



MINISTERIO  
DE CIENCIA  
E INNOVACIÓN



INSTITUTO DE CIENCIAS  
DE LA CONSTRUCCIÓN EDUARDO TORROJA  
C/. Serrano Galvache, n.º 4. 28033 Madrid  
Tel. (+34) 91 302 04 40 · Fax (+34) 91 302 07 00  
<http://www.ietcc.csic.es>



## DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA: N.º 549A/11

Área genérica / Uso previsto:

**SISTEMAS DE REFUERZO  
DE ESTRUCTURAS DE EDIFICACIÓN  
DE HORMIGÓN ARMADO**

Nombre comercial:

**CARBOPLATE y MAPEWRAP**

Beneficiario:

**IBERMAPEI, S.A.**

Sede Social /  
Lugar de fabricación:

Plaza Catalunya, 20, 5.<sup>a</sup> planta.  
08002 BARCELONA  
España

Validez: Desde  
Hasta

6 de julio de 2011  
30 de noviembre de 2013  
(Condicionado a seguimiento anual)

**Este Documento consta de 22 páginas**



MIEMBRO DE:

**UNIÓN EUROPEA PARA LA EVALUACIÓN DE LA IDONEIDAD TÉCNICA**  
*UNION EUROPÉENNE POUR L'AGRÉMENT TECHNIQUE DANS LA CONSTRUCTION*  
*EUROPEAN UNION OF AGRÉMENT*  
*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.*

*Antes de utilizar el material, sistema o procedimiento al que se refiere, es preciso el conocimiento íntegro del Documento, por lo que éste 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.*

**Confirmación  
Avis Technique 3/08 - 587**

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

### DECISIÓN NÚM. 549A/11

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

- en virtud del Decreto n.º 3.652/1963, 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 1.265/1988, 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,
- considerando la solicitud formulada por la Sociedad IBERMAPEI, S.A., para la Confirmación de un DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA a los **Sistemas de refuerzo de estructuras de edificación de hormigón armado CARBOPLATE y MAPEWRAP**,
- en virtud de los vigentes Estatutos de l'Union Européenne pour l'Agrément technique dans la construction (UEAtc),
- teniendo en cuenta el Avis Technique 3/08-587 para la certificación del producto en el ámbito del Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB) de Francia, los informes de visitas a obras realizadas por representantes del Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, los informes de los ensayos realizados en el IETcc, así como las observaciones formuladas por la Comisión de Expertos, en sesión celebrada el día 8 de octubre de 2009,
- esta Adenda es por la inclusión de las placas de carbono Carboplate E170 de espesor 1,2 mm y del tejido Mapewrap C UNI-AX 240/30.

### DECIDE:

Confirmar el Avis Technique 3/08-587 del Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB) mediante el presente DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA número 549A/11, a los **Sistemas de refuerzo de estructuras de edificación de hormigón armado CARBOPLATE y MAPEWRAP**, considerando que,

La evaluación técnica realizada permite concluir que el Sistema es **CONFORME CON EL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN**, 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 peticionario debiendo para cada caso, de acuerdo con la Normativa vigente, acompañarse del preceptivo proyecto de edificación y llevarse a término mediante la dirección de obra correspondiente. Será el proyecto de edificación el que contemple en cada caso, las acciones que el Sistema transmite a la estructura general del edificio, asegurando que éstas son admisibles.

En cada caso, IBERMAPEI, S.A., 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.

En cada caso, el proyecto de reparación, realizado por el autor del proyecto y/o por la Dirección Facultativa, deberá incluir la memoria de cálculo que justifique el adecuado comportamiento del sistema frente a las acciones previstas.

## CONDICIONES DE CÁLCULO

En cada caso se comprobará, de acuerdo con las condiciones de cálculo indicadas en el Informe Técnico de este Documento, 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.

El cálculo del sistema de refuerzo se realizará según lo dispuesto en el Boletín 14 del FIB "Externally bonded FRP reinforcement for RC structures".

## CONDICIONES DE FABRICACIÓN Y CONTROL

La fabricación de los materiales y componentes del sistema está amparada por el Avis Technique 3/08-587. IBERMAPEI, S.A., deberá mantener el control de recepción de materiales y componentes que en la actualidad realiza, conforme a las indicaciones que se dan en el apartado 4 del presente documento.

Todos los productos mencionados en el presente documento son objeto de una garantía de responsabilidad civil del fabricante suscrita por IBERMAPEI, S.A.

## CONDICIONES DE UTILIZACIÓN Y PUESTA EN OBRA

El **Sistema CARBOPLATE de refuerzo de estructuras de edificación de hormigón armado**, está previsto para el refuerzo a flexotracción de vigas. El **Sistema MAPEWRAP de refuerzo de estructuras de edificación de hormigón armado**, está previsto para el refuerzo de vigas y para el confinamiento de pilares. Ambos sistemas contribuyen a la estabilidad de la construcción.

La puesta en obra del Sistema debe ser realizada por empresas especializadas y cualificadas, reconocidas por IBERMAPEI, S.A. 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. Una copia del listado actualizado de empresas instaladoras reconocidas por IBERMAPEI, S.A., estará disponible en el IETcc.

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 número 549A/11, es válido hasta la fecha de fin de validez del Avis Technique 3/08-587, a condición de:

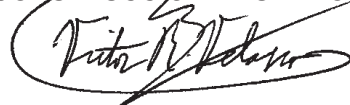
- que el fabricante no modifique ninguna de las características del producto indicadas en el presente Documento de Idoneidad Técnica,
- que el fabricante realice un autocontrol sistemático de la producción tal y como se indica en el Informe Técnico,
- que el Avis Technique 3/08-587 no sea cancelado.
- 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 obras realizadas.

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 noviembre de 2013.

Madrid, 6 de julio de 2011

EL DIRECTOR DEL INSTITUTO DE CIENCIAS  
DE LA CONSTRUCCIÓN EDUARDO TORROJA



Víctor R. Velasco Rodríguez



## INFORME TÉCNICO

Basado en la traducción revisada del Avis Technique 3/08-587, emitido por el Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB), para Procedimiento de refuerzo de elementos estructurales por encolado de fibras de carbono.

### 1. OBJETO

Los métodos CARBOPLATE y MAPEWRAP son técnicas de refuerzo de estructuras de edificación en hormigón armado, a base de placas o tejidos de fibras de carbono.

### 2. PRINCIPIO Y DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

Ambos métodos, CARBOPLATE y MAPEWRAP, consisten en encolar, sobre la superficie de los elementos a reforzar, un tejido de fibras de carbono o láminas de carbono con la ayuda de una resina epoxídica sintética de dos componentes.

Estos métodos están concebidos para aumentar la capacidad de carga de los elementos a reforzar, por funcionamiento mecánico conjunto: elemento-compuesto, gracias a la adherencia entre ambos materiales conferida por la resina después de su endurecimiento.

Estos métodos son recomendados para:

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

El campo de aplicación de estos métodos es el de estructuras de hormigón armado de edificación convencional y edificios industriales, con cargas de carácter principalmente estático, como por ejemplo: residencial, administrativo, sanitario, docente, etc., y aparcamiento de vehículos ligeros (30 kN de carga máxima en el eje). No quedan cubiertas las cargas no estáticas de naturaleza repetitiva continuada, que podrían dar lugar a fatiga.

Esta evaluación sólo cubre aquellos casos en los que la temperatura de la resina y del soporte a nivel del encolado no exceda de 30 °C en servicio continuo y 40 °C en situación accidental, para el método CARBOPLATE; y 40 °C en servicio continuo y 50 °C en situación accidental, para el método MAPEWRAP.

La utilización en estructuras industriales se admite siempre que la agresividad química ambiental se pueda considerar como normal, y que las cargas no estáticas no sean de naturaleza repetitiva continuada.

La utilización en zona sísmica, así como el caso de exigencias susceptibles de cambios de sentido, no quedan evaluadas en este documento.

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

#### 2.1 CARBOPLATE

CARBOPLATE es un método de refuerzo estructural compuesto de una placa extruida, fabricada por pultrusión, de fibras de carbono pre-encoladas por una resina epoxídica.

Este sistema se emplea para la reparación y el refuerzo a tracción de vigas en flexión de hormigón armado en estructuras de edificación.

Se compone de los siguientes elementos:

1. Placa de carbono CARBOPLATE, suministrada por IBERMAPEI, S.A.
2. Cola epoxídica ADESILEX PG 1, suministrada por IBERMAPEI, S.A.

#### 2.2 MAPEWRAP

MAPEWRAP es un método de refuerzo estructural compuesto de tejidos de fibras de carbono unidireccionales.

