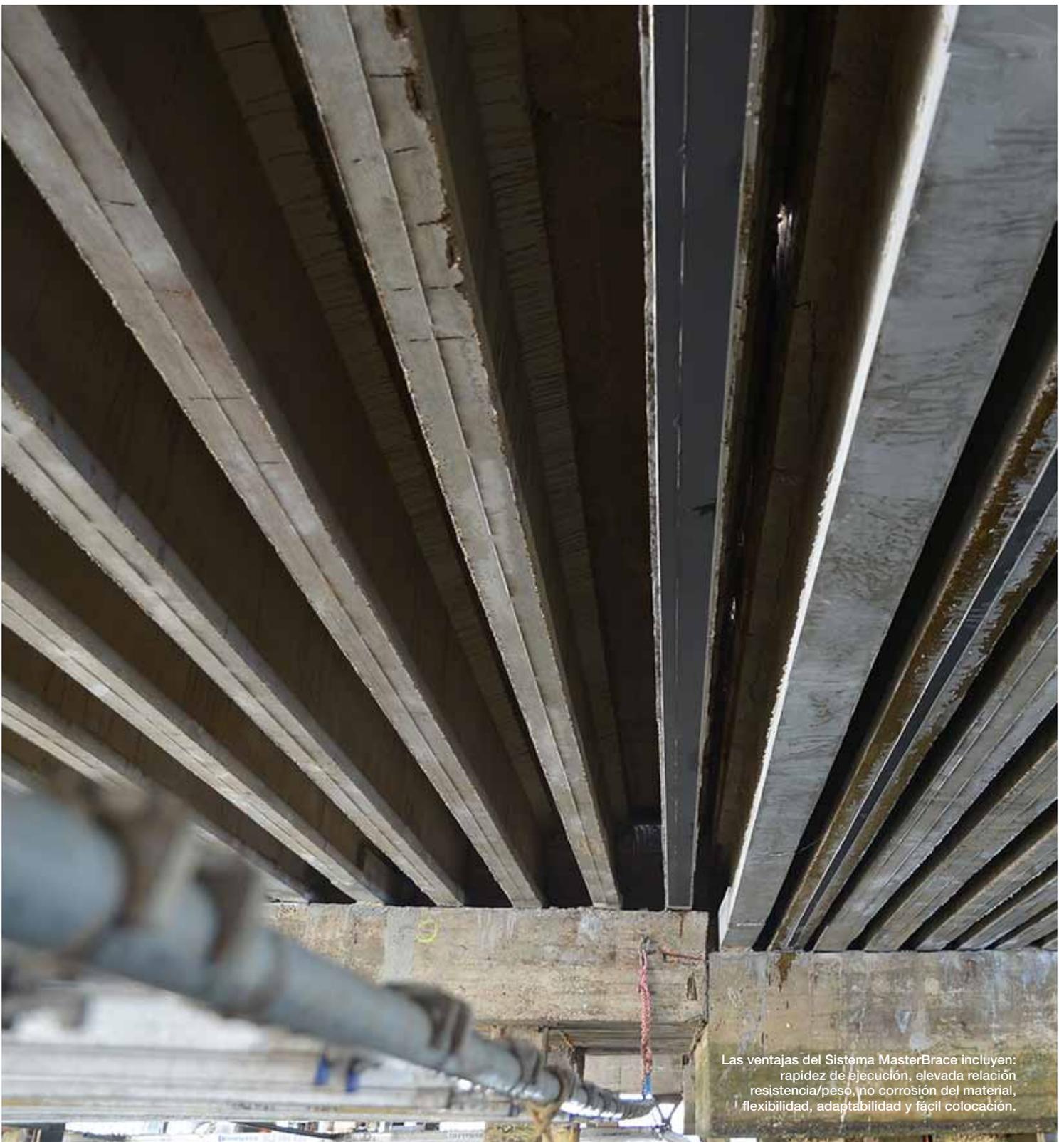




## MasterBrace

Refuerzo estructural a base de materiales compuestos de fibra de carbono





Las ventajas del Sistema MasterBrace incluyen: rapidez de ejecución, elevada relación resistencia/peso, no corrosión del material, flexibilidad, adaptabilidad y fácil colocación.

## Contenido

- 03 \_MasterBrace. Refuerzo Estructural a base de materiales compuestos
- 04 \_Productos e instalación
- 09 \_MasterBrace LAM: Componentes e instalación
- 11 \_MasterBrace FIB: Componentes e instalación
- 12 \_Aplicaciones
- 13 \_Refuerzo MasterBrace. Ejemplos
- 14 \_Refuerzo MasterBrace. Guía de uso Certificaciones
- 15 \_BIM. Building Information Modeling
- 16 \_Normativa
- 17 \_Ensayos
- 18 \_Diseño. Refuerzo a flexión
- 20 \_Diseño. Refuerzo a confinamiento
- 21 \_Diseño. Refuerzo a cortante
- 22 \_Completa gama de soluciones para la reparación y rehabilitación de estructuras
- 23 \_Master Builders Solutions de BASF



# MasterBrace. Refuerzo Estructural a base de materiales compuestos

**El empleo de materiales compuestos basados en fibras poliméricas embebidas en resina (FRP – Fiber Reinforced Polymer) se llevan utilizando durante más de 30 años en aplicaciones aeroespaciales, que requieren pesos ligeros y propiedades estructurales de alta resistencia a la tracción y a la corrosión.**

En aplicaciones de ingeniería civil, los compuestos FRP vienen siendo utilizados durante más de 20 años en actuaciones de refuerzo sobre forjados, tableros de puente, pilares y otros elementos estructurales como refuerzo por adhesión externa.

## Materiales FRP

La gran eficacia de los materiales FRP en todas las aplicaciones anteriores se debe a que presentan una elevada relación resistencia/peso, y una alta durabilidad en ambientes agresivos; unido a su ligereza, una gran facilidad de transporte, manipulación e instalación. Debido a la ligereza, flexibilidad y adaptabilidad de estos materiales a diversas geometrías, el Sistema de Refuerzo Estructural MasterBrace utiliza las propiedades de los materiales FRP, para resolver refuerzos a flexión, cortante y confinamiento que no podrían realizarse mediante sistemas tradicionales.

## Campo de aplicación

### Actualizar capacidades de carga de estructuras de hormigón y albañilería

- Aumenta la resistencia a flexión en vigas de hormigón, losas y muros.
- Aumenta la resistencia a cortante en vigas de hormigón y muros.
- Mejora la capacidad resistente en pilas, columnas, silos de hormigón, tuberías y túneles.

### Recupera la capacidad resistente inicial de estructuras de hormigón dañadas

- Sustituye barras de acero afectadas por la corrosión.
- Sustituye tendones de postesado dañados.
- Confiere al hormigón un estado de confinamiento en columnas, pilas, silos y depósitos.

### Solventar defectos de proyecto o ejecución

- Reemplaza la falta de sección de acero de refuerzo.

### Comportamiento frente al sismo

- Mejora la resistencia y ductilidad de las columnas y pilas de hormigón.
- Evita roturas frágiles en vigas y muros de hormigón.

## Sistema de Refuerzo con Fibra de Carbono

El sistema de refuerzo estructural MasterBrace está formado por materiales compuestos (fibras de elevadas prestaciones y altamente resistentes) embebidas en una matriz polimérica o sintética adherente (resina epoxi).

Estos sistemas van adheridos externamente al elemento estructural a reforzar. El sistema formado es un refuerzo que trabaja siempre a tracción, aportando la fibra el esqueleto resistente, mientras que la transmisión de esfuerzos rasantes entre las fibras y el soporte lo proporciona la resina.

