinturas, etc.).

8. MEMORIA DE CÁLCULO

La aplicación fundamental de los refuerzos de fibra de carbono es en estructuras de hormigón armado, teniendo los elementos de fibra de carbono (laminados, tejidos, cordones y conectores) un comportamiento similar al que puede proporcionar la armadura empleada para la resistencia de la sección estructural a las diferentes solicitaciones que sufre el hormigón armado.

En cada caso, el proyecto técnico deberá incluir una memoria de cálculo que justifique el adecuado comportamiento del sistema frente a las acciones previstas, los análisis de estados límites último y de servicio y los coeficientes de seguridad exigibles según la normativa en vigor.

Grupo Puma 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.

El cálculo de elementos de refuerzo con fibra de carbono (flexión, cortante y confinamiento) está basado en la formulación contenida en el FIB Bulletin 90 "*Externally applied FRP reinforcement for concrete structures*".

En base a este documento, existe una publicación de la Asociación de Consultores de Estructuras (ACE), denominada "Monográfico 01 – La fibra de carbono en refuerzo de estructuras de hormigón 2ª edición 2021", en la que Grupo Puma ha colaborado, donde se expresa la formulación y el procedimiento para el cálculo de diferentes escenarios de refuerzos con fibra de carbono, que el proyectista puede emplear para dimensionar refuerzos estructurales con fibras de carbono.

El empleo habitual de este tipo de refuerzos estructurales se realiza en los siguientes casos:

- Flexión: Tiene como objeto el incremento del valor del momento último de la sección estructural.
- Cortante: Tiene como objeto mejorar el comportamiento ante esfuerzos cortantes de la sección estructural, complementando la resistencia a cortante del hormigón y de los estribos existentes en el elemento a reforzar.
- Confinamiento: Se pretende mejorar la resistencia a compresión del hormigón confinado, así como incrementar la ductilidad de



la sección estructural, para mejorar su respuesta ante acciones horizontales (fundamentalmente de tipo sísmico).

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, etc) 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.

9. REFERENCIAS DE UTILIZACIÓN

El fabricante aporta como referencias realizadas con el sistema Carbotec las siguientes obras:

- Reparación y refuerzo por confinamiento de pilares de edificio de viviendas en Torremolinos (Málaga). Tejido Carbotec 300 g/m² (120 m²) y Adhesivo Carbotec Impregnante (120 kg). Años 2019 y 2021.
- Refuerzo de forjados en edificio de apartamentos sito en Torremolinos (Málaga). Lámina Carbotec E>170 GPa 50/1,2 mm (150 m), Conector Carbotec 300 mm x 8 mm S (25 unidades) y Adhesivo Carbotec Lámina (55 kg). Año 2019.
- Refuerzo estructural de edificio de apartamentos sito en Almuñécar (Granada). Lámina Carbotec E>170 GPa 50/1,2 mm (250 m), Conector Carbotec 300 mm x 8 mm S (320 unidades), Adhesivo Carbotec Lámina (155 kg), Tejido Carbotec 400 g/m² (330 m²) y Adhesivo Carbotec Impregnante (365 kg). Año 2020.
- Refuerzo de forjado reticular en vivienda sito en Sotogrande (Cádiz). Lámina Carbotec E>170 GPa 50/1,4 mm (225 m) y Adhesivo Carbotec Lámina (68 kg). Año 2021.
- Refuerzo de vigas en residencia de estudiantes sito en Salamanca. Lámina Carbotec E>170 GPa 100/1,4 mm (125 m) y Adhesivo Carbotec Lámina (88 kg). Año 2021.
- Refuerzo de edificio municipal por cambio de uso en Benahavís (Málaga). Lámina Carbotec E>170 GPa 50/1,4 mm (675 m), Lámina Carbotec E>170 GPa 80/1,4 mm (75 m), Conector Carbotec 300 mm x 8 mm S (22 unidades) y Adhesivo Carbotec Lámina (240 kg). Año 2021.
- Refuerzo de vigas en edificio de viviendas sito en Zaragoza. Lámina Carbotec E>170 GPa 50/1,4 mm (50 m), Conector Carbotec 300 mm x 8 mm S (12 unidades) y Adhesivo Carbotec Lámina (20 kg). Año 2021.
- Refuerzo de viguetas de forjado unidireccional en sede de la Policía Local de Crevillente (Alicante). Lámina Carbotec E>170 GPa 50/1,4 mm (50 m), y Adhesivo Carbotec Lámina (10 kg). Año 2021.

El IETcc ha realizado diversas visitas a obras, así como una encuesta a los usuarios, todo ello con resultado satisfactorio.

10. ENSAYOS

10.1 Ensayos de caracterización

Los ensayos de caracterización para la obtención de este DIT, cuyos resultados se muestran en las Tablas 1 a 8, han sido realizados en laboratorios externos al IETcc y aportados por el fabricante.

10.2. Ensayos de aptitud de empleo

Los ensayos de aptitud de empleo se han realizado en el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (IETcc) (Informe n.º 22 537-I).

10.2.1 Ensayos de vigas a flexión

a) Objeto del ensayo

Para la realización de los ensayos a flexión se fabricaron 5 vigas de hormigón armado de 4,00 m de longitud, 30 cm de anchura y 35 cm de canto.

La armadura de las vigas estaba formada por barras corrugadas de acero B 500 S 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. El hormigón era HA-30.

Una viga se ensayó sin refuerzo externo, como viga de referencia, y 4 vigas fueron reforzadas en la cara inferior con los sistemas que se describen a continuación:

Flexión 1 (V2): Viga sin reforzar.

Flexión 2: (V5): 2 Láminas Carbotec E170 GPa de 50/1,4 mm.

Flexión 3 (V3): 2 Láminas Carbotec E170 GPa de 50/1,4 mm. En cada lámina se dispusieron 2 conectores Carbotec en cada extremo (8 conectores en total).

Flexión 4 (V1): Una capa de Tejido Carbotec de 300 g/m².

Flexión 5 (V4): Una capa de Tejido Carbotec de 300 g/m² con 8 conectores Carbotec (4 en cada extremo).

En los extremos de las vigas, en la zona de los apoyos, se dejó una distancia de 140 mm sin refuerzo.

b) Disposición del ensayo

Las vigas se situaron biapoyadas con una luz entre apoyos de 3,85 m bajo un pórtico de carga.

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

En todos los ensayos se midió la flecha en el centro de vano mediante un flexímetro. Además,



en las vigas reforzadas se midió la deformación del refuerzo de carbono mediante bandas extensométricas.

c) *Resultados obtenidos*

En todos los casos la carga de rotura superó la carga teórica de rotura siendo el comportamiento de los refuerzos satisfactorio.

Flexión 1:

- Carga teórica de rotura: 34,57 kN
- Carga de rotura: 70,24 kN.
- Fallo por flexión con rotura de la armadura de tracción

Flexión 2:

- Carga teórica de rotura: 145,40 kN
- Carga de rotura: 148,58 kN
- Fallo por despegue de las láminas .

Flexión 3:

- Carga teórica de rotura: 145,40 kN
- Carga de rotura: 150,90 kN
- Fallo por despegue de las láminas con rotura de conectores.

Flexión 4:

- Carga teórica de rotura: 124,40 kN.
- Carga de rotura: 141,27 kN
- El fallo se produjo de manera repentina por rotura del tejido de refuerzo en la zona central.