Este sistema se emplea para la reparación y el refuerzo a cortante de vigas de hormigón armado, el confinamiento de pilares de hormigón armado y el refuerzo a tracción de vigas de hormigón armado, en estructuras de edificación.

Se compone de los siguientes elementos:

1. Tejido de carbono MAPEWRAP C UNI-AX, suministrada por IBERMAPEI, S.A.
2. Imprimador MAPEWRAP PRIMER 1, suministrada por IBERMAPEI, S.A.
3. Cola epoxídica MAPEWRAP 31, suministrada por IBERMAPEI, S.A.

### 3. MATERIALES Y COMPONENTES

#### 3.1 Método CARBOPLATE

##### 3.1.1 Placa de carbono CARBOPLATE

La placa de carbono CARBOPLATE es una placa compuesta de fibras de carbono aglomeradas en una matriz de resina epoxídica.

Las placas CARBOPLATE son de color negro y se presentan en varios formatos:

Tipo de placa		E170		
Espesor	(mm)	1,4	1,2	
Módulo de elasticidad	(GPa)	170		
Tensión de tracción en rotura	(MPa)	≥ 3.100		
Elongación en rotura	(%)	2,0		
Coefficiente de dilatación térmica	m/m.°C	0,6·10 <sup>-6</sup>		
Características físicas y dimensionales				
Grosor (mm)	Anchura (mm)	Sección (mm <sup>2</sup> )	Peso (g/m)	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )
1,4	50	70	113	1,61
	80	112	180	
	100	140	225	
	150	210	338	
1,2	50	60	97	1,61
	80	96	155	
	100	120	193	

### 3.1.2 Cola epoxídica ADESILEX PG 1

ADESILEX PG 1 es una cola epoxídica bicomponente, tixotrópica, de color gris, utilizada para el encolado de las placas de carbono CARBOPLATE. Está formada por dos componentes, A y B, que se mezclan con una relación, de 3 a 1, respectivamente, y sus colores son gris y blanco, respectivamente. ADESILEX PG1 se presenta en kits con los dos componentes ya proporcionados para mezcla. Cumple los requisitos de la EN 1504-4<sup>(1)</sup>.

Cola epoxídica ADESILEX PG 1	
Temperatura de aplicación	+ 5 °C → + 30 °C
Tiempo abierto	+ 10 °C 60'
	+ 23 °C 40'
	+ 30 °C 25'
Densidad de la mezcla (+ 10 °C)	(g/cm <sup>3</sup> ) 1,55
Viscosidad Brookfield	(mPa·s) 500.000
Temperatura de transición vítrea	(Tg) 45,7 °C
Adherencia al hormigón (después de 7 días a + 23 °C)	(MPa) > 3
Resistencia a la tracción (ASTM D 638)	(MPa) 30
Resistencia a la flexión (ISO 178)	(MPa) 40
Resistencia a la compresión (ASTM C 579)	(MPa) 70
Módulo elástico a la compresión (ASTM C 579)	(MPa) 8.000
Módulo elástico a la flexión (ISO 178)	(MPa) 4.000
Elongación a la tracción (ASTM D 638)	(%) 1
Dureza Shore D (+23 °C, 50% Hr)	24 h 65
	48 h 73
	7 días 80
* Rotura en el hormigón.	

### 3.1.3 Asociación CARBOPLATE E 170 / ADESILEX PG1

Los siguientes valores provienen de los resultados de los ensayos de caracterización realizados en el laboratorio L2MS (Laboratoire Mécanique Matériaux et Structures) de la Universidad Claude Bernard Lyon I (UCBL).

Ensayo	Valor	Norma	Modo de rotura
Adherencia sobre hormigón	≥ 2,5 MPa	P18-582 EN 1542	Rotura cohesiva en el hormigón
Tracción-corte de compuesto + compuesto	≥ 9,72 MPa		
Tracción-corte de compuesto + hormigón	≥ 2,1 MPa	AFGC*	Rotura cohesiva en el hormigón
* Association Française de Génie Civil – “Recommandations pour la réparation et renforcement des structures en béton au moyen des matériaux composites”.			

## 3.2 Método MAPEWRAP

### 3.2.1 Tejido de carbono MAPEWRAP C UNI-AX

El tejido de carbono MAPEWRAP C UNI-AX es un tejido de color negro de fibras de carbono unidireccionales caracterizado por un módulo elástico y una resistencia a la tracción elevados.

El método de puesta en servicio es una impregnación por encolado del tejido seco con la ayuda de una resina epoxídica.

Tipo de tejido		UNI-AX 240	UNI-AX 300	UNI-AX 600
Gramaje	(g/m <sup>2</sup> )	240	300	600
Espesor equiv. de tejido seco	(mm)	0,13	0,167	0,335
Anchura	(cm)	30	10, 20 y 40	10, 20 y 40
Superficie resistente por unidad de anchura	(mm <sup>2</sup> /m)	133,33	167,6	335,2
Resistencia en tracción*	(MPa)	5.040	4.800	
Módulo de elasticidad en tracción*	(GPa)	258	230	
Elongación en rotura*	(%)	2,1	2,1	
* Según norma ASTM 3039.				

### 3.2.2 Imprimador MAPEWRAP PRIMER 1

Producto líquido a base de resinas epoxídicas, sin disolvente, de color amarillo transparente, constituido por dos componentes A y B que se mezclan con una relación, respectivamente, de 3 por 1. El MAPEWRAP PRIMER 1 se encuentra en un kit con los dos componentes ya proporcionados para mezcla.

<sup>(1)</sup> UNE-EN 1504-4: “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”.

<b>Imprimador MAPEWRAP PRIMER 1</b>		
Temperatura de aplicación	+ 10 °C → + 30 °C	
Tiempo abierto	+ 10 °C	120'
	+ 23 °C	90'
	+ 30 °C	60'
Densidad de la mezcla (+ 10 °C)	(g/cm <sup>3</sup> )	1,10
Viscosidad Brookfield	(mPa·s)	300
Adherencia al hormigón (después de 7 días a + 23 °C)	(MPa)	> 3 *
Tiempo de fraguado	+ 10 °C	5-6 h
	+ 23 °C	3-4 h
	+ 30 °C	2-3 h
* Rotura en el hormigón.		

### 3.2.3 Cola epoxídica MAPEWRAP 31

MAPEWRAP 31 es la resina epoxídica utilizada para la impregnación por encolado del tejido seco MAPEWRAP C UNI-AX.

Es una pasta gelatinosa a base de resinas epoxídicas, sin disolvente, de color amarillo, compuesta de dos componentes, A y B, mezclados con una relación, respectivamente, de 4 por 1. MAPEWRAP 31 se encuentra disponible en un kit con los dos componentes ya proporcionados para mezcla.

<b>Cola epoxídica MAPEWRAP 31</b>		
Temperatura de aplicación	+ 5 °C → + 30 °C	
Tiempo abierto	+ 10 °C	60'
	+ 23 °C	40'
	+ 30 °C	25'
Densidad de la mezcla (+ 10 °C)	(g/cm <sup>3</sup> )	1,06
Viscosidad Brookfield	(mPa·s)	7.000
Temperatura de transición vítrea	(Tg)	62 °C
Adherencia al hormigón (después de 7 días a + 23 °C)	(MPa)	> 3 *
Resistencia a la tracción (ASTM D 638)	(MPa)	30
Resistencia a la flexión (ISO 178)	(MPa)	70
Resistencia a la compresión (ASTM C 579)	(MPa)	80
Módulo elástico a la compresión (ASTM C 579)	(MPa)	3.000
Módulo elástico a la flexión (ISO 178)	(MPa)	3.800
Elongación a la tracción (ASTM D 638)	(%)	1,2
Dureza Shore D (+23 °C, 50% Hr)	24 h	69
	48 h	75
	7 días	78
* Rotura en el hormigón.		

### 3.2.4 Compuesto MAPEWRAP C UNI-AX 300 / MAPEWRAP 31

Los siguientes valores provienen de los resultados de los ensayos de caracterización realizados en el laboratorio L2MS (Laboratoire Mécanique Matériaux et Structures) de la Universidad Claude Bernard Lyon I (UCBL).