El sistema de Refuerzo MasterBrace presentan tres tipos de formato: laminados, tejidos y barras.

- **Laminados preformados de carbono y adhesivo estructural:** Éste es el formato más habitual, está diseñado para conseguir una rápida ejecución, mediante adhesión de laminados preformados unidireccionales a la estructura base, con adhesivos estructurales de naturaleza epoxi. El adhesivo garantiza la perfecta adherencia y transmisión de esfuerzos, de alta durabilidad y una fácil puesta en obra sin necesidad de apuntalado o sujeción de las láminas.
- **Hoja de fibra flexible, y saturante para impregnación in situ:** La flexibilidad de este formato permite la adaptación al soporte, con una impregnación in situ, con gran adaptabilidad a geometrías y garantizando la perfecta adhesión estructural. Este sistema optimiza la cuantía de fibra, permite un refuerzo en varias direcciones con unos espesores mínimos. La viscosidad específica del saturante permite la perfecta impregnación de la hoja de fibra MasterBrace, en todo su espesor, sin oclusión de aire ni descuelgue.
- **Barras:** específicamente orientadas a conseguir una solución duradera, mediante la inserción en rozas en los paramentos o en taladros, mejorando el comportamiento de adherencia y de longitud de anclaje. Adicionalmente este formato permite el empleo de adhesivos cementosos, mejorando su comportamiento a altas temperaturas.
- **Mallas:** tanto de fibra de carbono como de vidrio, se aplican para reforzar muros de fábrica, de hormigón o de morteros, embebidas en saturante epoxi, o en recrecidos de mortero de reparación o de cal. Permiten reducir el espesor de los recrecidos respecto al armado tradicional metálico.



## Productos e instalación

### MasterBrace es un sistema de refuerzo validado y certificado.

Los materiales compuestos están formados por una cantidad variable de fibras de elevadas prestaciones embebidas en una matriz polimérica o sintética, de propiedades conocidas. El comportamiento resistente del compuesto viene determinado por la calidad, cuantía, orientación y distribución de las fibras en la sección.

#### MasterBrace LAM 165/3000

##### Laminado de fibra de carbono

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

#### Datos Técnicos - MasterBrace LAM

CARACTERÍSTICAS	MÉTODOS DE ENSAYO	UNIDADES	MasterBrace LAM LAMINATE 165/3000
Densidad	-	g/cm <sup>3</sup>	aprox. 1,6
Volumen de fibra	-	%	aprox. 70
Temperatura de aplicación (soporte y material) mínima/máxima	-	°C	+5 / +30
Módulo de elasticidad mínimo	EN 2561	GPa	165
Módulo de elasticidad medio		GPa	170
Resistencia a tracción última mínima		MPa	3000
Resistencia a tracción media		MPa	3100
Elongación a rotura mínima		%	1,6
Elongación a rotura media		%	1,9

Los valores medios son indicativos. Sólo están garantizados los valores mínimos.

### MasterBrace FIB 300/50 CFS y 450/25 CFS

#### Tejidos de fibra de carbono

El sistema de refuerzo MasterBrace FIB está compuesto por hojas de fibra de carbono (agrupaciones de fibras puras que se disponen en una, dos o más direcciones formando el tejido), el cual se embebe en la matriz polimérica en la propia obra.

#### Datos Técnicos - MasterBrace FIB

CARACTERÍSTICAS	UNIDADES	MasterBrace FIB 300/50 CFS	MasterBrace FIB 450/25 CFS
Espesor diseño	mm	0,165	0,255
Peso hoja	g/cm <sup>3</sup>	300	450
Ancho hoja	mm	500	500
Longitud hoja/rollos	m	100	50
Módulo de elasticidad medio	GPa	230	230
Módulo de elasticidad mínimo	GPa	221	221
Resistencia a tracción media	MPa	4900	4900
Resistencia a tracción mínima	MPa	4510	4510
Elongación a rotura media	%	1,3	2,1

Los valores medios son indicativos. Sólo están garantizados los valores mínimos.

### MasterBrace BAR 165/2500

#### Barras pultrusas de fibra de carbono

El proceso de fabricación de los laminados incorpora la fibra de carbono dentro de una matriz epoxi, mediante un procedimiento completamente industrializado y de estricto control de calidad. MasterBrace BAR se presenta en barras precortadas de 3 metros de longitud.

#### Datos Técnicos - MasterBrace BAR

CARACTERÍSTICAS	MÉTODOS DE ENSAYO	UNIDADES	MasterBrace BAR 165/2500
Densidad	-	g/cm <sup>3</sup>	aprox. 1,6
Volumen de fibra	-	%	68
Dirección de la fibra	-	mm	0,100
Diámetro nominal	-	mm	8
Sección nominal	-	mm <sup>2</sup>	50
Peso lineal	-	g/m	79
Módulo de elasticidad mínimo	NF EN 2561	GPa	158
Módulo de elasticidad medio		GPa	165
Resistencia a tracción mínima		MPa	2200
Resistencia a tracción media		MPa	2500
Elongación a rotura característica		%	1.3
Elongación a rotura media		%	1.5

Los valores medios son indicativos. Sólo están garantizados los valores mínimos.

**MasterBrace NET****Refuerzo de fibra bidireccional**

MasterBrace Net es un refuerzo de fibras bidireccional en fibra de carbono y vidrio alcalino-resistente, que se presenta como malla superficial.

**Datos Técnicos - MasterBrace NET**

CARACTERÍSTICAS	MasterBrace NET CF 200/100 CFS	MasterBrace NET CF 220/100 GF
Tipo de fibra	Carbono	Vidrio
Densidad superficial	200 g/m <sup>2</sup>	220 g/m <sup>2</sup>
Distribución de las fibras en las dos direcciones de la malla (trama-urdimbre)	Equilibrado (50-50%)	80-20 %
Módulo elástico característico a tracción, ASTM D3039	230 GPa	230 GPa
Deformación última (ASTM D3039)	1,4%	2,5 %
Espesor equivalente para cada una de las dos direcciones	0,048 mm	0,048 mm
Resistencia característica a tracción (ASTM D3039)	> 2500 MPa	1300 MPa
Resistividad eléctrica	1,6·10 <sup>-5</sup> Ω·m Conductivo	No conductivo

Los valores medios son indicativos. Sólo están garantizados los valores mínimos.

**MasterBrace CON****Conectores de fibra a modo de cordón**

Conectores de carbono o de vidrio alcalino-resistente consistentes en hilos de fibra de carbono o de fibra de vidrio entrelazados dentro de un cordón.

**Datos Técnicos - MasterBrace CON**

CARACTERÍSTICAS	MasterBrace CON 10/12 CFS	MasterBrace CON 10 GF
Tipo de fibra	Carbono	Fibra de vidrio
Diámetro	10/12 mm	10 mm
Módulo elástico característico a tracción, ASTM D3039	230 GPa	65 GPa
Deformación última (ASTM D3039)	1,4%	4%
Coefficiente de expansión térmica	10 <sup>-7</sup> K <sup>-1</sup>	5·10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>
Resistividad eléctrica	1,6·10 <sup>-5</sup> Ω·m	No conductivo

Los valores medios son indicativos. Sólo están garantizados los valores mínimos.

Las ventajas del Sistema MasterBrace incluyen una elevada relación resistencia/peso, no corrosión del material, flexibilidad, adaptabilidad y fácil colocación



Refuerzo estructural mediante aplicación de laminado de fibra de carbono MasterBrace LAM





# MasterBrace LAM: Componentes e instalación

## MasterBrace P 3500 (Imprimación)

Imprimación epoxi de baja viscosidad para sellar los poros del hormigón.