Flexión 5:

- Carga teórica de rotura: 124,40 kN.
- Carga de rotura: 132,50 kN
- El fallo se produjo de manera repentina por despegue del tejido de refuerzo con rotura de conectores de uno de los dos lados.

10.2.2 *Ensayos de vigas a cortante*

a) *Objeto del ensayo*

Para la realización de los ensayos a cortante se fabricaron 2 vigas de hormigón armado de 4,50 m de longitud, 25 cm de anchura y 42 cm de canto. La armadura inferior estaba formada por 6 barras de 20 mm de diámetro de acero corrugado B 500 S dispuestas en 2 capas (4 barras en la primera capa y 2 en la segunda). Como armadura longitudinal superior las vigas llevaban 2 barras de 10 mm de diámetro. La armadura transversal estaba constituida por cercos Ø 8 colocados cada 38 cm. El hormigón era HA-40.

Una de las vigas se ensayó sin refuerzo externo, como referencia, y la otra se reforzó externamente a cortante con el sistema que se describe a continuación:

Viga Q1: Viga sin reforzar

Viga Q2: Una capa de tejido Carbotec de 300 g/m² aplicada en forma de U en toda la viga, con conectores Carbotec instalados cada 30 cm en la parte superior de las dos caras laterales.

La viga que se reforzó tenía las aristas inferiores redondeadas con un radio de curvatura de 25 mm.

b) *Disposición del ensayo*

Las vigas se situaron biapoyadas bajo un pórtico de carga. Sobre cada viga se realizaron de manera sucesiva dos ensayos:

- **Cortante 1:** En primer lugar, se realizó un ensayo sobre la viga con una luz entre ejes de apoyos L1=4,30 m, aplicando una sola carga puntual a una distancia de 1,16 m desde el apoyo.
- **Cortante 2:** Una vez que la viga falló en la zona del extremo cercano a la carga se procedió a realizar un segundo ensayo sobre la misma viga. Para ello se movió el apoyo del extremo donde se produjo el fallo, reduciendo la luz de ensayo L2, y el punto de carga se situó en el lado opuesto a una distancia del apoyo de 1,16 m.

c) *Resultados obtenidos*

En todos los ensayos el fallo se produjo por cortante. Se indica a continuación para cada ensayo la carga de rotura y el correspondiente cortante máximo.

Viga Q1 Cortante 1

- Carga teórica de rotura: 157,34 kN
- Carga de rotura 260,16 kN

Viga Q1 Cortante 2

- Carga teórica de rotura: 185,79 kN.
- Carga de rotura 326,29 kN

Viga Q2 Cortante 1

- Carga teórica de rotura: 205,96 kN
- Carga de rotura 408,3 kN

Viga Q2 Cortante 2

- Carga teórica de rotura: 260,82 kN
- Carga de rotura 552,62 kN

10.2.3 *Ensayos de compresión de pilares*

a) *Objeto del ensayo*

Para la realización de los ensayos de compresión se fabricaron 3 pilares de hormigón armado de 2,40 m de altura y 0,30 x 0,30 m de sección. Las aristas estaban redondeadas, siendo el radio de curvatura de aproximadamente 40 mm.

Los pilares estaban armados longitudinalmente con 4 barras de 12 mm de diámetro. La armadura transversal estaba constituida por cercos Ø 8 cada 20 cm, reforzado en cabeza con 2 Ø 8 cada 10 cm (abarcando 50 cm). El acero es B 500 S. El hormigón era HA-30.

Un pilar se ensayó sin refuerzo externo, como pilar de referencia y los otros dos se reforzaron mediante confinamiento con tejido Carbotec:

P0 Pilar de referencia (sin refuerzo)



P1 1 capa de tejido de 300 g/m² aplicada de forma continua, envolviendo el pilar y con un solape de 20 cm en la dirección de las fibras.

P2 2 capas de tejido de 300 g/m² aplicada de forma continua, envolviendo el pilar y con un solape de 20 cm en la dirección de las fibras.

b) *Disposición del ensayo*

Se colocó cada pilar perfectamente aplomado entre los platos de una prensa de husillos y se aplicó una carga vertical centrada en el eje del pilar hasta rotura.

Se colocaron una serie de bandas extensométricas y captadores para medir y registrar la deformación de la fibra y la deformación axial.

c) *Resultados obtenidos*

En los pilares reforzados el fallo se produjo por rotura a tracción del encamisado de fibra de carbono en el tramo inferior del pilar en diversos puntos cercanos a las esquinas del pilar. No se produjo fallo en el solape del refuerzo.

P0

- Carga teórica de rotura: 1 633,77 KN.
- Carga máxima: 2 919,8 kN

P1

- Carga teórica de rotura: 1 990,61 KN
- Carga máxima: 3 057,2 kN

P2

- Carga teórica de rotura: 2.296,87 KN.
- Carga máxima: 3 203,7 kN

En todos los casos la carga de rotura superó la carga teórica de rotura siendo el comportamiento de los refuerzos satisfactorio.

11. EVALUACIÓN DE LA APTITUD DE EMPLEO

11.1 Cumplimiento de la reglamentación nacional

11.1.1 SE - Seguridad estructural

Los Sistemas Carbotec son sistemas de refuerzo de estructuras de hormigón armado, y por lo tanto contribuyen a la estabilidad y capacidad de carga.

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 describe en § 8 (memoria de cálculo) del presente documento.

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.

Se prestará especial atención a una verificación 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, etc.), la estructura no colapse.

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.

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.

Debe tenerse en cuenta que las propiedades físicas y mecánicas de los adhesivos disminuyen rápidamente al alcanzarse su temperatura de transición vítrea.

En caso de incendio, no se considera la contribución de los sistemas de refuerzo 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.

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.

11.1.6 HR - Protección frente al ruido

No procede.

11.1.5 HE - Ahorro energético

No procede.



11.2 Gestión de residuos

Se seguirán las especificaciones del 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, el fabricante o el aplicador se adherirá al Plan de Gestión de Residuos del contratista principal.

11.3 Mantenimiento y condiciones de servicio

Se considera que el sistema Carbotec tiene 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 exposición prolongada a la radiación ultravioleta. No se ha verificado la durabilidad de los sistemas en caso de ambientes agresivos.

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.

11.5 Otros aspectos

11.5.1 Información medioambiental

Grupo Puma tiene implantado un sistema de gestión medioambiental certificado por BUREAU VERITAS, con número ES 116203-3, de acuerdo con la norma UNE-EN ISO 14001:2015

⁽⁷⁾ 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. Derechos de comercialización del producto o sistema.
- b) 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.

⁽⁸⁾ La Comisión de Expertos estuvo integrada por representantes de los siguientes Organismos y Entidades:

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 la fabricación de los elementos se realiza en empresas que aseguran la calidad requerida y la homogeneidad de los mismos;
- 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⁽⁷⁾

Las principales observaciones de la Comisión de Expertos⁽⁸⁾ 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.
- Se debe tener en cuenta las limitaciones establecidas en el Boletín 90 del FIB relativas

- Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos de España (CSCAE).
- Universidad Politécnica de Madrid (UPM).
- Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica de Madrid (EUATM).
- Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid (ETSAM).
- DRAGADOS, S.A.
- FCC Construcción, S.A.
- SGS TECNOS, S.A.
- CPV Control técnico y Prevención de Riesgos S.A.
- AENOR.
- M.º de Defensa – Unidad de Obras, Instalaciones y Mantenimiento (MINISDEF – UOIM)
- Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (IETcc).



al refuerzo por confinamiento de pilares de sección rectangular.