Ensayo	Valor	Norma	Modo de rotura
Adherencia sobre hormigón	≥ 1,9 MPa	P18-582 EN 1542	Rotura cohesiva en el hormigón
Tracción en el compuesto (1 capa de tejido)	≥ 489 MPa	ISO 527-1	Tracción
	≥ 1,13%		
	E ≥ 39.270 MPa		
Tracción en el compuesto (superposición de 2 capas de tejido)	≥ 449 MPa	ISO 527-1	Tracción
	≥ 1,08%		
	E ≥ 38.571 MPa		
Tracción-corte de compuesto + compuesto	≥ 14,2 MPa		
Tracción-corte de compuesto + hormigón	≥ 1,4 MPa	AFGC*	Rotura cohesiva en el hormigón
El grosor medio nominal del compuesto se toma igual a 1 mm (ec = 1 mm).			
* Association Française de Génie Civil – “Recommandations pour la réparation et renforcement des structures en béton au moyen des matériaux composites”.			

## 3.3 Productos complementarios

### 3.3.1 MAPEFER 1K

Mortero monocomponente a base de aglomerantes hidráulicos, polímeros en polvo e inhibidores de corrosión, para la protección anticorrosión de las armaduras metálicas del hormigón. Cumple los requisitos de la UNE-EN 1504-7<sup>(2)</sup>.

### 3.3.2 MAPEGROUT T 40

Mortero de reparación monocomponente, tixotrópico, de retracción compensada, fibrado, de clase R3, según la norma UNE-EN 1504-3<sup>(3)</sup>.

<sup>(2)</sup> UNE-EN 1504-7: “Productos y sistemas para la protección y reparación de estructuras de hormigón. Definiciones, requisitos, control de calidad y evaluación de la conformidad. Parte 7: Protección contra la corrosión de armaduras”.

<sup>(3)</sup> UNE-EN 1504-3: “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”.

### 3.3.3 EPOJET y EPOJET LV

Resina epoxídica bicomponente fluida, sin disolvente, para la reparación por inyección a baja presión de hormigones fisurados y microfisurados:

- EPOJET: para la reparación por inyección a baja presión de hormigones fisurados.
- EPOJET LV: muy fluida y de viscosidad muy baja, para la reparación por inyección a baja presión de hormigones microfisurados.

Cumple los requisitos de la UNE-EN 1504-5<sup>(4)</sup>.

### 3.3.4 MAPEWRAP 11 y MAPEWRAP 12

Estuco epoxídico bicomponente tixotrópico, para la preparación localizada del soporte. Este producto se aplicará eventualmente después de la aplicación de MAPEWRAP PRIMER 1 y con anterioridad a la de MAPEWRAP 31, dependiendo del estado de la superficie de soporte:

- MAPEWRAP 11: para la preparación localizada del soporte con temperaturas de aplicación comprendidas entre 5 °C y 23 °C.
- MAPEWRAP 12: para la preparación localizada del soporte, con temperaturas de aplicación superiores a 23 °C.

### 3.3.5 MAPELASTIC

Mortero elástico bicomponente, a base de aglomerante hidráulico, cargas, aditivos especiales y polímeros sintéticos en dispersión acuosa, destinado a proteger los métodos CARBOPLATE y MAPEWRAP, especialmente para las obras expuestas a los rayos solares.

Cumple los requisitos establecidos en la norma EN 1504-2<sup>(5)</sup> según los principios IP y MC.

### 3.3.6 ELASTOCOLOR PITTURA

Pintura elástica monocomponente, a base de resinas acrílicas en dispersión acuosa, destinada a proteger los métodos CARBOPLATE y MAPEWRAP, especialmente para las obras expuestas a los rayos solares.

Cumple los requisitos establecidos en la norma EN 1504-2<sup>(5)</sup>.

<sup>(4)</sup> UNE-EN 1504-5: "Productos y sistemas para la protección y reparación de estructuras de hormigón. Definiciones, requisitos, control de calidad y evaluación de la conformidad. Parte 5: Productos y sistemas para inyección del hormigón".

<sup>(5)</sup> UNE-EN 1504-2: "Productos y sistemas para la protección y reparación de estructuras de hormigón. Definiciones, requisitos, control de calidad y evaluación de la conformidad. Parte 2: Sistemas de protección superficial para el hormigón".

## 4. CONTROL DE CALIDAD

### 4.1 Control de fabricación

Los componentes del sistema son fabricados por IBERMAPEI, S.A., MAPEI, S.p.A., y por diversos proveedores, todos ellos bajo sistemas de control de calidad acordados con IBERMAPEI, S.A.

### 4.2 Control de recepción

IBERMAPEI, S.A., realiza el control de recepción de componentes según su Sistema de Gestión de Calidad, antes de la comercialización de los mismos.

IBERMAPEI, S.A., tiene implantado un Sistema de Gestión de la Calidad certificado por IQNet con número de certificado 13118 para "Desarrollo, producción, comercialización y asistencia técnica de adhesivos, morteros y productos químicos para la construcción y la industria de la construcción", de acuerdo con la norma UNE-EN ISO 9001<sup>(6)</sup>.

Todos los productos mencionados en el presente documento son objeto de una garantía de responsabilidad civil del fabricante suscrita por IBERMAPEI.

### 4.3 Control de puesta en obra

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

Durante toda la realización de la obra, la empresa aplicadora procederá a diferentes controles definidos por el Plan de Control. Con el fin de asegurar una puesta en obra de conformidad con las exigencias descritas por el presente documento y, de este modo, conseguir los comportamientos mecánicos mencionados.

IBERMAPEI, S.A., proporciona a las empresas aplicadoras autorizadas un Plan de Control de puesta en obra. Es responsabilidad de la empresa aplicadora el cumplimiento de dicho Plan de Control.

## 5. EMBALAJE, IDENTIFICACIÓN, ALMACENAMIENTO Y MANIPULACIÓN

Las placas CARBOPLATE se suministran en bobinas de 25 m embaladas en cajas de cartón.

<sup>(6)</sup> UNE-EN ISO 9001: "Sistemas de gestión de la calidad. Requisitos".

Las placas CARBOPLATE se identifican con un número de lote impreso en lado opuesto al de encolado y una etiqueta en la que quedan recogidos, como mínimo, los siguientes datos:

- Marca comercial del fabricante.
- Tipo de placa y anchura.
- Número de lote, compuesto por la fecha de fabricación y el código de producción que permita su trazabilidad.
- Logotipo y número de DIT.

La cola epoxídica ADESILEX PG1, formada por dos componentes, se suministra en kits compuestos por dos botes de plástico, uno por componente según dosificación.

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

- Marca comercial del fabricante.
- Número de lote, compuesto por la fecha de fabricación y el código de producción que permita su trazabilidad.

El tejido MAPEWRAP C UNI-AX se suministra en rollos de 50 m embalados en cajas de cartón.

El tejido de carbono MAPEWRAP C UNI-AX se identifica con una etiqueta en el embalaje en la que quedan recogidos, como mínimo, los siguientes datos:

- Marca comercial del fabricante.
- Tipo de tejido y anchura.
- Número de lote, compuesto por la fecha de fabricación y el código de producción que permita su trazabilidad.
- Logotipo y número de DIT.

El imprimador epoxídico MAPEWRAP PRIMER 1, y la cola epoxídica MAPEWRAP 31, cada uno formado por dos componentes, se suministran en kits compuestos por un bote y una botella, ambos de plástico, uno por componente según dosificación.

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

- Marca comercial del fabricante.
- Número de lote, compuesto por la fecha de fabricación y el código de producción que permita su trazabilidad.

Todos los productos a base de resinas epoxídicas bicomponentes necesitan transporte ADR.

Los productos que intervienen en los métodos CARBOPLATE y MAPEWRAP se deberán almacenar en obra en un local seco y cubierto, a una temperatura de entre + 5 °C y + 30 °C, en los embases originales.

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

## 6. PUESTA EN OBRA

### 6.1 Especificaciones generales

La puesta en obra del sistema debe ser realizada por empresas cualificadas y especializadas en la reparación de estructuras de hormigón, reconocidas por IBERMAPEI, S.A.

En cualquier caso, IBERMAPEI facilita todos los datos necesarios para realizar el proyecto y ejecución de la reparación; pudiendo proporcionar, si así se solicita, asistencia técnica durante las fases de proyecto y ejecución, incluyendo la resolución de los puntos singulares.