## MasterBrace ADH 4000 (Adhesivo)

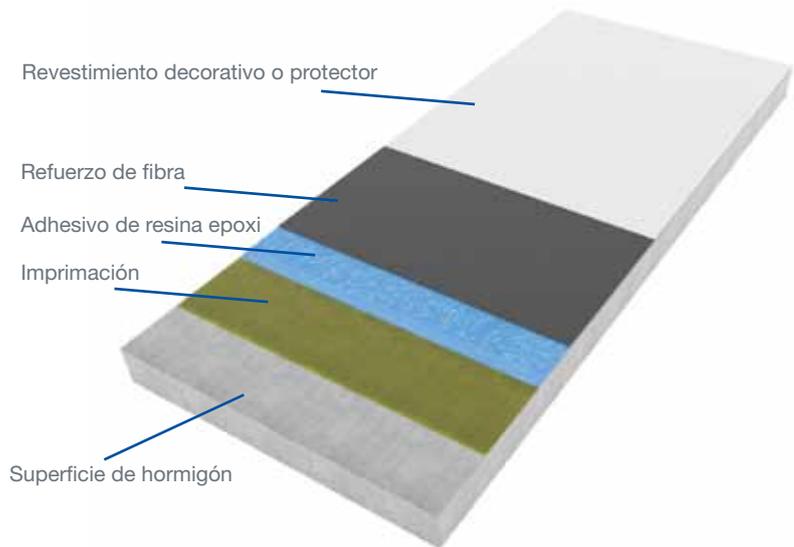
Pasta epoxídica espatulable para regularización de la superficie y adhesivo de MasterBrace LAM.

## Refuerzo de fibra MasterBrace LAM

Laminados preformados de fibra de carbono.

## Revestimiento decorativo o protector

Acabado de morteros poliméricos, o de pintura, que tiene la finalidad de mejorar el aspecto y proteger el refuerzo frente a impactos, rayos ultravioletas y actos vandálicos.



## Instalación

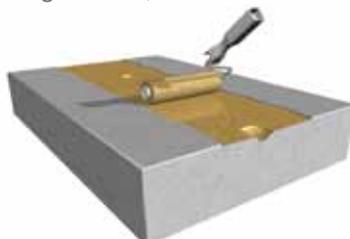
Los laminados son un compuesto preformados de fábrica que se adhiere al elemento mediante la colocación previa del adhesivo a la superficie del hormigón. La característica principal de este formato es su colocación en refuerzos lineales (vigas).

Cuando el soporte existente está degradado, no es homogéneo, o no tiene planimetría, la ejecución del refuerzo con FRP debe de estar precedida de una correcta preparación del mismo. Se deberá realizar una limpieza del soporte, y contemplar la aplicación de morteros de reparación que devuelvan la homogeneidad,

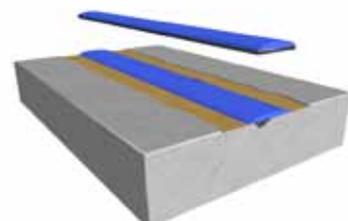
y tengan módulos elásticos compatibles, para evitar una rotura en la interfase hormigón-mortero. La línea MasterEmaco, dispone de morteros de reparación con excelentes resultados en especial MasterEmaco S 5400 y MasterEmaco S 544 RS (mortero reforzado con fibras de rápido endurecimiento con inhibidores de corrosión incorporados). Cuando el hormigón del soporte es de buena calidad o ya está correctamente reparado, es necesaria la aplicación de una imprimación previa, no siendo suficiente la simple limpieza del soporte.



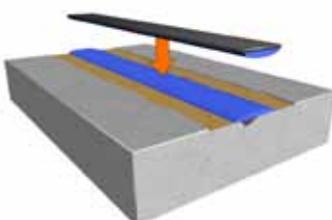
1. Medir y cortar las tiras de laminado a utilizar de acuerdo con los planes de trabajo que se hayan realizado. Estos trozos se contarán con sierra o radial.



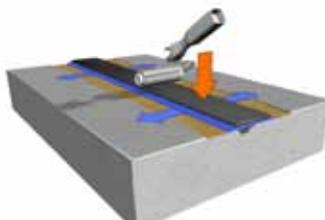
2. Aplicar MasterBrace P 3500 mediante rodillo sobre el soporte preparado.



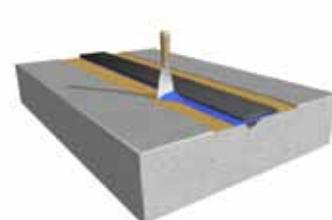
3. Aplicar MasterBrace ADH 4000 mediante espátula.