- La idoneidad de ambos 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 limpieza de la superficie a reparar antes de la aplicación de la cola epoxídica que corresponda.
- 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, ya sea como consecuencia de un incendio, por la acción del sol, o por cargas térmicas propias del uso que vaya a tener el edificio donde se ejecute el refuerzo.
- Se debe evaluar con cuidado el estado límite último (ELU) de la estructura en caso de incendio, según lo recogido en el CTE-SB-SI, SI-6, relativo a Resistencia al fuego de la estructura, en función de los coeficientes reflejados en el CTE-DB-SE sobre Seguridad Estructural.
- En caso de incendio se debe comprobar que el coeficiente de seguridad de la estructura sin reforzar sea superior a la unidad.
- 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 Informe Técnico.
- Se insiste en la importancia de garantizar que los refuerzos sean ejecutados por personal cualificado y acreditado por Grupo Puma España, S.L.
- Se recomienda que una copia del presente Documento de Idoneidad Técnica se incorpore al Libro del Edificio.

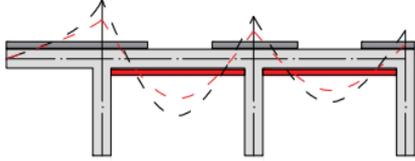


14. INFORMACIÓN GRÁFICA

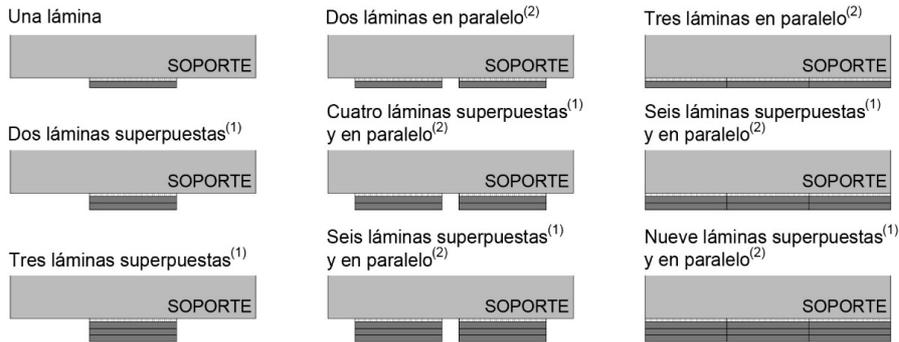
NOTA: Los detalles recogidos en las figuras son orientativos, debiendo definirse para cada proyecto. El tipo, disposición y número de laminados y tejidos será determinado por el proyectista.

Figura 1. Sistema Lámina Carbotec para refuerzo a momento positivo en vigas

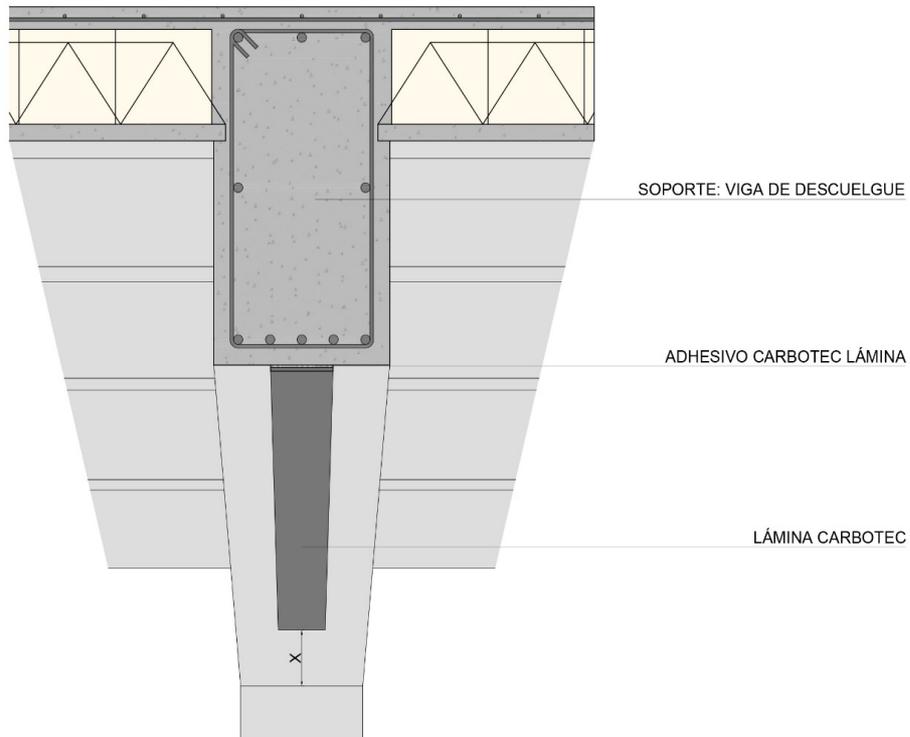
Situación del refuerzo



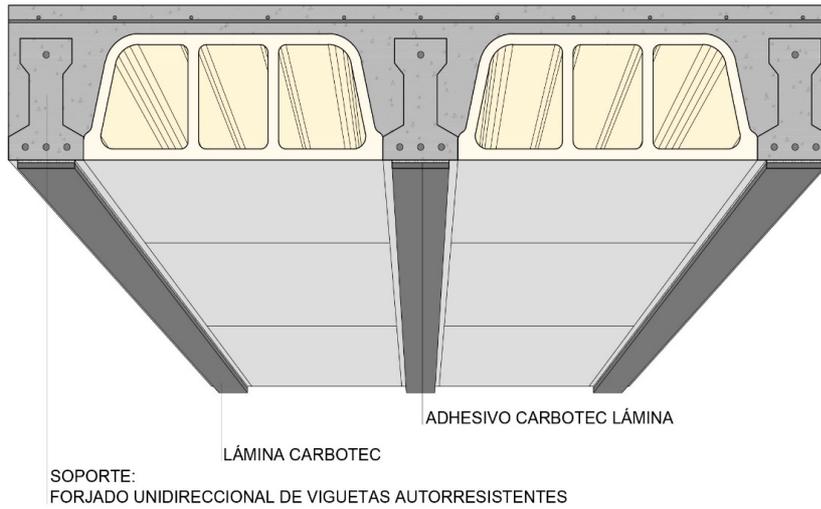
Procedimiento de colocación de varios laminados de refuerzo



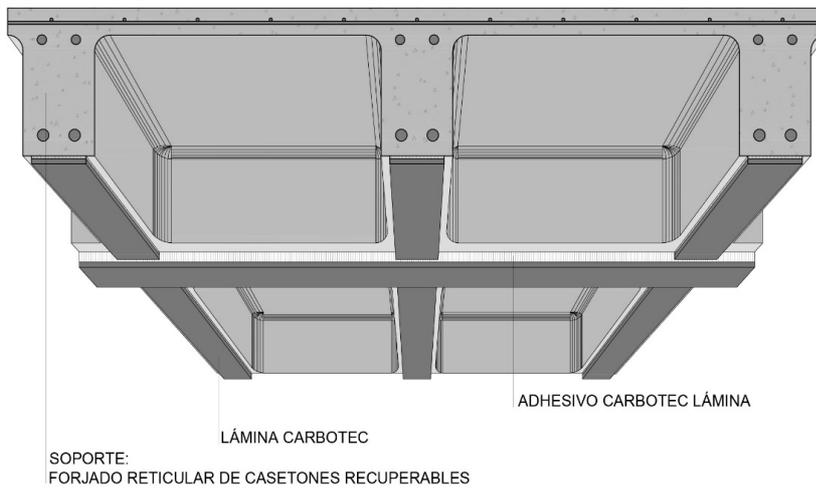
Ejemplo 1.1 Refuerzo de viga de descuelgue a flexión con Lámina Carbotec