#### 6.1.1 Condiciones climáticas y de entorno durante la puesta en obra

- Tiempo calmado, con el fin de evitar que el viento introduzca en las resinas descritas en el párrafo anterior, polvo, hojas, detritus, etc.
- La temperatura del aire para la puesta en obra de los sistemas deberá estar comprendida entre + 5 °C y + 30 °C.
- Las superficies de encolado deberán estar al abrigo de la lluvia y de todo tipo de escorrentía.
- La temperatura mínima del soporte ha de ser de + 5 °C.
- La temperatura máxima del soporte ha de ser de + 30 °C ya que por encima, el tiempo abierto del ADESILEX PG1 y del MAPEWRAP 31 es demasiado corto.
- Después de haber efectuado la intervención, se deberá mantener la superficie tratada a una temperatura superior a + 5 °C.
- Proteger contra la lluvia durante 24 horas como mínimo si la temperatura no desciende de + 15 °C, y durante, por lo menos, 3 días si la temperatura es inferior a + 15 °C.
- Para una higrometría inferior al 80%, la empresa instaladora verificará cada día, al inicio de la jornada, que la temperatura del soporte sea superior en + 3 °C a la del punto de rocío, con el fin de evitar todo riesgo de condensación sobre el soporte.

- Para una higrometría superior al 80%, la empresa instaladora verificará todas las horas que la temperatura del soporte sea superior en + 3 °C a la del punto de rocío, con el fin de evitar cualquier riesgo de condensación sobre el soporte.

## 6.2 Trabajos previos

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

Las degradaciones superficiales del hormigón se deben reparar con la ayuda de morteros de reparación de la gama MAPEGROUT.

Los revestimientos antiguos (pinturas, enlucidos) serán eliminados.

Se eliminarán las vías de agua antes y durante la realización de la reparación.

En ausencia de justificaciones específicas, la superficie del hormigón deberá presentar una resistencia a la tracción superficial  $\geq 1,5$  MPa, que se verificará in situ por medio de una prueba de adhesión por tracción directa (ensayo de "pull-off") según UNE-EN 1542<sup>(7)</sup>.

### 6.2.1 Estado de la superficie

La superficie del hormigón debe ser lisa y continua. Se deberán efectuar las operaciones siguientes:

- Sanear el hormigón por eliminación de los cuerpos extraños y zonas segregadas, reparar la superficie de las cavidades, cortar los salientes y anular por pulido las rebabas.
- Obturar todas las cavidades con la ayuda de un mortero de reparación de la gama MAPEGROUT o con la ayuda de ADESILEX PG1.
- Efectuar en caso necesario un recubrimiento de los poros y/o un enlucido de las rugosidades del soporte con la ayuda de MAPEWRAP 11 o de ADESILEX PG 1.
- Inyectar las fisuras de abertura superiores a 0,3 mm con la ayuda de EPOJET o EPOJET LV.
- Para el sistema MAPEWRAP, se amolarán los bordes para formar un chaflán con un radio de curvatura por lo menos igual a 2 cm.

- La superficie del hormigón deberá presentar por lo menos las tolerancias de forma de un revestimiento ordinario: 10 mm bajo la regla de 2 m, o 4 mm bajo la regleta de 30 cm.
- Si este no es el caso, se deberá volver a perfilar el soporte mediante la utilización de un mortero de reparación de la gama MAPEGROUT o de las colas epoxídicas MAPEWRAP 11 y ADESILEX PG1.

### 6.2.2 Preparación del soporte hormigón

- El soporte hormigón deberá recibir una preparación de superficie de modo que se mejore la adherencia del adhesivo sobre el hormigón.
- Se deberá eliminar del soporte todo tipo de aceites, grasas, sales, etc., así como la lechada superficial.
- Para hacer esto, sería conveniente proceder con uno de los siguientes métodos: chorro de arena en seco, chorro de arena húmedo, lavado con agua a alta presión, lijado con disco diamantado.
- Están prohibidas las técnicas de abujardado, burilado y decapado térmico.

## 6.3 Fases de puesta en obra

La secuencia de las operaciones de puesta en obra debe ser la siguiente:

### 6.3.1 Método CARBOPLATE

#### 1. Preparación de CARBOPLATE

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

#### 2. Preparación de ADESILEX PG 1

- La mezcla de los dos componentes A y B se deberá realizar con un mezclador lento.
- Mezclar hasta la obtención de una mezcla homogénea y de un color gris uniforme.
- La cantidad a utilizar está en función de la planitud, la rugosidad del soporte, así como de la anchura de las placas (valores indicativos):
  - Placas de 50 mm de anchura: 160 a 200 g por m de placa.
  - Placas de 100 mm de anchura: 320 a 400 g por m de placa.
  - Placas de 150 mm de anchura: 480 a 600 g por m de placa.

<sup>(7)</sup> UNE-EN 1542: "Productos y sistemas para la protección y reparación de estructuras de hormigón. Métodos de ensayo. Determinación de la adhesión por tracción directa."

### 3. Aplicación de CARBOPLATE

- Retirar la película protectora que protege el lado de la placa que se va a encolar.
- Aplicar la cola ADESILEX PG 1 a doble encolado: una capa de 1 a 1,5 mm sobre el CARBOPLATE y una capa sobre el hormigón de 1 mm aproximadamente.
- Posicionar y colocar la lámina manualmente sobre el soporte ejerciendo una presión constante.
- Presionar fuertemente con la ayuda de un rodillo de encolado, hasta obtener un reflujo continuo de cola en los bordes de la lámina; retirar el excedente de cola inmediatamente con una espátula y no reutilizarlo.
- En el caso de estructuras curvadas, será necesario utilizar medios mecánicos provisionales de sujeción y retención hasta que la resina ADESILEX PG 1 haya endurecido en su totalidad (aproximadamente 24 horas).
- En el caso de superposición de placas, una vez conseguido el endurecimiento completo del ADESILEX PG 1, será necesario lijar la placa previamente encolada. A continuación, después de retirar bien el polvo de la placa, se procederá al encolado del mismo modo que el encolado sobre el hormigón.

#### 6.3.2 *Método MAPEWRAP*

##### 1. Preparación del MAPEWRAP C UNI-AX

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

##### 2. Preparación de MAPEWRAP PRIMER 1

- La mezcla de los dos componentes A y B se deberá realizar con un mezclador lento.
- Mezclar hasta la obtención de una resina fluida y homogénea.
- El consumo está en función de la rugosidad del soporte (valores indicativos): 250 a 300 g/m<sup>2</sup>.

##### 3. Preparación de MAPEWRAP 31

- La mezcla de los dos componentes A y B se deberá realizar con un mezclador lento.
- Mezclar hasta la obtención de una mezcla homogénea y de un color amarillo uniforme.
- El consumo está en función de la regularidad, así como de la anchura y del gramaje de los tejidos (valores indicativos):

- Tejido (300 g/m<sup>2</sup>):
  - ancho 10 cm: 100 a 110 g por m de tejido,
  - ancho 20 cm: 200 a 220 g por m de tejido,
  - ancho 40 cm: 400 a 440 g por m de tejido.
- Tejido (600 g/m<sup>2</sup>):
  - ancho 10 cm: 150 a 155 g por m de tejido,
  - ancho 20 cm: 300 a 310 g por m de tejido,
  - ancho 40 cm: 600 a 620 g por m de tejido.

#### 4. Aplicación de MAPEWRAP C UNI-AX

- Aplicar una capa de MAPEWRAP PRIMER 1 con brocha o rodillo sobre el soporte de hormigón (en el caso de soportes muy absorbentes, será necesaria una segunda capa).
- Cuando se absorba MAPEWRAP PRIMER 1 por el soporte de hormigón, es decir, transcurridos unos 30 minutos, aplicar una primera capa de cola MAPEWRAP 31 de unos 0,5 mm de grosor, con brocha o con rodillo.
- Sobre la capa de MAPEWRAP 31 todavía fresca, disponer el tejido sobre el soporte ejerciendo una presión constante y con cuidado de no hacer pliegues.
- Después de haber encolado bien el tejido con las manos protegidas con guantes de caucho impermeables, aplicar una segunda capa de MAPEWRAP 31 sobre el tejido y presionarlo fuertemente con la ayuda de un rodillo acanalado, hasta que la cola haya penetrado en su totalidad a través de las fibras del tejido.
- En el caso de superposición de tejidos en menos de 24 horas, se aplica una nueva capa de MAPEWRAP 31 y después, se embebe la nueva banda de tejido en la cola todavía fresca. Después de haberla encolado bien, se aplica una segunda capa de MAPEWRAP 31.
- En el caso de superposición de tejidos en más de 24 horas, resulta necesario lijar previamente la capa anterior de MAPEWRAP 31. A continuación, después de haber retirado bien el polvo, se procede tal como se ha indicado anteriormente.
- Tratamiento de juntas: cuando se precisa unir varias bandas de tejido en el sentido longitudinal, es necesario superponerlas por lo menos 20 cm. En el sentido de la anchura, los tejidos se pueden aplicar juntos.