4. Posicionar y colocar MasterBrace LAM manualmente sobre el soporte.

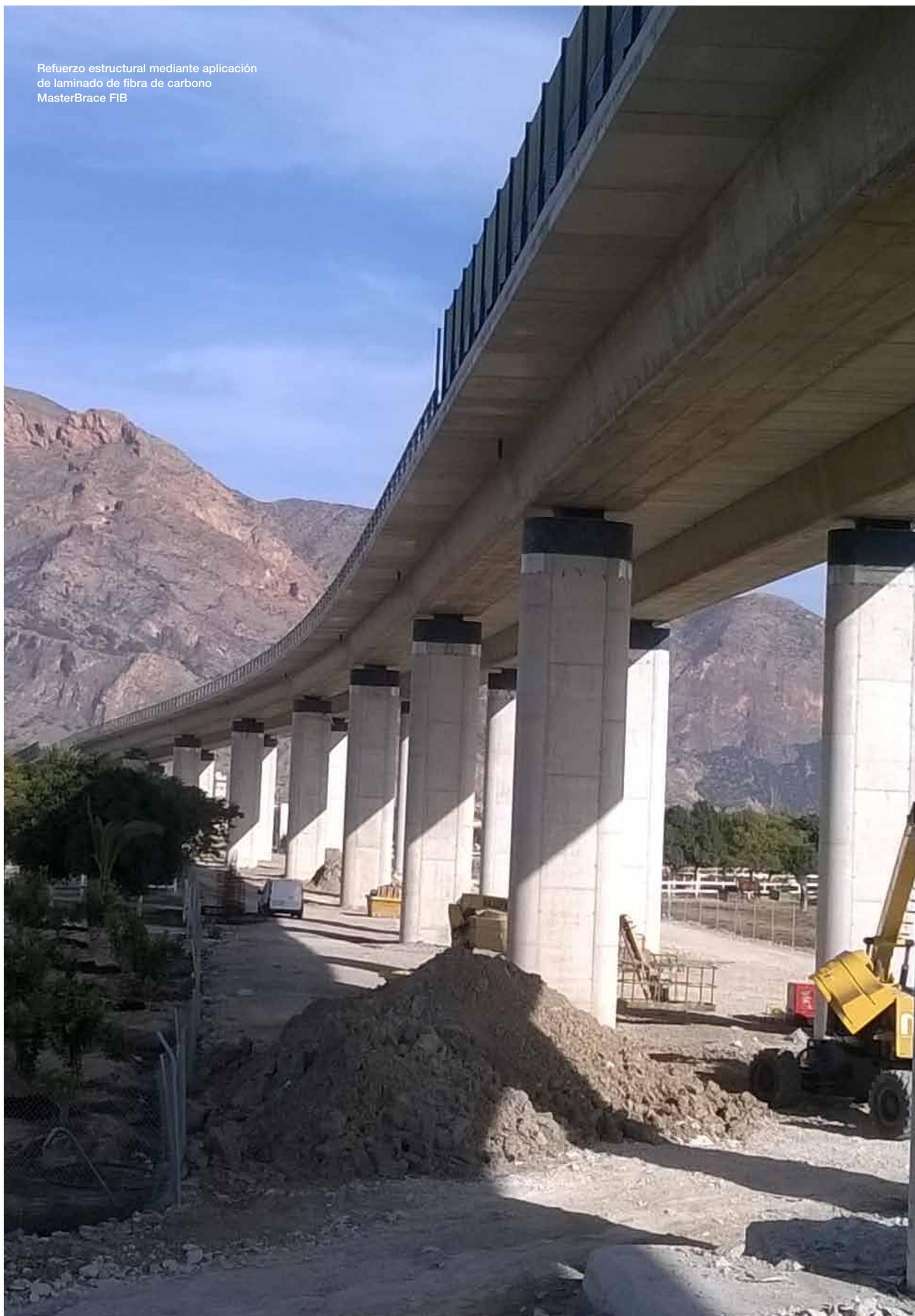


5. Ejercer una presión constante con rodillo liso para que el adhesivo sobrante salga por los laterales.



6. Retirar el adhesivo sobrante con una espátula.

Refuerzo estructural mediante aplicación  
de laminado de fibra de carbono  
MasterBrace FIB





# MasterBrace FIB: Componentes e instalación

## MasterBrace P3500 (Imprimación)

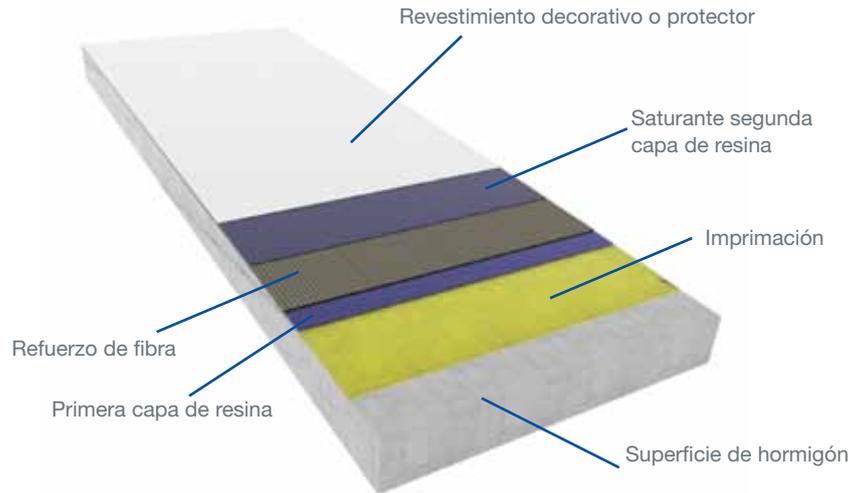
Imprimación epoxi de baja viscosidad para sellar los poros del hormigón.

## MasterBrace SAT 4500 (Saturante)

Impregnación epoxi para fijación y encapsulamiento de MasterBrace Hoja de Fibra.

## Hojas de fibra MasterBrace FIB

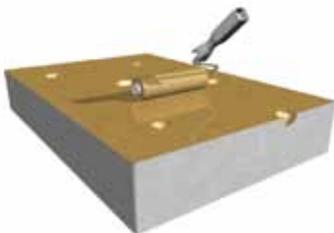
Tejidos de fibra de carbono, de vidrio y de aramida.



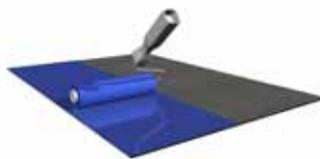
## Instalación

La fibra (tejidos) se conforma in situ sobre la superficie del elemento a reforzar y se satura con resina epoxi. A medida que la resina va curando, se forma un compuesto rígido FRP amoldado a la estructura y que se comporta de forma monolítica, gracias a la unión que confiere la resina epoxi. Esta técnica recibe el nombre de wet lay-up. Cuando el soporte existente está degradado, no es homogéneo, o no tiene planimetría, la ejecución del refuerzo con FRP debe de estar precedida de una correcta preparación del soporte. Se deberá realizar una limpieza del soporte, y contemplar la aplicación de morteros de reparación que le devuelvan la

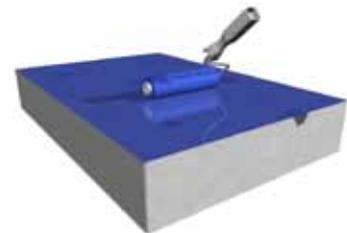
homogeneidad, y que tengan módulos elásticos compatibles, para evitar una rotura en la interfase hormigón-mortero. La línea MasterEmaco, dispone de morteros de reparación con excelentes resultados en especial MasterEmaco S 5400 y MasterEmaco S 544 RS (mortero reforzado con fibras de rápido endurecimiento con inhibidores de corrosión incorporados). Cuando el hormigón del soporte es de buena calidad o ya está correctamente reparado, es necesaria la aplicación de una imprimación previa, no siendo suficiente la simple limpieza del soporte.



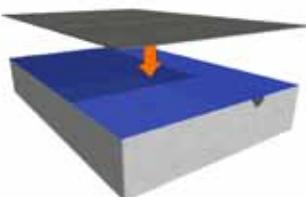
1. Aplicar MasterBrace P3500 mediante rodillo sobre el soporte preparado



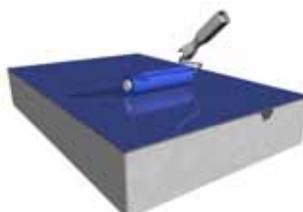
2. Aplicar una capa de MasterBrace SAT 4500 mediante rodillo sobre el soporte imprimado.



3. Aplicar una capa de MasterBrace SAT 4500 mediante rodillo sobre el MasterBrace FIB.



4. Colocar MasterBrace FIB sobre el soporte impregnado con MasterBrace SAT 4500.



5. Aplicar una segunda capa de MasterBrace SAT 4500 mediante rodillo de pelo corto para impregnar la hoja MasterBrace FIB.



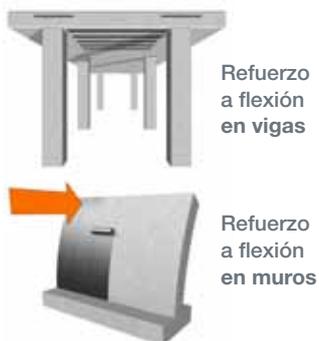
6. Aplicar el rodillo estriado para que el exceso de saturación salga a través de las fibras de la hoja.



## Aplicaciones

### American Concrete Institute (ACI) y Fédération Internationale du Béton (fib) recomiendan el uso de materiales compuestos para el refuerzo estructural del hormigón.

ACI 440.2R-08 y fib Bulletin 14 son las dos guías principales para el diseño, la construcción y el control de calidad de los sistemas de refuerzo a base de materiales compuestos.



Refuerzo a flexión en vigas

Refuerzo a flexión en muros



Refuerzo a cortante en vigas

Refuerzo a cortante en muros



Refuerzo a confinamiento en pilares

Refuerzo a confinamiento con FRP

#### Refuerzo a flexión

MasterBrace puede utilizarse para complementar la resistencia a flexión de vigas, losas, muros y otros elementos a flexión. La capacidad a flexión de miembros reforzados, pretensados y postensados puede aumentar hasta en un 70%. En estas aplicaciones el sistema MasterBrace se instala a lo largo de la longitud del elemento a tratar de la misma manera que un refuerzo de acero longitudinal.