Ejemplo 1.2 Refuerzo de forjado de viguetas autorresistentes a flexión con Lámina Carbotec



Ejemplo 1.3 Refuerzo de nervios de forjado reticular a flexión con Lámina Carbotec



Ejemplo 1.4 Refuerzo de losa armada a flexión con Lámina Carbotec

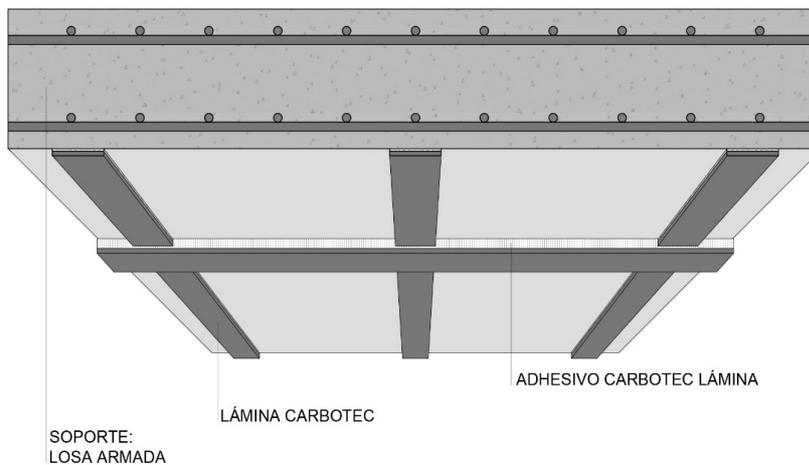
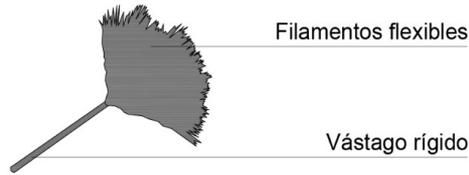
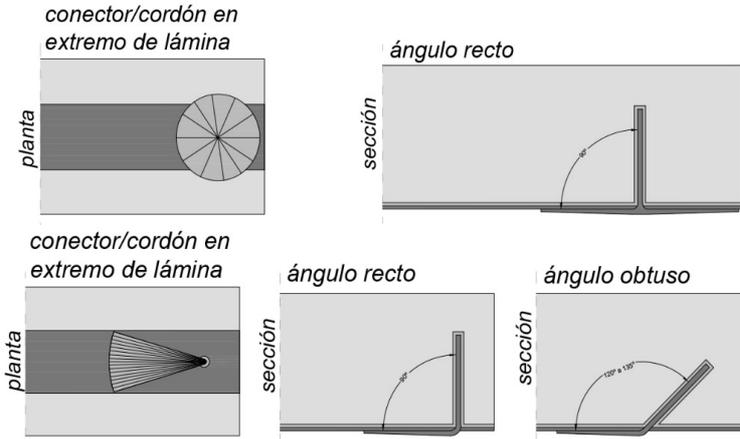


Figura 2. Conector/ Cordón Carbotec sobre Lámina Carbotec



Diferentes métodos de colocación del Conector / Cordón Carbotec



Ejemplos de colocación del Conector/ Cordón Carbotec en el extremo del soporte por insuficiente longitud de anclaje en prolongación.

Ejemplo 2.1 Método extendido central.

Ejemplo 2.2 Método extendido lateral.

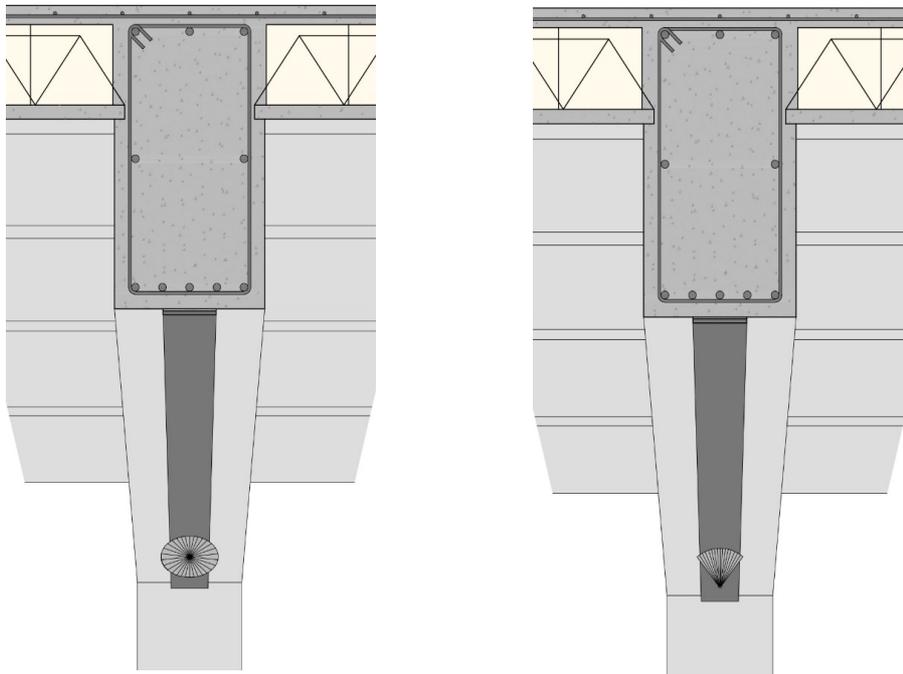
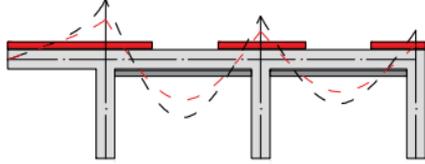
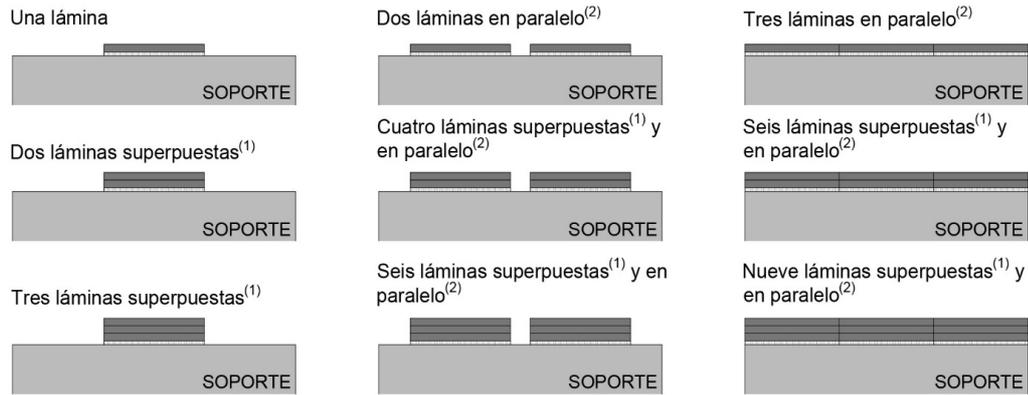