#### 6.4 **Acabados y protección**

Los revestimientos de acabado de los métodos CARBOPLATE y MAPEWRAP pueden ser, bien un mortero con base de cemento tipo MAPELASTIC, una pintura de tipo ELASTOCOLOR, o bien una pintura intumescente.

#### 6.4.1 Recubrimiento de CARBOPLATE

- Limpiar cuidadosamente la superficie de carbono.
- Aplicar una capa de ADESILEX PG 1 o de MAPEWRAP 31 sobre la placa de carbono,
- Enarenar hasta rechazo la capa todavía fresca con la ayuda de arena limpia y seca (por ejemplo el Quartz 1,2 de MAPEI),
- Una vez seco (aproximadamente 24 h a 20 °C), eliminar el exceso de arena mediante cualquier medio adecuado (por ejemplo barrido o aspiración).
- A partir de este momento se pueden aplicar los revestimientos de acabado (de conformidad con las fichas técnicas).

#### 6.4.2 Recubrimiento de MAPEWRAP

- En la capa de MAPEWRAP 31 todavía fresca enarenar hasta rechazo con la ayuda de arena limpia y seca (por ejemplo el Quartz 1,2 de MAPEI).
- Una vez seco (aproximadamente 24 h a 20 °C), eliminar el exceso de arena mediante cualquier medio adecuado (por ejemplo barrido o aspiración).
- A partir de este momento se pueden aplicar los revestimientos de acabado (de conformidad con las fichas técnicas).

#### 6.4.3 Protección contra la corrosión

Los métodos CARBOPLATE y MAPEWRAP, al ser materiales a base de fibras de carbono, son insensibles a la corrosión y, por ello, no precisan protección.

#### 6.4.4 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 superan la temperatura de transición vítrea de ADESILEX PG 1 o MAPEWRAP 31 dependiendo del método empleado.

## 7. REFERENCIAS DE UTILIZACIÓN

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

- Nuevo edificio de viviendas en C/. Mariners, en Sant Carles de la Rapita (Tarragona). Carboplate 170/50/1.4 (400 m). 2006.
- Rehabilitación de vivienda en Avda. Pedraforca, en San Antoni de Vilamajor (Barcelona). Carboplate 170/50/1.4 (100 m). 2006.
- Nuevo edificio de viviendas en C/. Can Amat, P.I. Barcelones, en Abrera (Barcelona). Carboplate 170/50/1.4 (600 m). 2006.
- Rehabilitación de vivienda en Passatge de la Torre, en Vacarisses (Barcelona). Carboplate 170/50/1.4 (150 m). 2006.
- Refuerzo sótano en los Jardines de Merçe Vilaret C/. Floridablanca, en Barcelona. Carboplate 170/100/1.4 y Carboplate 170/50/1.4 (200 m + 225 m). 2006.
- Reconversión para Biblioteca de la Diputación de Barcelona en C/. Verge de Montserrat, en Cornellà de Llobregat (Barcelona). Carboplate 170/50/1.4 (150 m). 2007.
- Rehabilitación de un edificio de viviendas en C/. Marina, en Premià de Mar (Barcelona). Carboplate 170/50/1.4 (450 m) 2007.
- Nuevo edificio de 70 viviendas en Can Mises (Ibiza). Carboplate 170/50/1.4 (1.200 m). 2007.
- Nuevo CEIP en Muro (Mallorca). Carboplate 170/50/1.4 (300 m). 2007.
- Refuerzo vigas prefabricadas en un Centro comercial Carrefour Express, en Igualada (Barcelona). Carboplate 170/100/1.4 y Carboplate 170/50/1.4 (700 m + 200 m). 2008.

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

- Rehabilitación de un edificio para albergar una sucursal bancaria en C/. Major, en Terrassa (Barcelona). Mapewrap C UNI-AX 300/40 (700 m). 2002.
- Carnicería en C/. Gran 2, en Sineu (Mallorca). Mapewrap C UNI-AX 300/40 (50 m). 2005.
- Rehabilitación del IES Meridiana en C/. Pintor Almasora, en Barcelona. Mapewrap C UNI-AX 600/40 y Mapewrap C UNI-AX 300/40 (50 m + 50 m). 2006.
- Nuevo edificio de 70 viviendas en Can Mises (Ibiza). Mapewrap C UNI-AX 300/20 (1200 m). 2007.
- Refuerzo pilares en la Terminal Sur del Aeropuerto de Barcelona. Mapewrap C UNI-AX 300/40 y Mapewrap C UNI-AX 600/40 (50 m + 50 m) 2008.

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

## 8. CRITERIOS DE CÁLCULO

El campo de aplicación del presente documento es el del refuerzo de estructuras de edificación en hormigón armado. El dimensionado se deberá realizar por una oficina especializada en cálculo de estructuras.

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

El dimensionado del refuerzo seguirá las reglas del Boletín 14 del FIB "Externally bonded FRP reinforcement for RC structures".

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

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

## 9. ENSAYOS

Los siguientes ensayos se han realizado en el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (IETcc) (Informe n.º 19.210-1) y otra parte de los ensayos han sido aportados por el fabricante y realizados en otros laboratorios.

### 9.1 Ensayos de caracterización

Los ensayos de caracterización para la obtención del Avis Technique han sido aportados por el fabricante.

Los ensayos de caracterización fueron realizados en el laboratorio L2MS (Laboratoire Mécanique Matériaux et Structures) de la Universidad Claude Bernard Lyon I (UCBL) en diciembre de 2005 y julio de 2006, con números de informe: MAPEI/12/05 Rev. 1.0 y MAPEI/07/06 Rev. 1.0.

Se realizaron los siguientes ensayos:

- Ensayos de adherencia sobre hormigón.
- Ensayos de tracción del compuesto MAPEWRAP.
- Ensayos de tracción-corte para la resistencia a la delaminación.

- Ensayos de tracción-corte para la caracterización de la interfaz compuesto-hormigón y obtención de la ley de comportamiento en corte de la junta encolada por un ensayo estático.

Los ensayos de tracción para el método CARBOPLATE se han realizado en Italia, en el Laboratorio EDIL – TEST, S.r.l., en Battipaglia (Campania), en julio de 2001, con número de informe: 85-86/01.

Los ensayos de tracción para el MAPEWRAP C UNI-AX 300 se han realizado en Italia, en el Laboratorio EDIL – TEST, S.r.l., en Battipaglia (Campania), en mayo de 2003, con número de informe: 75/01.

### 9.2 Ensayo a flexión unidireccional

#### a) Objeto del ensayo

El objetivo es verificar el comportamiento mecánico del refuerzo CARBOPLATE como refuerzo de elementos de hormigón armado en flexión.

#### b) Disposición del ensayo

Se realizaron tres ensayos de flexión con vigas de 3,75 m de luz y 0,3 m de anchura, con un canto de 30 cm.

La disposición del ensayo queda recogida en el informe 19.210-1.

#### c) Resultados obtenidos

La carga de rotura superó la carga prevista por cálculo para rotura a flexión.

### 9.3 Ensayo a cortante

#### a) Objeto del ensayo

El objetivo es verificar el comportamiento mecánico del refuerzo MAPEWRAP como refuerzo a cortante de elementos de hormigón armado en flexión, y si éste corresponde con el modelo teórico de cálculo.

#### b) Disposición del ensayo

Se ensayó una viga de 3,75 m de luz y 0,3 m de anchura, con un canto de 30 cm.

La disposición del ensayo queda recogida en el informe 19.210-1.

#### c) Resultados obtenidos

La carga de rotura superó la carga prevista por cálculo para rotura a cortante.

## 9.4 Ensayo a compresión centrada

### a) Objeto del ensayo

El objetivo es verificar el comportamiento mecánico del refuerzo MAPEWRAP como refuerzo de elementos de hormigón armado comprimidos, y si éste corresponde con el modelo teórico de cálculo.

### b) Disposición del ensayo

Se realizaron dos ensayos sobre pilares de 2,5 m de altura y 0,3 m × 0,3 m de dimensiones en planta.

La disposición del ensayo queda recogida en el informe 19.210-1.

### c) Resultados obtenidos

En ambos casos, la carga de rotura superó la carga prevista por cálculo para rotura a compresión.

En el primer caso, tras la rotura del pilar, éste se mantuvo confinado y soportando una carga de 3.300 kN.

En el segundo caso, el ensayo se detuvo al llegar a 3.987 kN, carga superior a la prevista por cálculo.

