



Reparació i reforç d'estructures de formigó amb sistemes FRP

Dimarts 26 de setembre de 18:00 a 19:00

Jornada tècnica en col·laboració amb:

Enginyers
Industrials de Catalunya
Demarcació de Girona

Ponent:

Joan Lleal

Responsable de Promoció de la
Prescripció Mapei Spain, S.A.U.

Edificació Obra Civil e Indústria

☎ 609876541 ✉ joanlleal@mapei.es





ADHESIVOS · SELLADORES · PRODUCTOS QUÍMICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN



Multinacional fabricant de productes químics per a la construcció

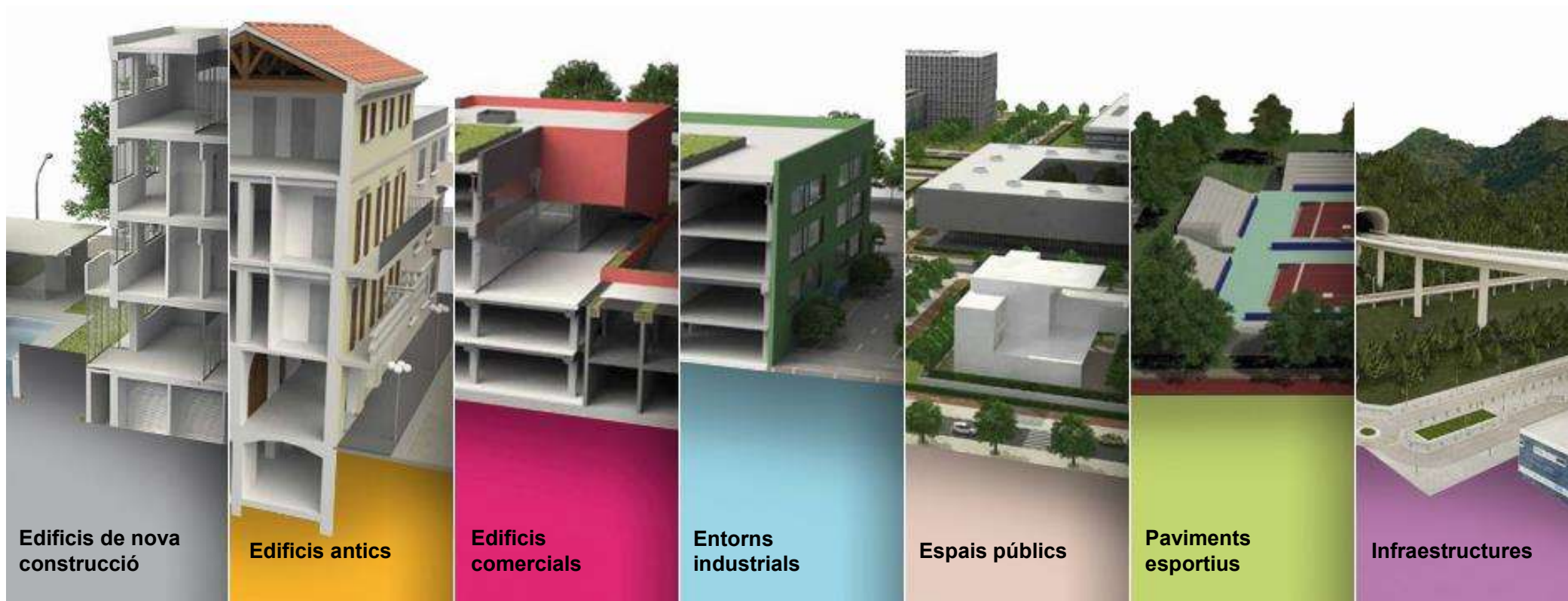


www.mapei.es | Síguenos en      

ONE WORLD COMPANY BRAND



Línies de productes



Les solucions Mapei abasten totes les fases de l'obra

Multinacional fabricant de productes químics per a la construcció: Edificació, Obra Civil e Indústria.

Productes per a Ceràmica i Materials Petris	Productes per l'Aïllament Tèrmic	Productes per a Paviments Cimentosos i de Resines	Productes per a la Reparació del formigó
Productos para el Refuerzo Estructural	Productes per a Paviments Esportius	Productes per el Sanejament de Edificis de Obra de Fàbrica	Productes per a la impermeabilització
Additius per el Formigó	Productes per a Construcció Subterrània	Productes per a la Indústria Marina	Productes per a Paviments Arquitectònics de Pedra
Productes per a paviments Resilents i Tèxtils	Segelladors i Adhesius Elàstics	Productes per el Aïllament Acústic	Productes per a Parquet
	Additius de Mòlta	Paviments de Formigó Arquitectònic	