En zonas de momentos negativos, se puede colocar el refuerzo en la parte superior del elemento para aumentar su capacidad. El poco espesor del sistema MasterBrace permite instalar cerámica y otros tipos de acabados directamente sobre el sistema y sin afectar significativamente el gálibo libre respecto al suelo.

Una de las ventajas evidentes de utilizar MasterBrace es la capacidad de instalar fácilmente refuerzos en dos direcciones para losas y forjados bidireccionales. Gracias al poco espesor de las láminas no se requieren perfilados especiales en la intersección de dos tiras de refuerzo.

La naturaleza ligera y flexible del sistema MasterBrace permite efectuar instalaciones en vigas y losas de una manera sencilla, eficaz, económica, y con mucha mayor seguridad que la ofrecida por las planchas de acero.

#### Refuerzo a cortante

El refuerzo MasterBrace puede utilizarse para aumentar la capacidad a cortante de vigas, pilares y otros elementos de hormigón. Mediante una adecuada disposición, se puede incluso llegar a duplicar la capacidad a cortante de los elementos así como también aumentar su comportamiento dúctil. En esta aplicación, el refuerzo se orienta transversalmente de forma similar a los estribos convencionales de acero.

El refuerzo a cortante MasterBrace se puede colocar como tiras individuales. El procedimiento más sencillo (envoltura en "U") consiste en envolver los lados y parte inferior de la sección a fin de aumentar la resistencia de la viga en las zonas sometidas a altos esfuerzos a cortante. El uso del refuerzo MasterBrace en la envoltura en "U" permite aumentar la capacidad a cortante, 200 a 400 N por cada mm de profundidad de la viga. En algunos casos, se pueden realizar rozas en las alas o en la losa con lo que el refuerzo puede envolver por completo la sección. MasterBrace puede también envolverse alrededor de pilares para proporcionar una capacidad a cortante adicional a fin de aumentar la resistencia a cargas sísmicas, cargas de viento o movimientos de elementos contiguos debidos a la frecuencia y contracción de dichos elementos.

#### Refuerzo a confinamiento

Un hormigón confinado con refuerzos de FRP externos exhiben un aumento excepcional de su comportamiento a compresión: la capacidad de carga puede prácticamente duplicarse, mientras que la capacidad de deformación puede aumentar hasta 10 veces. Tal efecto permite reforzar las estructuras de hormigón para protección antisísmica, con un aumento significativo de la ductilidad. El confinamiento con FRP puede también emplearse para fijar empalmes en pilares (un problema común en regiones sísmicas donde se requiera empalmes a tracción pero donde sólo haya empalmes a compresión).

#### Otras aplicaciones

El sistema de refuerzo estructural MasterBrace ofrece una amplísima adaptabilidad pudiendo aplicarse externamente donde quiera que se requiera un refuerzo interno adicional.

- Alivio de los esfuerzos de cargas explosivas en muros de mampostería y hormigón.
- Refuerzo alrededor de cortes de losas y muros.
- Refuerzo de tuberías, silos y depósitos, a fin de aumentar la tolerancia a la presión.
- Refuerzo de bóvedas, túneles, chimeneas y arcos incluso de mampostería.

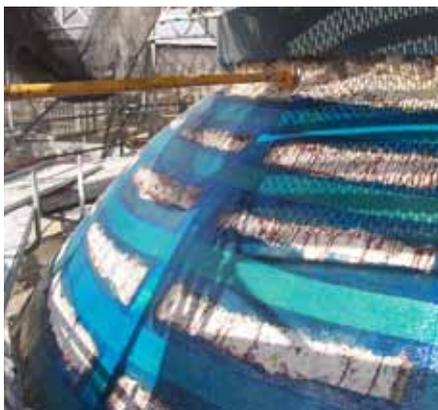


# Refuerzo MasterBrace. Ejemplos

Refuerzo a flexión



Refuerzo a cortante



Refuerzo a confinamiento





## Refuerzo MasterBrace. Guía de uso

	TIPO DE REFUERZO	IMPRIMACIÓN	RESINA	Refuerzo a flexión	Refuerzo a cortante	Refuerzo a confinamiento cargas axiales	Refuerzo a confinamiento cargas sísmicas	Refuerzo muros manostería	Refuerzo depósitos, silos y tuberías
HOJA	MasterBrace FIB 300/50 CFS	P 3500	SAT 4500	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Tejido MasterBrace FIB 450/25 CFS	P 3500	SAT 4500	✓	✓	✓	✓	✓	✓
LAMINADO	MasterBrace LAM 165/3000	P 3500	ADH 4000	✓	✓	✓	✓	✓	✓
BARRA	MasterBrace BAR 165/2500	—	ADH 4000	✓	✓	✓	✓	✓	✓

## Certificaciones

Tras 20 años de aplicaciones, MasterBrace dispone de todas las certificaciones requeridas en Europa y USA.

En particular, a nivel español:

- Se dispone del documento de idoneidad técnica (DIT) expedido por el Insituto Eduardo Torroja, que incluye la validación experimental a escala real.
- Se han validado todos los ensayos exigidos en las guías de diseño independientes, para poder seguir sus formulaciones teóricas: "Fib Bulletin 14".
- Se ha colaborado en más de 40 proyectos de investigación con universidades y centros tecnológicos independientes, validándose los distintos campos de aplicación del sistema.

INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA CONSTRUCCIÓN EDUARDO TORROJA  
C/ Barrio Gubache nº 8, 28002 Madrid  
Tel: (+34) 91 5020447 Fax: (+34) 91 5020448  
e-mail: dit@iccs.csic.es  
http://www.iccs.csic.es

**DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA: Nº 572R/16**

<p>Area genérica / Uso previsto:</p> <p>Nombre comercial:</p> <p>Beneficiario:</p> <p>Sede Social:</p> <p>Validez. Desde:</p> <p style="margin-left: 20px;">Hasta:</p>	<p><b>SISTEMAS DE REFUERZO DE ESTRUCTURAS DE EDIFICACIÓN DE HORMIGÓN ARMADO</b></p> <p><b>SISTEMA MasterBrace®</b></p> <p><b>BASF Construction Chemicals España S.L.</b></p> <p>Carretera del Mig, 219 08907 L'Hospitalet de Llobregat (Barcelona) Teléfono 93 261 61 00 www.master-builders-solutions.basf.es</p> <p>21 de Enero de 2016 21 de Enero de 2021 (Condicionada a seguimiento anual)</p>
--	--

Este Documento consta de 28 páginas

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

MEMBRADO DE:

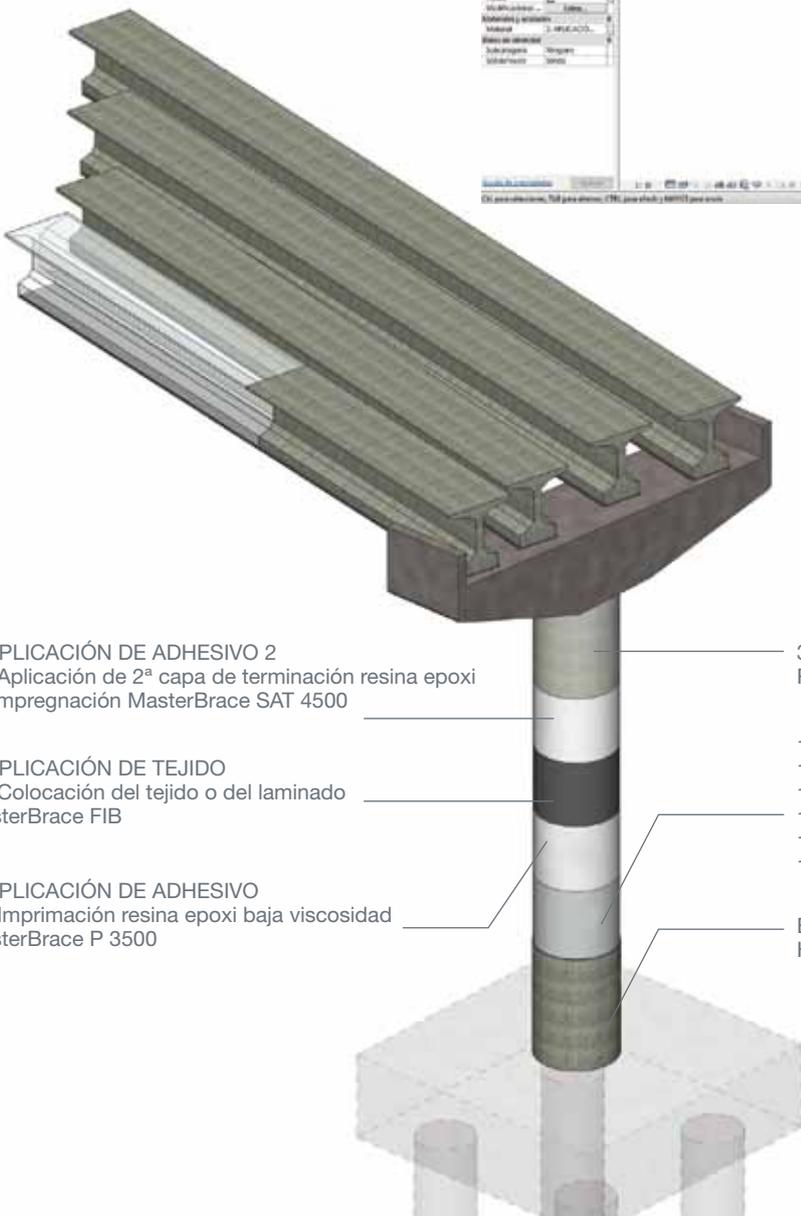
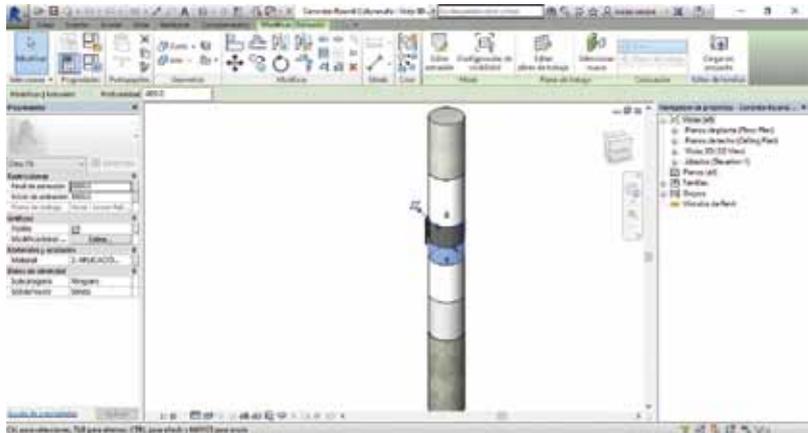
UNIÓN EUROPEA PARA LA EVALUACIÓN DE LA IDONEIDAD TÉCNICA  
UNION EUROPEENNE POUR L'AGREMENT TECHNIQUE DANS LA CONSTRUCTION  
EUROPEAN UNION OF AGREEMENT  
EUROPÄISCHE UNION FÜR DAS ABREMENT IN BAUWESEN



# BIM

## Building Information Modeling

Las nuevas metodologías de trabajo para el diseño, producción, ejecución y explotación de un edificio o estructura, utilizando tecnología BIM, han impulsado a BASF a la creación de modelos y entidades estructurales para su aplicación en proyectos arquitectónicos e ingenieriles. Tal es el caso de laminados y tejidos de fibra de carbono para el refuerzo estructural, MasterBrace LAM y MasterBrace FIB.



2. APLICACIÓN DE ADHESIVO 2  
2.4 Aplicación de 2ª capa de terminación resina epoxi de impregnación MasterBrace SAT 4500

2. APLICACIÓN DE TEJIDO  
2.3 Colocación del tejido o del laminado MasterBrace FIB

2. APLICACIÓN DE ADHESIVO  
2.1 Imprimación resina epoxi baja viscosidad MasterBrace P 3500

3. PROTECCIÓN  
Revestimiento de saneamiento 2 cm (opcional)

1. PREPARACIÓN DEL SOPORTE  
1.1 Chorro de arena  
1.2 Chorro de agua a alta presión  
1.3 Esmeriladora de disco  
1.4 Redondeado de cantos vivos (según el caso)  
1.5 Aspirado y soplado con aire comprimido

ESTADO ACTUAL  
Hormigón



## Normativa

**ACI 440.2R-08 y fib Bulletin 14 son las dos guías principales para el diseño, la construcción y el control de calidad de los sistemas de refuerzo a base de materiales compuestos.**

(2002), CSA, 806-02 Design and Construction of Building Components with Fibre-Reinforced Polymers. CSA  
(2002 draft), EN 1504, Series: "Productos y sistemas para protección y reparación de estructuras de hormigón. Definiciones, requisitos, control de calidad, evaluación y conformidad." Apartado 4. AENOR  
(2003), ACI 440.1R-03, Guide for the Design and Construction of Concrete Reinforced with FRP Bars. ACI  
(2002), ACI 440.2R-02, Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Concrete Structures. ACI  
(2004), ACI 440.3R-04, Guide Test Methods for Fiber-Reinforced Polymers (FRPs) for Reinforcing or Strengthening Concrete Structures. ACI  
(2001), FIB, Bulletin 14 Externally Bonded Structures for Reinforcing Structures. FIB  
(2001), The Canadian Network of Centres of Excellence on Intelligent Sensing for Innovative Structures: Design Manual n° 4 - Strengthening Reinforced Concrete Structures with Externally-Bonded Fibre Reinforced Polymers. ISIS  
(2004), Concrete Society: Technical Report n° 55 Design Guidance for strengthening concrete structures using fibre composite materials. Concrete Society.  
(2003), Concrete Society: Technical Report n° 57 Strengthening concrete structures using fibre composite materials: acceptance, inspection and monitoring. Concrete Society.  
(1996), EUROCOMP. Design Code and handbook. Structural design of polymer composites (Clarke, J. L., ed), E&FN Spon, London,

### Bibliografía

(2004), Repair of Concrete Structures to EN 1504, Danish Standards Association.  
(2003), FRP Strengthened RC Structures, J.G. Teng et al. Carbon Fiber Composites, Chung  
(2001), Composites Manufacturing - Materials, Product, and Process Engineering.