## 10. EVALUACIÓN DE LA APTITUD DE EMPLEO

### 10.1 Cumplimiento de la reglamentación nacional

#### 10.1.1 SE - Seguridad estructural

Los Sistemas CARBOPLATE y MAPEWRAP son sistemas de refuerzo de estructuras de edificación de hormigón armado, y por lo tanto contribuyen a la estabilidad de la edificación.

La presente evaluación técnica, con los ensayos realizados, ha permitido comprobar que el comportamiento estructural del Sistema es acorde con las hipótesis de cálculo del fabricante, según se describen en el punto 8 del presente documento.

El dimensionado del refuerzo seguirá las reglas del Boletín 14 del FIB "Externally bonded FRP reinforcement for RC structures".

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

Se prestará especial atención a una verificación de las deformaciones previstas en la estructura.

#### 10.1.2 SI - Seguridad en caso de incendio

No se ha determinado la clasificación de reacción al fuego de los materiales que integran el sistema, por lo que tendrán consideración de Euroclase de Reacción al Fuego F.

Deberá verificarse el cumplimiento de la Exigencia básica de Resistencia al fuego de la estructura (SI6), según queda recogido en el CTE-DB-SI relativo a Seguridad en caso de incendio.

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

Debe tenerse en cuenta que las propiedades adhesivas de las colas disminuyen rápidamente al aumentar la temperatura.

#### 10.1.3 SU - Seguridad de utilización

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

#### 10.1.4 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.

#### 10.1.5 HR - Protección frente al ruido

No procede.

#### 10.1.6 HE - Ahorro energético

No procede.

### 10.2 Gestión de residuos

Se seguirán las especificaciones del Real Decreto 105/2008 por el que se regula la Producción y

Gestión de los Residuos de Construcción y Demolición, así como las reglamentaciones autonómicas y locales que sean de aplicación.

### 10.3 Mantenimiento y condiciones de servicio

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

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

No se ha verificado la durabilidad de los sistemas en caso de ambientes agresivos o cuando la temperatura sea susceptible de sobrepasar puntualmente los 40 °C en el caso del CARBOPLATE o los 50 °C en el caso del MAPEWRAP.

## 11. CONCLUSIONES

De acuerdo con el Avis Technique que indica que MAPEI Francia, dispone de un certificado ISO 9001/2000, que garantiza su sistema de aseguramiento de la calidad, y que todos los productos indicados en el documento disponen de una garantía RC suscrita por MAPEI Francia y MAPEI España.

Considerando que el proceso de puesta en obra está suficientemente contrastado por la práctica y los resultados de los ensayos, se estima favorablemente, con las observaciones de la Comisión de Expertos en este DIT, la idoneidad de empleo del Sistema propuesto por el fabricante.

EL PONENTE:

Tomás Amat Rueda,  
Dr. Ing. de Caminos, C. y P.

## 12. OBSERVACIONES DE LA COMISIÓN DE EXPERTOS

Las principales Observaciones de la Comisión de Expertos en sesión celebrada en el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, el 8 de octubre de 2009<sup>(6)</sup>, fueron 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 artículo 5 del Boletín 14 del FIB relativas a refuerzos a cortante.
- Se debe tener en cuenta las limitaciones establecidas en el artículo 6.3.2.4 del Boletín 14 del FIB relativas al refuerzo por confinamiento de pilares de sección rectangular.
- Se debe tener en cuenta la vulnerabilidad de este tipo de refuerzos a las altas temperaturas, debiendo respetarse las temperaturas máximas indicadas en el punto 2 del 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.
- 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.

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

<sup>(6)</sup> La Comisión de Expertos estuvo integrada por representantes de los siguientes Organismos y Entidades:

- ACCIONA INFRAESTRUCTURAS, S.A.
- Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos de España (CSCAE).
- DRAGADOS, S.A.
- FCC Construcción, S.A.
- Instituto Técnico de Materiales y Construcciones, S.A. (INTEMAC, S.A.).
- Ministerio de la Vivienda.
- SOCOTEC Iberia, S.A.
- SGS Tecnos, S.A. (miembro de aeccti).
- Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (IETcc).

no debe superar las temperaturas recogidas en el punto 2 del Informe Técnico.

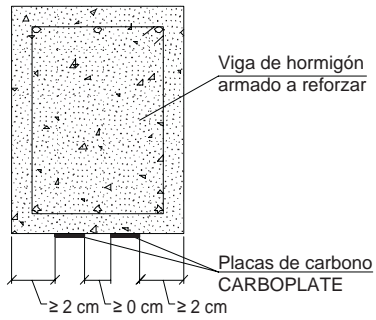
El material empleado para proteger el refuerzo deberá garantizar, mediante ensayos homologados, que la temperatura del refuerzo y del soporte al nivel del encolado no supera las temperaturas recogidas en el punto 2 del Informe Técnico.

- 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 recomienda que una copia del presente Documento de Idoneidad Técnica se incorpore al Libro del Edificio.

SECCIÓN

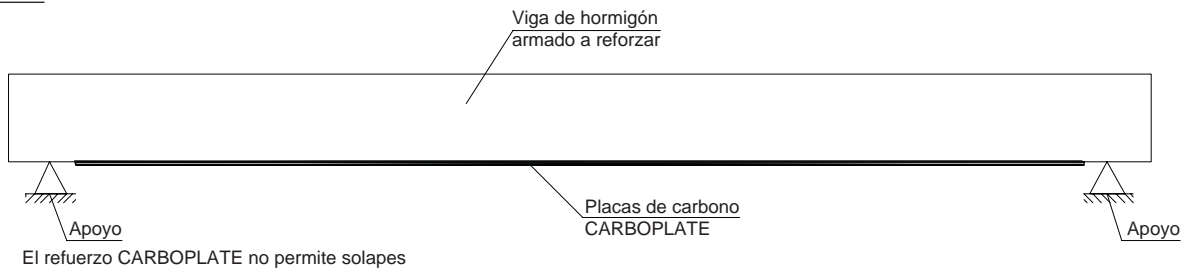


Los detalles recogidos en las figuras son orientativos, debiendo definirse para cada proyecto.

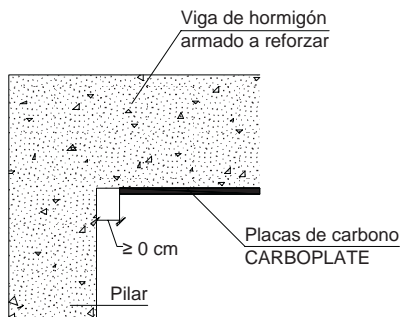
El tipo, número y disposición de los refuerzos se fijará por cálculo, debiendo quedar reflejado en el proyecto técnico.

El centro de gravedad del refuerzo deberá hacerse coincidir con el eje que pasa por el centro de gravedad de la sección, salvo que se justifique adecuadamente por cálculo una disposición distinta.

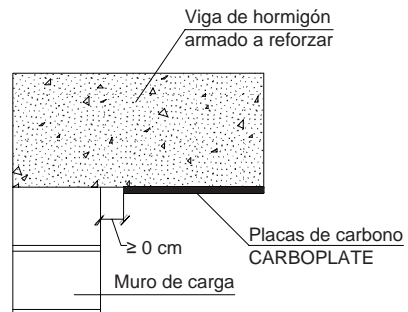
ALZADO



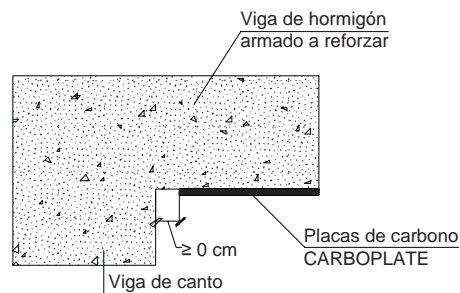
DETALLE DE ZONA DE APOYO



DETALLE DE ZONA DE APOYO

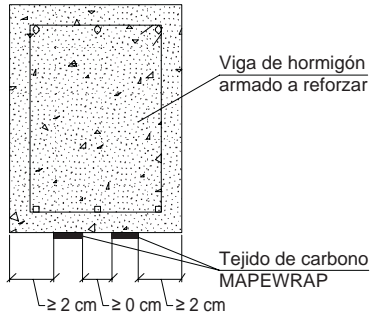


DETALLE DE ZONA DE APOYO



**Figura 1. SISTEMA CARBOPLATE PARA REFUERZO A TRACCIÓN EN VIGAS.**

**SECCIÓN**

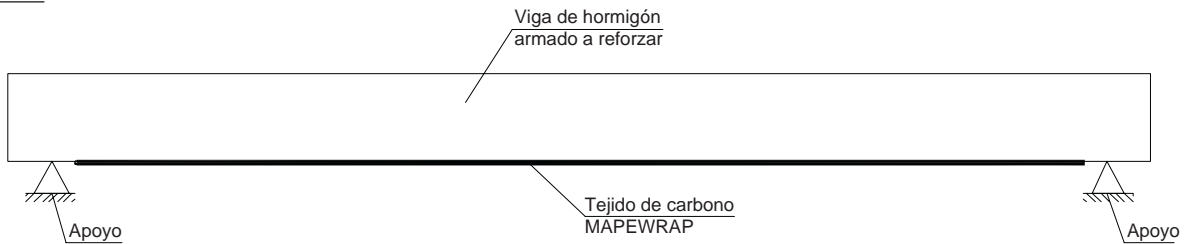


Los detalles recogidos en las figuras son orientativos, debiendo definirse para cada proyecto.