Figura 3. Sistema Lámina Carbotec para refuerzo a momento negativo

Situación del refuerzo



Procedimiento de colocación de varios laminados de refuerzo



Ejemplo de refuerzo de ábaco central a momento negativo con Lámina Carbotec en forjado reticular

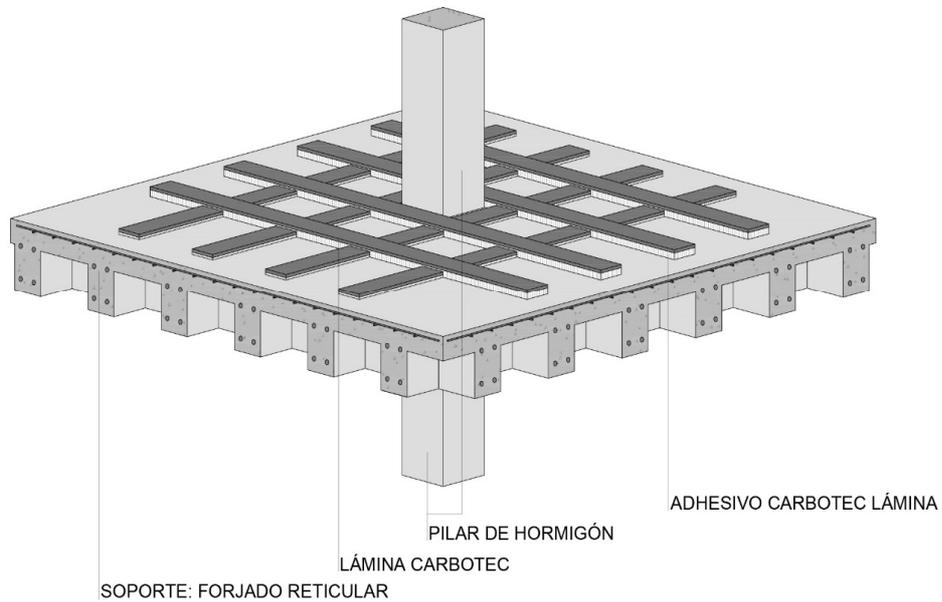
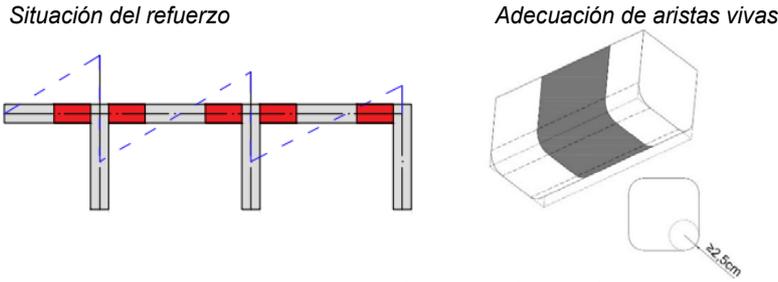
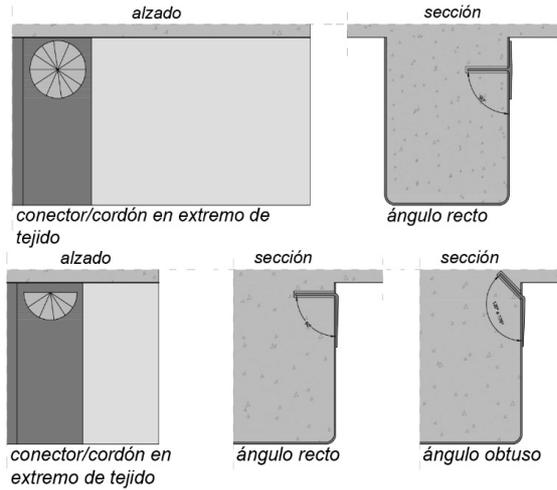


Figura 4. Sistemas Tejido Carbotec y Conector o Cordón Carbotec para refuerzo a cortante en vigas

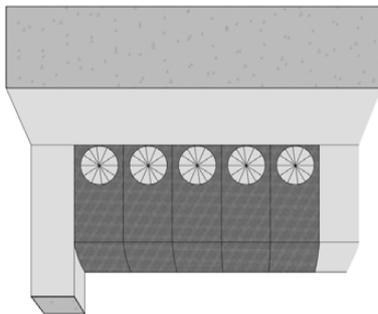


Diferentes métodos de colocación del Conector / Cordón Carbotec

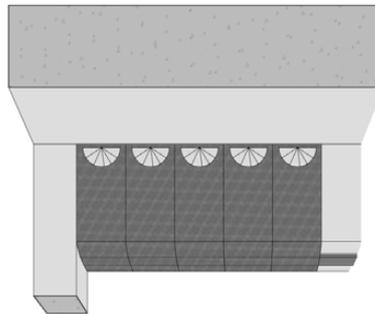


Ejemplos de colocación del Conector/ Cordón Carbotec en refuerzo de vigas a cortante

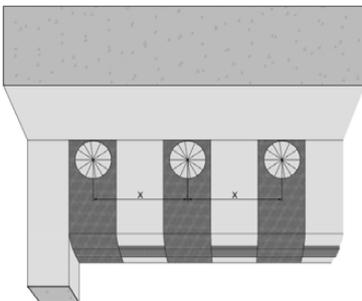
Ejemplo 4.1 Refuerzo continuo y Conectores/Cordones extendidos centrales



Ejemplo 4.2 Refuerzo continuo y Conectores/Cordones extendidos laterales



Ejemplo 4.3 Refuerzo discontinuo y Conectores/Cordones extendidos centrales



Ejemplo 4.4 Refuerzo discontinuo y Conectores/Cordones extendidos laterales

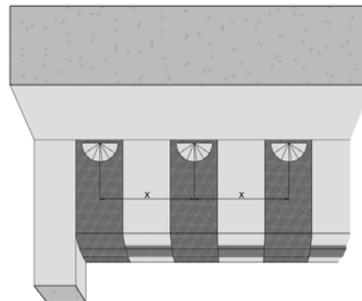
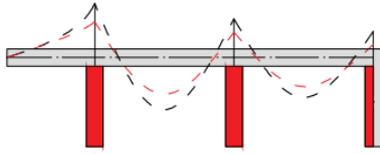


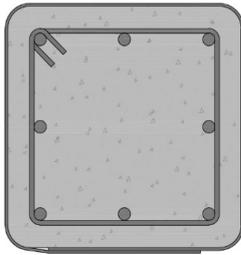
Figura 5. Sistema Tejido Carbotec para confinamiento de pilares