# Ensayos

## Ensayos UNE EN 1504-4

- Módulo E en compresión según norma UNE-EN 13412.
- Arrancamiento según norma UNE-EN 12188.
- Resistencia al cizallamiento oblicuo según norma UNE EN 12188.
- Resistencia al cizallamiento según norma UNE EN 12188.
- Durabilidad tras ciclos térmicos según norma UNE EN 13733.
- Durabilidad tras ciclos húmedos según norma UNE EN 13733.
- Tiempo abierto según UNE EN 12189.
- Período de trabajabilidad según método interno.
- Temperatura de transición vítrea según UNE EN 12614.
- Coeficiente de dilatación térmica según EN 1770.
- Retracción lineal según EN 12617-1.
- Aplicación en horizontal según norma UNE EN 1799.
- Aplicación en vertical según norma UNE EN 1799.
- Módulo E en flexión según norma UNE ISO 178.
- Aptitud de aplicación y curado a altas temperaturas, según UNE EN 12188 propiedades físicas.
- Viscosidad según EN ISO 3219.
- Aplicación en horizontal y vertical según norma UNE EN 1799.
- Retracción al curado según EN 12617-3.
- Vida útil según EN 14022.

## Ensayos sobre el sistema de refuerzo completo:

- Aplicabilidad según punto 2 de CEB-FIB Boletín 14 apartado 8.4.1.4.
- Adherencia por tracción directa según EN 1542.

## Ensayos adicionales:

- Adhesión hormigón endurecido-hormigón endurecido según EN 12636.

El adhesivo empleado en el sistema de refuerzo estructural MasterBrace cumple con todos los requerimientos exigibles de la Norma europea EN 1504-4 y cuenta con marcado CE. Además cumple las exigencias del CEB-FIB Boletín 14 respecto a la obtención de valores de temperaturas de transición vítreas iguales o superiores a 45°C, y junto con el resto del sistema MasterBrace está avalado por DIT nº 572/11 (Documento de Idoneidad Técnica). Dicha evaluación técnica favorable ha sido emitida por el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, indicando la idoneidad del sistema para refuerzo estructural.



## Diseño. Refuerzo a flexión

**Los sistemas con laminados de fibra de carbono se aplican principalmente para refuerzos a flexión de vigas, losas y pilares, adheriéndose externamente al elemento en la zona de momentos positivos y negativos para contribuir a su resistencia a flexión, bajo unas consideraciones teóricas muy similares al caso de una sección de hormigón estructural.**

El refuerzo se plantea de modo pasivo (por simple adhesión) para secciones armadas y pretensadas. Tecnológicamente el empleo de los materiales compuestos incluye el refuerzo activo, mediante un postesado externo adherido.

Se plantea el equilibrio de las secciones compatibilizando tensiones y deformaciones entre materiales: hormigón, acero y materiales compuestos.

El análisis seccional se realiza de acuerdo a las metodologías habituales en hormigón armado:

- Teniendo en cuenta adecuadamente el comportamiento tensión deformación del acero.
- Verificándose las condiciones de adhesión entre materiales compuestos y hormigón.

### Estabilidad estructural

Las recomendaciones se basan en considerar el refuerzo adherido como un refuerzo suplementario o secundario,

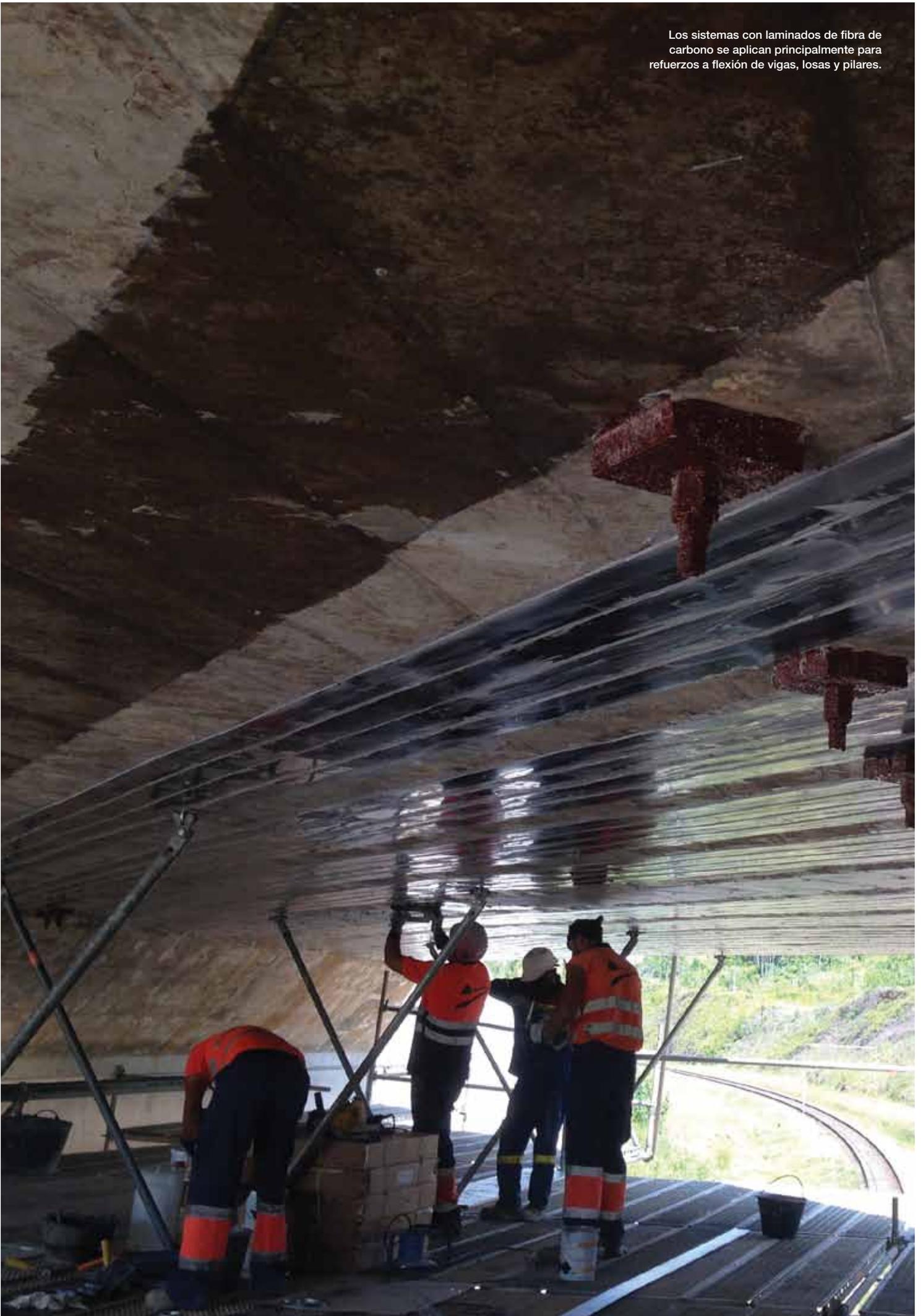
que de producirse una pérdida inesperada o accidental del refuerzo, las cargas actuantes ante esa situación no provocasen el colapso de la estructura existente.

### Análisis en ELS

El cumplimiento estado límite de servicio se realizará en análisis elástico, teniendo en cuenta los estados de cargas previos al realizar el refuerzo y la respuesta tensional del MC escogido. El control de deformaciones, requiere por este motivo, en general, mayores cuantías que las necesarias en condiciones de rotura, dónde, el MC si desarrolla elevadas tensiones, a poder movilizarse mayores elongaciones.



Los sistemas con laminados de fibra de carbono se aplican principalmente para refuerzos a flexión de vigas, losas y pilares.





## Diseño. Refuerzo a confinamiento

**El refuerzo de estructuras mediante el uso de fibra de carbono MasterBrace, nos permite aumentar el refuerzo a axil o confinamiento en pilares, silos, depósitos y tuberías.**

El zunchado del elemento consigue minimizar la deformación transversal por efecto Poisson del hormigón, con lo que se mejora la resistencia del hormigón y, en consecuencia, la capacidad de carga del elemento comprimido.