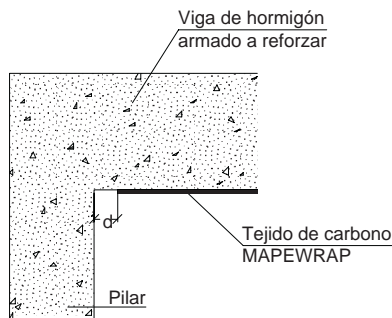
El tipo, número y disposición de los refuerzos se fijará por cálculo, debiendo quedar reflejado en el proyecto técnico.

El centro de gravedad del refuerzo deberá hacerse coincidir con el eje que pasa por el centro de gravedad de la sección, salvo que se justifique adecuadamente por cálculo una disposición distinta.

**ALZADO**

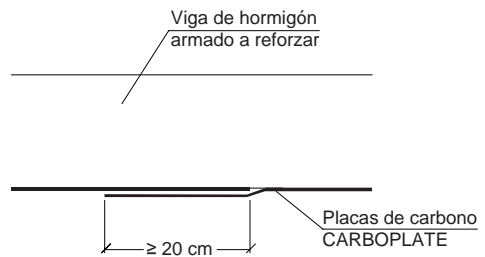


**DETALLE DE ZONA DE APOYO**



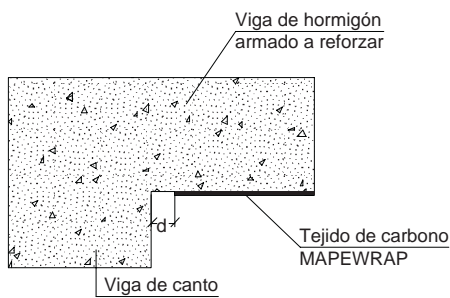
d: distancia de extremo de refuerzo de tejido de carbono MAPEWRAP a cara de apoyo.

**DETALLE DE SOLAPE**



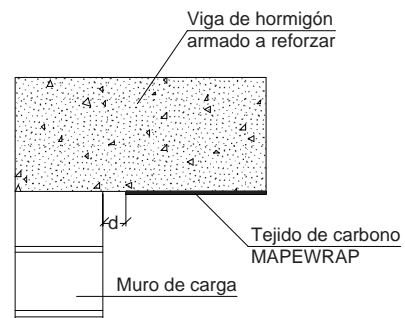
lp: longitud de solape de tejido de carbono MAPEWRAP

**DETALLE DE ZONA DE APOYO**



d: distancia de extremo de refuerzo de tejido de carbono MAPEWRAP a cara de apoyo.

**DETALLE DE ZONA DE APOYO**

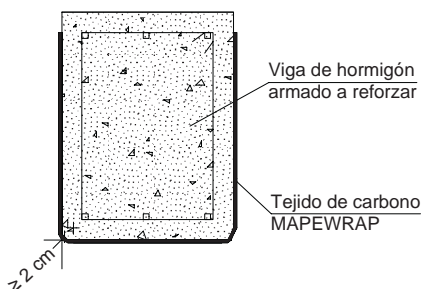


d: distancia de extremo de refuerzo de tejido de carbono MAPEWRAP a cara de apoyo.

**Figura 2. SISTEMA MAPEWRAP PARA REFUERZO A TRACCIÓN EN VIGAS.**

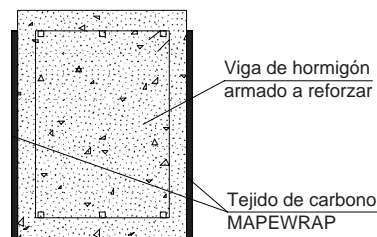
SECCIÓN TIPO

Refuerzo en "U"



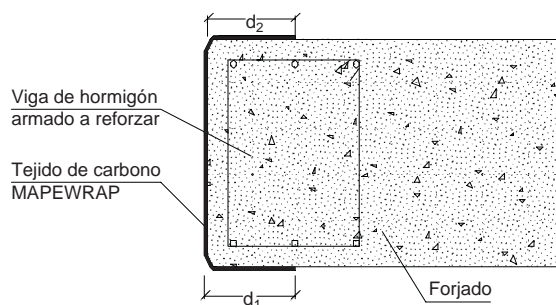
SECCIÓN TIPO

Refuerzo en caras laterales



SECCIÓN TIPO

Refuerzo en cara lateral



Los detalles recogidos en las figuras son orientativos, debiendo definirse para cada proyecto.

El tipo, número y disposición de los refuerzos se fijará por cálculo, debiendo quedar reflejado en el proyecto técnico.

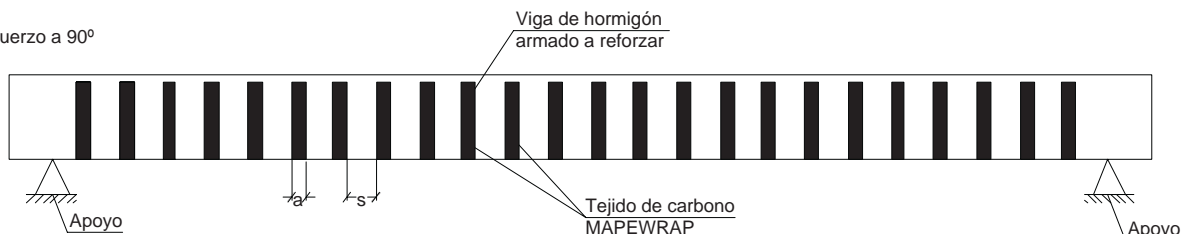
El uso del refuerzo de cortante en vigas planas estará limitado a vigas cuya anchura no sea mayor que:

$$b + 1,75 \cdot c$$

siendo  $b$  = anchura del pilar;  
 $c$  = canto de la viga.

ALZADO

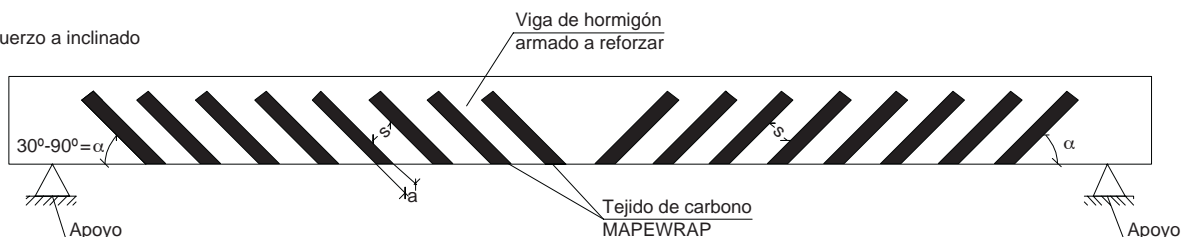
Refuerzo a 90°



$s$ : separación entre tejidos de carbono MAPEWRAP.  
 $a$ : anchura del tejido de carbono MAPEWRAP.  
 $s \leq 1,5 \cdot a$ .