Situación del refuerzo

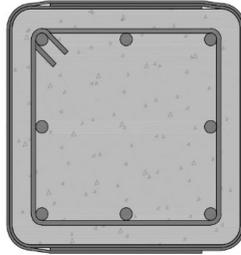


Superposición de Tejidos Carbotec

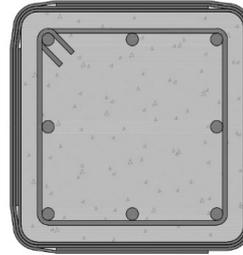
Un tejido



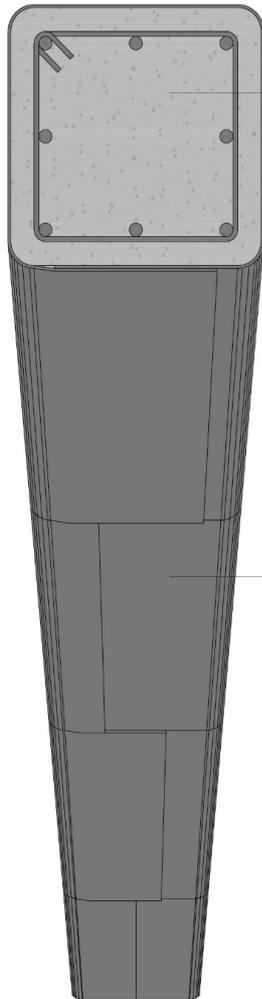
Dos tejidos superpuestos



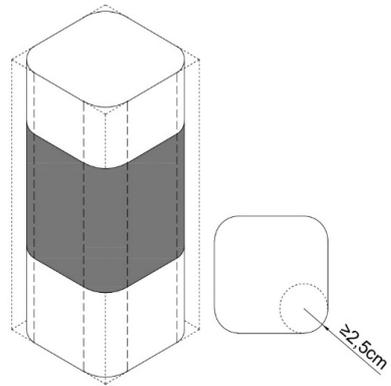
Tres tejidos superpuestos



Confinamiento de pilar cuadrado con Tejido Carbotec para incremento de su resistencia a compresión



SOPORTE:
PILAR CUADRADO



TEJIDO CARBOTEC
(tomado con Adhesivo Carbotec
Impregnante)

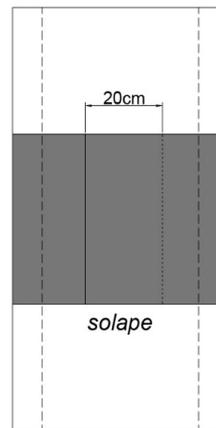
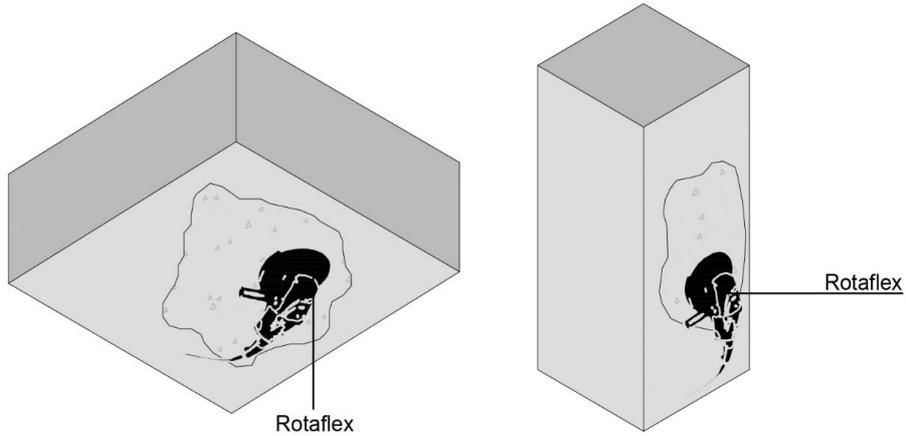


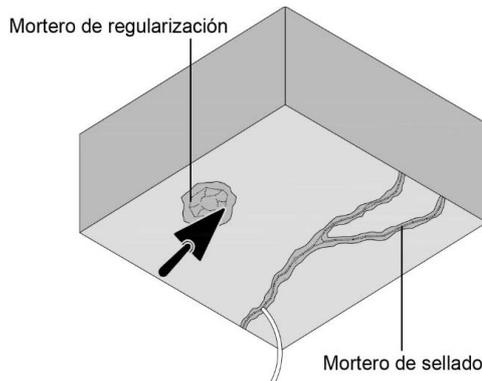
Figura 6. Preparación de los elementos a reforzar

6.1. *Lijado superficial para eliminar lechadas débiles, suciedad, manchas, partes disgregadas, etc.*

RECOMENDACIÓN: Abrir el poro del soporte cementoso para favorecer el correcto anclaje de las resinas empleadas para la fijación de los refuerzos de fibra de carbono. Es importante volver a limpiar el polvo generado por esta operación.



6.2. *Inyección de fisuras mayores de 2 mm y reperfilado de la superficie con mortero de regularización*



RECOMENDACIÓN:
Limpiar convenientemente la superficie de la fisura, para asegurar el correcto funcionamiento del mortero de sellado, y la superficie a regularizar.

6.3. *Redondeo de aristas vivas formando una circunferencia de 2,5 cm de radio mínimo*

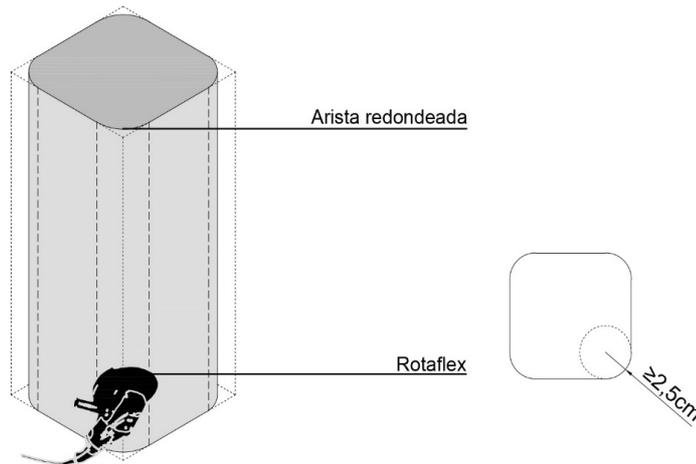
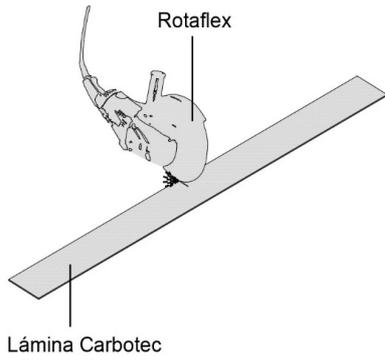
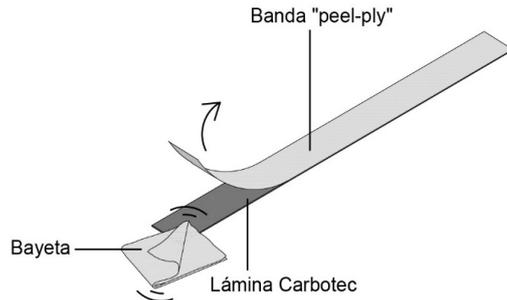


Figura 7. Sistema Lámina Carbotec Puesta en obra

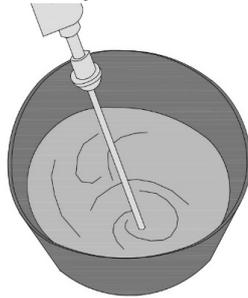
7.1 Corte de la Lámina Carbotec.