En todos los materiales de construcción, para cada tensión aplicada en una dirección se corresponde una deformación en direcciones ortogonales (el llamado efecto Poisson). Por ejemplo, un pilar de hormigón trabajando a compresión, al aplastarse, se somete a una expansión transversal que es igual a aproximadamente al 15% de aplastamiento. El umbral del límite elástico de la proporcionalidad entre la deformación longitudinal y transversal se pierde, aumenta la relación de Poisson, pero no hay una ley clara que describe el comportamiento. Si se aplica un refuerzo de vendaje de hojas de fibra de carbono en la dirección horizontal, se genera un "confinamiento pasivo" del pilar. Para cargas moderadas tal confinamiento está sujeto a una pequeña expansión transversal, pero para cargas elevadas, el refuerzo de confinamiento aumenta las capacidades portantes en relación con el aumento de la relación de

Poisson. Este efecto termina en el momento en el que la expansión transversal excede la deformación máxima de la fibra, o cuando la superposición del tejido se rompe por un fallo de adherencia debido a la tensión de cizallamiento.

Los ensayos realizados nos permiten confirmar los siguientes beneficios estructurales:

- Aumento de resistencia a la compresión.
- Aumento significativo de la ductilidad.

El confinamiento de elementos comprimidos aumenta la resistencia a compresión y la deformación de rotura del hormigón confinado, llevando a la estructura a un estado tensional multiaxial de compresión, debido al impedimento de la deformación del hormigón en el plano perpendicular a la carga.





## Diseño. Refuerzo a cortante

**La adhesión de materiales compuestos en elementos tales como vigas y pilares, permite el incremento de su resistencia a cortante, al aportar cuantía resistente a tracción en las almas y tirantes traccionados.**

El método más eficaz de aplicar refuerzo a cortante con materiales compuestos es envolver toda la sección transversal de la viga. Habitualmente esta configuración no es práctica desde el punto de vista de construcción; frecuentemente, la presencia de losas monolíticas u otros elementos empotrados impiden envolver la lámina alrededor de la parte superior de la sección. Una opción podría ser la de perforar agujeros en la losa y envolver tiras o bandas de material compuesto alrededor de la sección, pero este método es frecuentemente demasiado complicado y costoso.

El método más común consiste en envolver los lados y la parte inferior de la sección. Esta configuración es conocida como la envoltura en “U”. La envoltura en “U” es práctica y eficaz para aumentar la resistencia al esfuerzo cortante de la sección.

En ciertas situaciones puede que no sea posible envolver la parte superior o la inferior de la sección. Sin embargo, es todavía posible reforzar a cortante si se coloca el refuerzo en ambos lados de la sección. No obstante, la eficacia de esta configuración está limitada debido al deficiente anclaje de la lámina de material compuesto.





## Completa gama de soluciones para la reparación y rehabilitación de estructuras



Morteros R4 y R3 MasterEmaco S para reparación estructural.



Morteros R2 y de acabado fino MasterEmaco N para reparación cosmética.



Morteros MasterEmaco T para mantenimiento urbano.



Sistema de refuerzo estructural MasterBrace para rehabilitación y reacondicionamiento.



Pinturas anti-carbonatación e impregnaciones superficiales incoloras MasterProtect.



Productos MasterFlow para fijaciones y anclajes.



# Master Builders Solutions de BASF

La marca Master Builders Solutions reúne toda la experiencia y el conocimiento de BASF para crear soluciones químicas para la construcción de obra nueva y para el mantenimiento, reparación y renovación de estructuras ya existentes. Master Builders Solutions nace y crece a partir de la experiencia obtenida a lo largo de más de un siglo en el sector de la construcción.

La manera de hacer y la experiencia de la comunidad de expertos global en construcción de BASF, forman el núcleo de Master Builders Solutions.

Y con las adecuadas combinaciones de los productos de nuestro portafolio, podemos solventar todos vuestros retos específicos en la construcción. Colaboramos en todas las áreas y zonas de especialización y para eso nos valemos de nuestra experiencia demostrada en diferentes proyectos que hemos llevado a cabo alrededor del mundo.

## Nuestro portafolio completo

---

- Aditivos del hormigón.
- Aditivos para cemento.
- Soluciones químicas para la construcción subterránea.
- Soluciones para la impermeabilización.
- Sellantes / Selladores.
- Soluciones para la reparación y la protección del hormigón.
- Grouts
- Soluciones para pavimentos.
- Soluciones para colocación de cerámica





# Master Builders Solutions de BASF para la Industria de la Construcción

## MasterAir

Soluciones completas para hormigón con aire incorporado

## MasterBrace

Soluciones de refuerzo del hormigón

## MasterCast

Soluciones para la industria de productos de hormigón prefabricado

## MasterCem

Soluciones para la fabricación de cemento

## MasterEase

Baja viscosidad para hormigón alto rendimiento

## MasterEmaco

Soluciones para la reparación de hormigón

## MasterFinish

Soluciones para el tratamiento de encofrados

## MasterFlow

Soluciones para grouts de precisión

## MasterFiber

Soluciones integrales para hormigón reforzado con fibra

## MasterGlenium

Soluciones para hiperfluidificantes para hormigón

## MasterInject

Soluciones para la inyección de hormigón

## MasterKure

Soluciones para el curado de hormigón

## MasterLife

Solucion para una mayor durabilidad

## MasterMatrix

Soluciones avanzadas controladoras de la reología del hormigón autocompactante

## MasterPel

Soluciones para hormigón impermeable

## MasterPolyheed

Soluciones para hormigón de alto rendimiento

## MasterPozzolith

Soluciones para la reducción de agua en el hormigón

## MasterProtect

Soluciones para la protección del hormigón

## MasterRheobuild

Soluciones para superfluidificantes para hormigón

## MasterRoc

Soluciones para construcción subterránea

## MasterSeal

Soluciones para impermeabilización y sellado

## MasterSet

Soluciones para el control de hidratación del cemento

## MasterSuna

Soluciones para áridos complicados en el hormigón

## MasterSure

Soluciones para el control de trabajabilidad

## MasterTile

Soluciones para colocación de cerámica

## MasterTop

Soluciones para pavimentos industriales y comerciales

## Master X-Seed

Soluciones avanzadas de aceleradores de para hormigón prefabricado

## Ucrete

Soluciones para pavimentos en ambientes agresivos

## BASF Construction Chemicals España, S.L.

Carretera del Mig, 219

08907 L'Hospitalet de Llobregat • Barcelona

T +34 (0)93 261 61 00 • F +34 (0)93 261 62 19

basf-cc@basf-cc.es

www.master-builders-solutions.basf.es

Los datos contenidos en esta publicación se basan en nuestros conocimientos y experiencias actuales. No constituyen un contrato de calidad de los productos y, en vista de los muchos factores que puede afectar el procesamiento y aplicación de nuestros productos, no exime a los usuarios de la responsabilidad de llevar a cabo sus propias investigaciones y pruebas. La responsabilidad sobre la calidad de los productos se basa únicamente en los datos de la ficha técnica. Las descripciones, diagramas, fotografías, datos, proporciones, pesos, etc que figuran en esta publicación pueden cambiar sin información previa. Es responsabilidad del receptor de nuestros productos asegurar que se respetan los derechos de propiedad y las leyes y normativas en vigor (11/2016).

® = marca registrada de grupo BASF en muchos países.