ALZADO

Refuerzo a inclinado

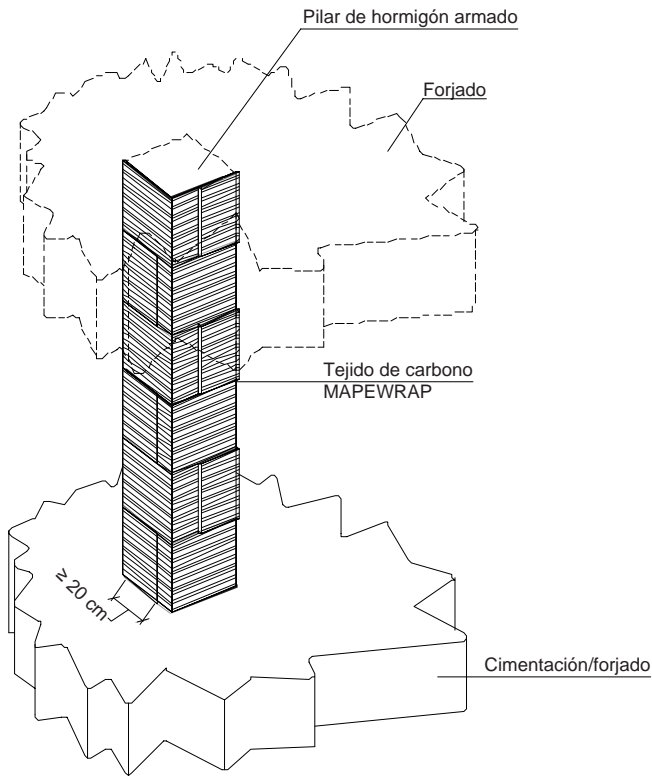


$s$ : separación entre tejidos de carbono MAPEWRAP.  
 $a$ : anchura del tejido de carbono MAPEWRAP.  
 $\alpha$ : ángulo de tejidos de carbono MAPEWRAP.  
 $s \leq 1,5 \cdot a$   
 $\alpha = 30^\circ - 90^\circ$

**Figura 3. SISTEMA MAPEWRAP PARA REFUERZO A CORTANTE EN VIGAS.**

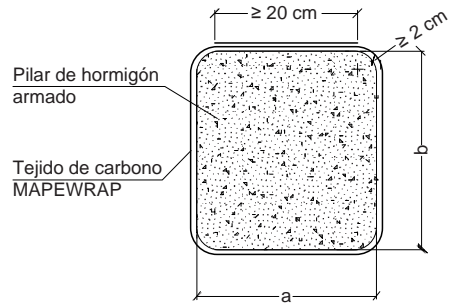
PERSPECTIVA

Confinamiento en toda la longitud del pilar



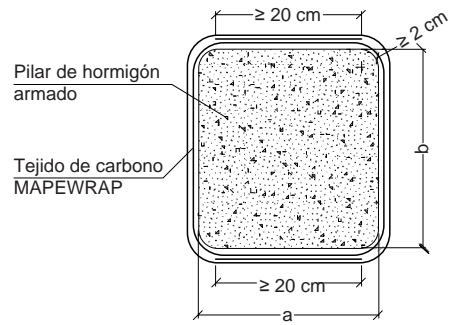
SECCIÓN

Confinamiento con una capa



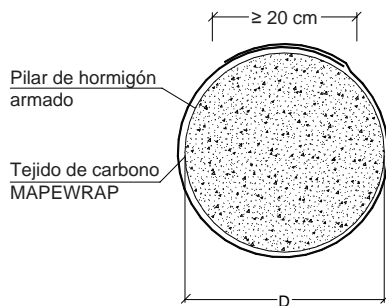
SECCIÓN

Confinamiento con más de una capa



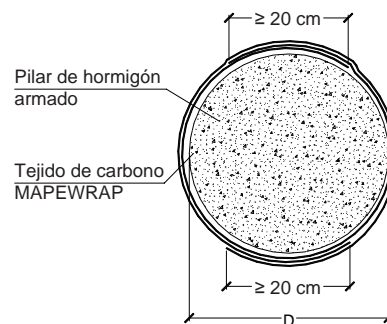
SECCIÓN

Confinamiento con una capa

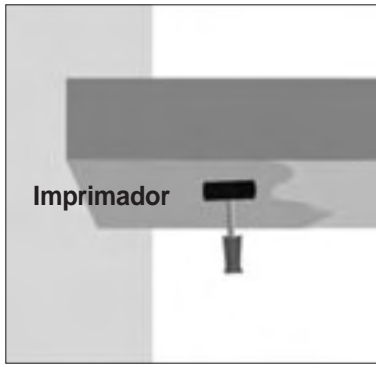


SECCIÓN

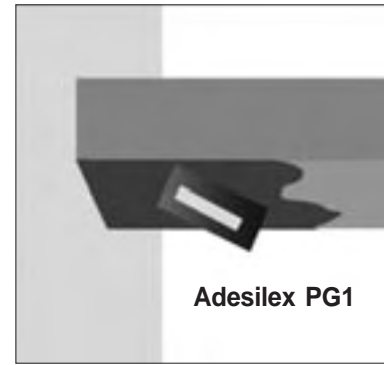
Confinamiento con más de una capa



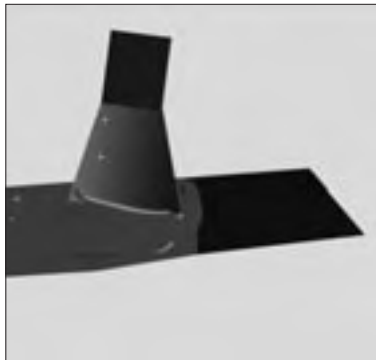
**Figura 4. SISTEMA MAPEWRAP PARA CONFINAMIENTO DE PILARES.**



1. Imprimación con MAPEWRAP PRIMER 1.



2. Aplicación de ADESILEX PG1.



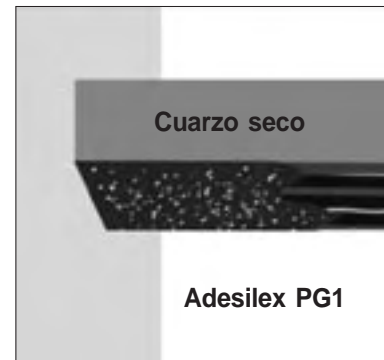
3. Aplicación de ADESILEX PG1 sobre la lámina de CARBOPLATE una vez quitada la protección.



4. Colocar el CARBOPLATE ejerciendo una presión uniforme con un rodillo duro.



5. Una vez colocado el CARBOPLATE eliminar el exceso de resina con una espátula.

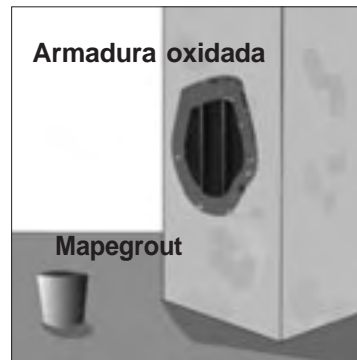


6. Aplicación de ADESILEX PG1. Posterior aplicación de cuarzo seco.



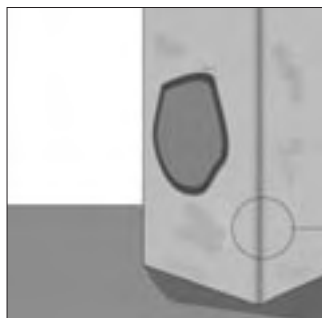
7. Aplicación de un recubrimiento protector Anti-U.V.

**Figura 5. SISTEMA CARBOPLATE. PUESTA EN OBRA.**



1. REPARACIÓN del soporte con chorro de arena o hidrodemolición.

2. RESTAURAR, si es necesario, las partes degradadas del hormigón y la armadura.

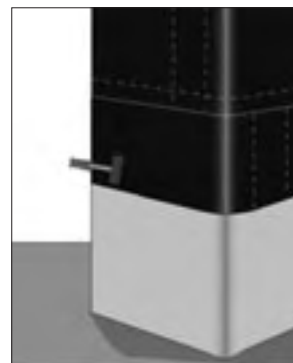
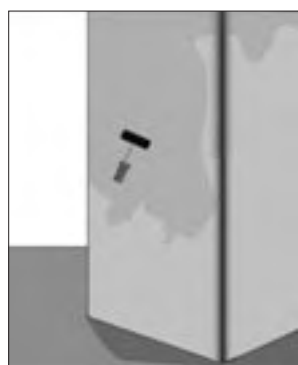


3. REDONDEAR todos los ángulos vivos en los que se quiera realizar un fajado con el tejido.



4. IMPRIMADOR: aplicar MAPEWRAP PRIMER 1 sobre la superficie de hormigón seca y limpia.

5. ENLUCIDO: una hora después de aplicar el imprimador, realizar el enlucido, de unos 2 mm de espesor, con MAPEWRAP 11 o MAPEWRAP 12 (en función de la temperatura).



6. Aplicar una primera capa de MAPEWRAP 31.

7. COLOCACIÓN de MAPEWRAP C, alisándolo con cuidado, con las manos protegidas por guantes y aplicar una segunda capa de MAPEWRAP 31. Presionar el tejido utilizando un rodillo de goma rígida y, después, un rodillo de aluminio de tornillo sinfín.

**Figura 6. SISTEMA MAPEWRAP. PUESTA EN OBRA**