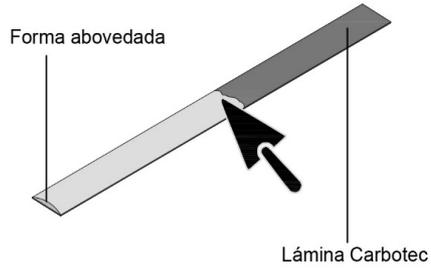
7.2 Retirada de la lámina peel-ply y limpieza del laminado.



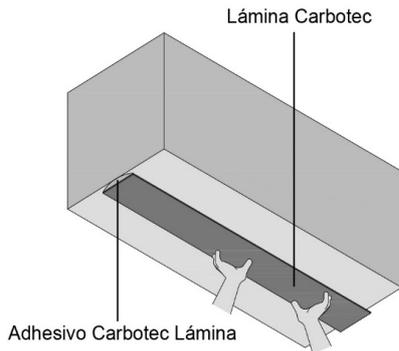
7.3 Preparación de Adhesivo Carbotec Lámina. Batidora de bajas revoluciones.



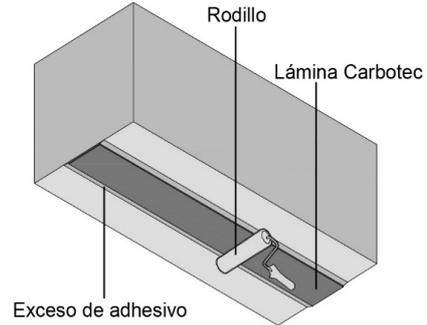
7.4 Aplicación del Adhesivo Carbotec Lámina.



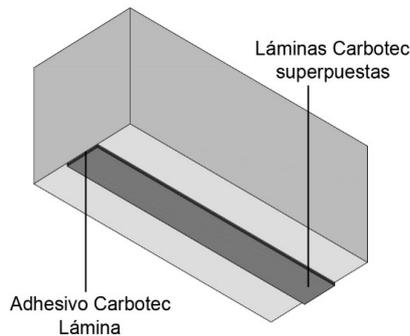
7.5 Presentación de Lámina Carbotec.



7.6 Presionar uniformemente con un rodillo y limpiar exceso de adhesivo.



7.7 En caso de superponer dos láminas esperar a que el adhesivo de la primera haya endurecido para proceder a aplicar la segunda de la misma manera que se aplicó la primera.



7.8 En caso de ser necesario aplicar una capa de protección del refuerzo, aplicar una nueva capa de Adhesivo y espolvorear arena de sílice sobre el adhesivo fresco.

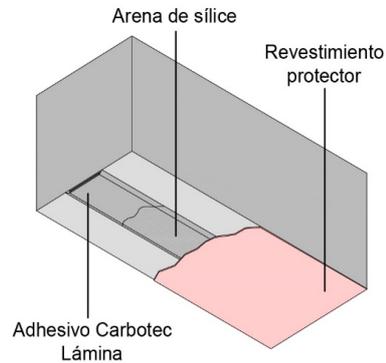
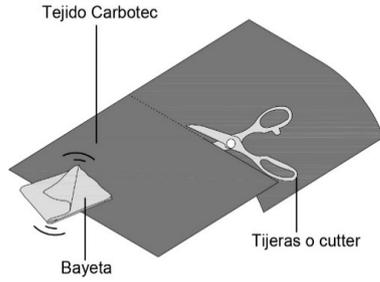
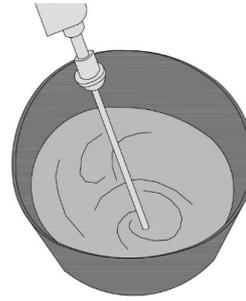


Figura 8. Sistema Tejido Carbotec Puesta en obra

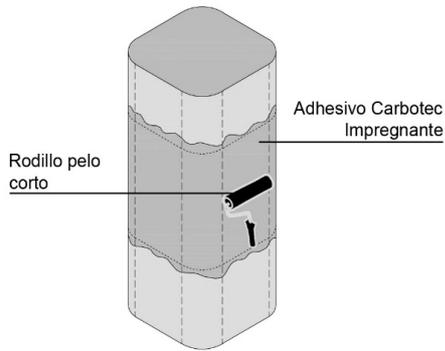
8.1 Preparación del Tejido Carbotec



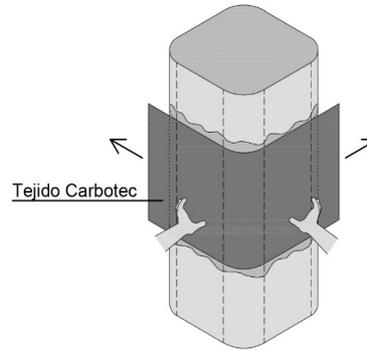
8.2 Preparación del Adhesivo Carbotec Impregnante



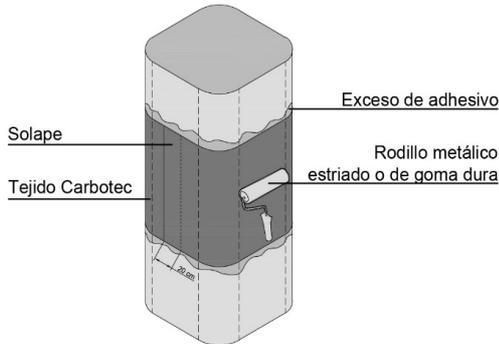
8.3 Aplicación del Adhesivo Carbotec Impregnante.



8.4 Colocación del tejido. Solapes ≥ 20 cm



8.5 Presionar con un rodillo. Repetir pasos 8.3, 8.4 y 8.5 en caso de colocar varias capas



8.6 En caso de ser necesario aplicar una capa de protección del refuerzo, aplicar una nueva capa de Adhesivo y espolvorear arena de sílice sobre el adhesivo fresco

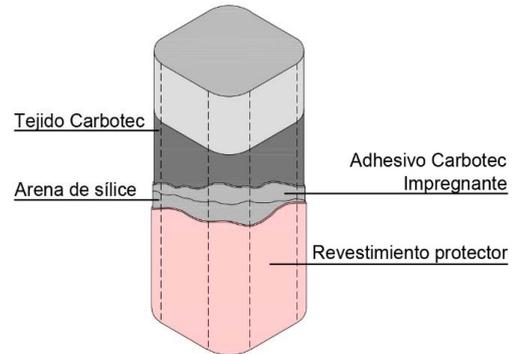
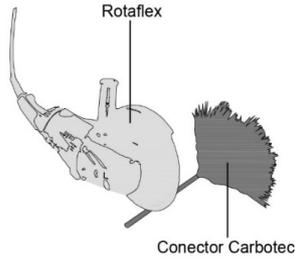
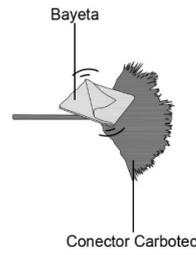


Figura 9. Conector Carbotec: Puesta en obra

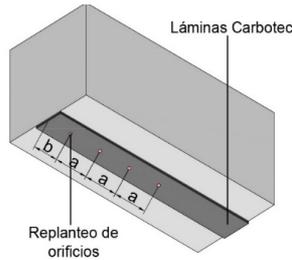
9.1 Cortar el vástago a la longitud indicada en el Proyecto Técnico



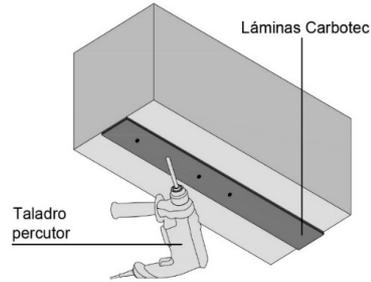
9.2 Retirar protecciones del Conector y limpiar



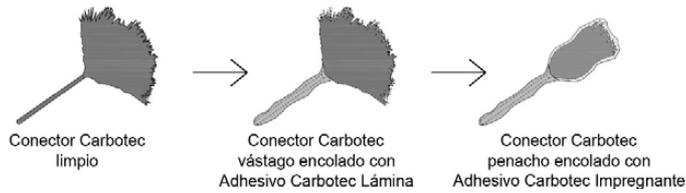
9.3 Replanteo de orificios



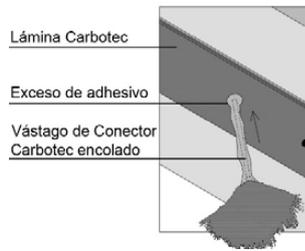
9.4 Ejecución de orificios con taladro percutor



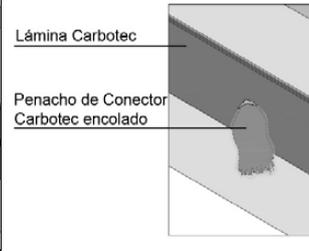
9.5 Aplicación del Adhesivo Carbotec Lámina en el vástago y Adhesivo Carbotec Impregnante en filamentos flexibles



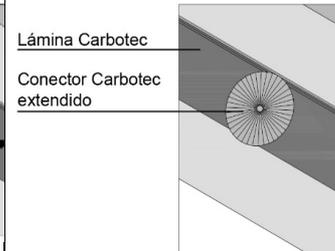
9.6 Empotrar vástago del Conector Carbotec en orificios practicados



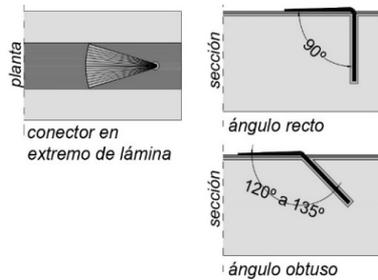
9.7 Impregnación de los filamentos flexibles con Adhesivo Carbotec Impregnante



9.8 Extensión y pegado de los filamentos flexibles sobre el laminado o tejido a anclar



9.9 Detalle de opciones de colocación del vástago del conector



9.10 En caso de ser necesario aplicar una capa de protección del refuerzo, aplicar una nueva capa de Adhesivo y espolvorear arena de sílice sobre el adhesivo fresco

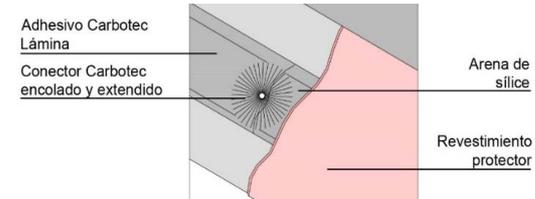
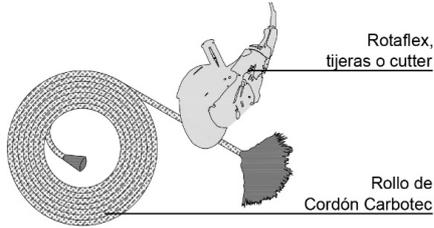
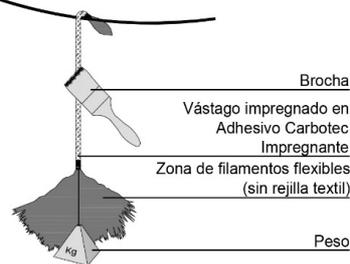


Figura 10. Cordon Carbotec: Puesta en obra

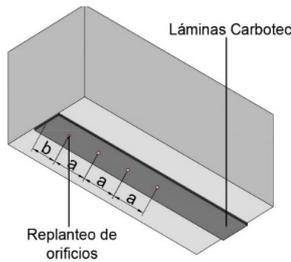
10.1 Cortar el vástago a la longitud indicada en el Proyecto Técnico



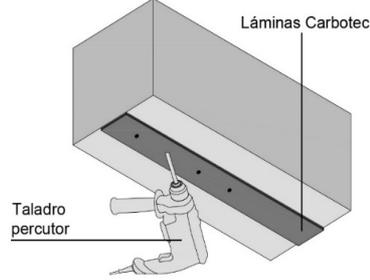
10.2 Aplicar el Adhesivo Carbotec Impregnante sobre los filamentos del Cordon, dejando un extremo sin impregnar. Espolvorear árido de sílice seco en el vástago.



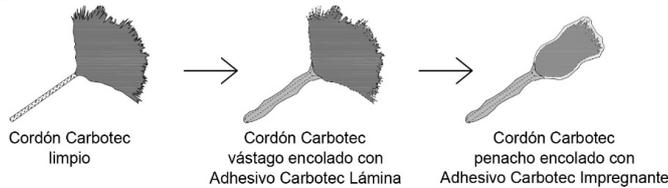
10.3 Replanteo de orificios



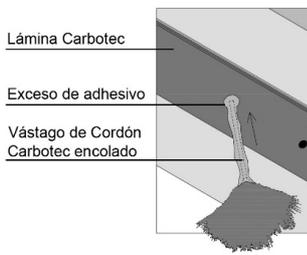
10.4 Ejecución de orificios con taladro percutor



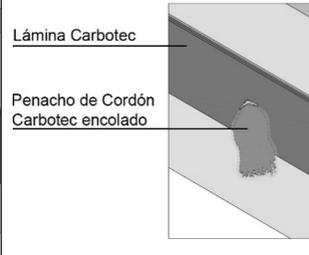
10.5 Aplicación del Adhesivo Carbotec Lámina en el vástago y Adhesivo Carbotec Impregnante en filamentos flexibles



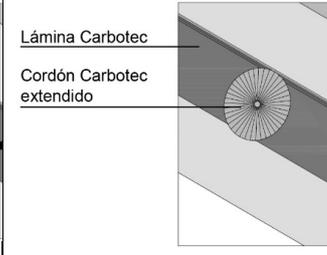
10.6 Empotrar vástago del Cordon Carbotec en orificios practicados



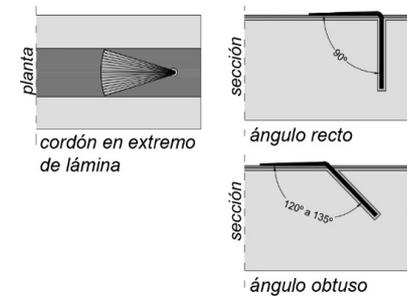
10.7 Impregnación de los filamentos flexibles con Adhesivo Carbotec Impregnante



10.8 Extensión y pegado de los filamentos flexibles sobre el laminado o tejido a anclar



10.9 Detalle de opciones de colocación del vástago del conector



10.10 En caso de ser necesario aplicar una capa de protección del refuerzo, aplicar una nueva capa de Adhesivo y espolvorear arena de sílice sobre el adhesivo fresco