Mapei en cifras

 3,3

Mil millones de euros de facturación consolidada en 2021

Más de

 11 000

Empleados

Más de

 6 000

Productos del Grupo Mapei para el sector de la construcción



Más de

6000

Nuevas formulaciones del Grupo Mapei cada año

32



Centros de investigación en 20 países



100

Filiales en 57 países diferentes

MAPEI: 85 Años mirando al futuro

El grupo multinacional a la vanguardia de los productos químicos para la construcción fue fundado el 12 de febrero de 1937 en Milán

Más de

100 000



Toneladas de CO₂ compensadas

Más de

66 000



Clientes en todo el mundo



86

Plantas en 5 continentes, en 35 países diferentes

163 000

Profesionales del sector participaron en la formación Mapei



4 000 000



Toneladas menos de CO₂ durante la producción de cemento gracias a los aditivos de molienda de Mapei

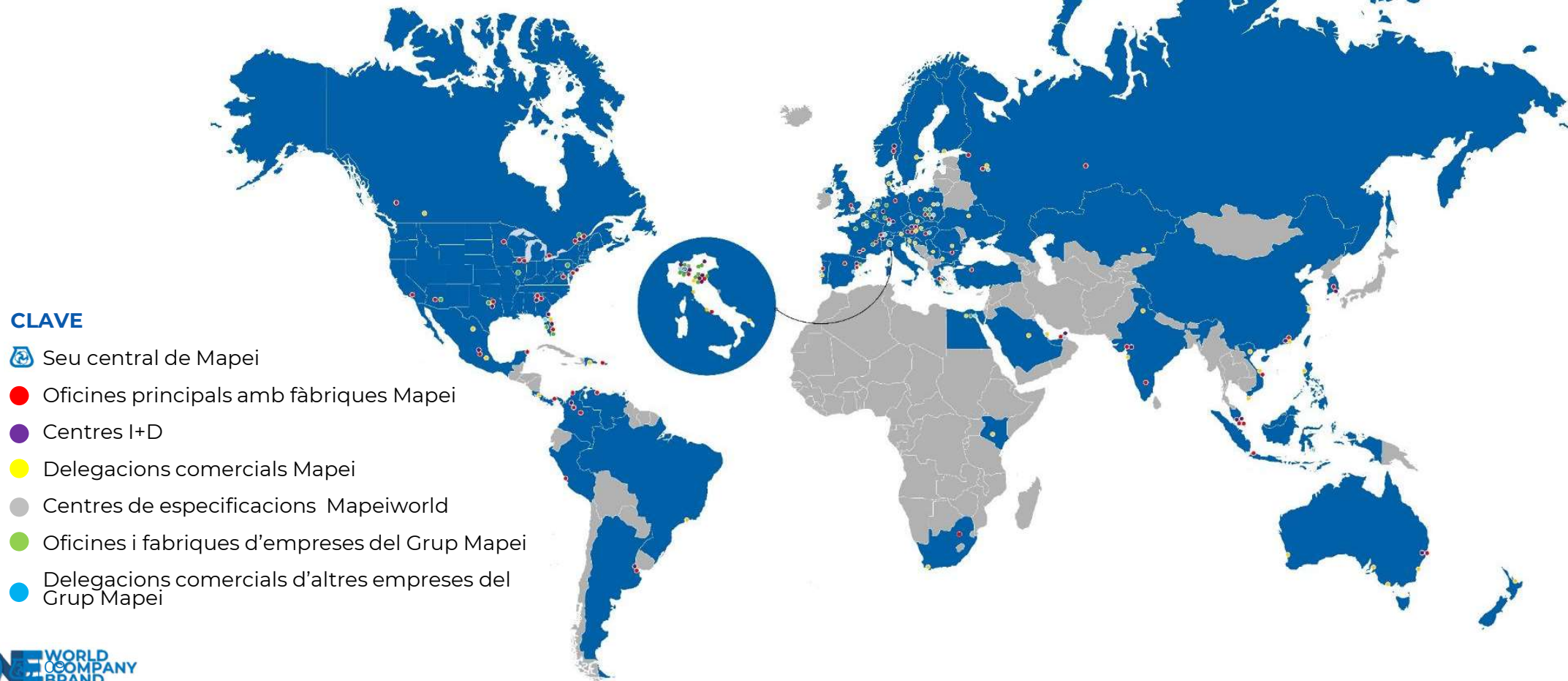
27 900

Toneladas de productos enviados cada día



ADHESIVOS · SELLADORES · PRODUCTOS QUÍMICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN

Presència de Mapei a nivell global: 86 plantes i 100 filials en els 5 continents



REPARACIÓ I REFORÇ D'ESTRUCTURES AMB FIBRA DE CARBONI

Introducció

Què son els materials FRP? Tipus de materials

Normativa aplicable

Usos i aplicació dels materials FRP en estructures de formigó

Software per la redacció del projecte

INTRODUCCIÓ: Camp d'aplicació



Residencial



Industrial



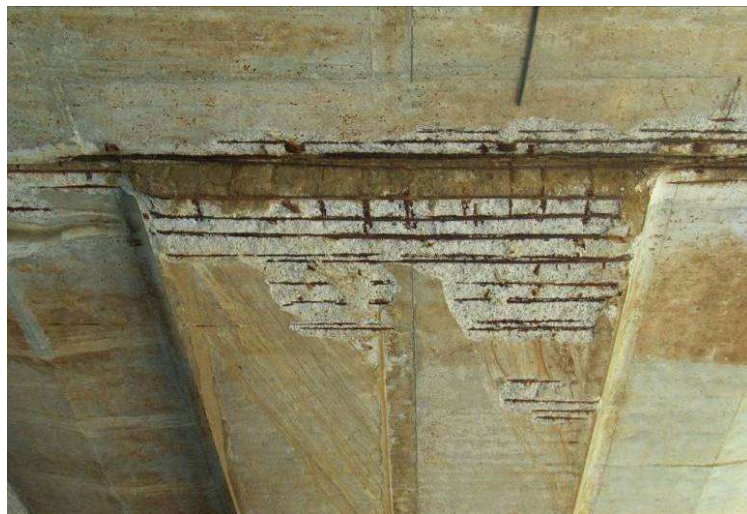
Obres hidràuliques



Infraestructures

INTRODUCCIÓ: Camp d'aplicació

Deteriorament d'estructures de formigó en edificació, obra civil e indústria



EN 1504: Reparació i protecció d'estructures de formigó

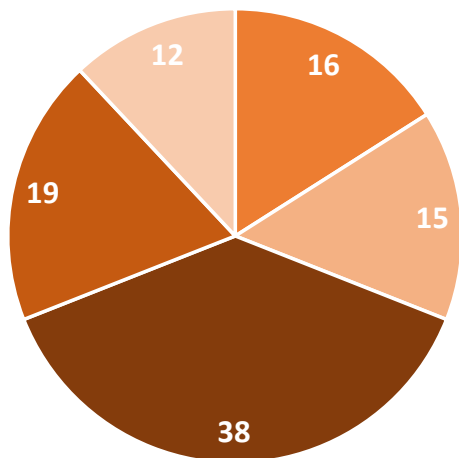
En vigor des de l'1 de Gener de 2009, sorgeix arran d'un estudi independent realitzat pel CONREPNET sobre la base del qual s'estimava que entre el 60 i el 75% dels clients d'estructures reparades, estava insatisfet amb la reparació realitzada en la seva estructura abans dels 10 anys.

La norma EN 1504 defineix els principis i mètodes per a dur a terme les actuacions de reparació i protecció.

L'objecte de la norma és normalitzar els productes i treballs que apliquen a la reparació i protecció d'estructures, amb l'objectiu d'aconseguir actuacions més efectives i duradores.

INTRODUCCIÓ: Normativa

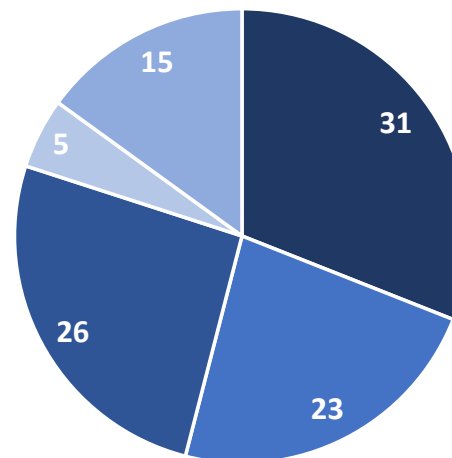
Per què fallen les reparacions?



- Desconocimiento del origen de los daños 16%
- Productos no adecuados 15%
- Solució incorrecta e incompleta 38%
- Aplicación incorrecta 19%
- Otros factores 12%



Tipus de danys



- Fisuración 31%
- Corrosión 23%
- Pérdida de adherencia 26%
- Reacción álcali-agregado 5%
- Otros 15%



Font: CONREPNET

INTRODUCCIÓ: Patologies en estructures de formigó

EN 1504: Reparació i protecció d'estructures de formigó.

Quin és l'origen dels danys?

Causas de la degradació del formigó en massa

Mecàniques	Químiques	Físiques
<ul style="list-style-type: none">▪ Impactes▪ Sobrecarregues▪ Moviments (assentaments, etc.)▪ Explosió▪ Vibració	<ul style="list-style-type: none">▪ Reacció àrid-àlcali▪ Agressió química▪ Agents agressius (sulfats, aigües toves, sales, etc.)▪ Activitats biològiques	<ul style="list-style-type: none">▪ Glaç/desglaç▪ Temperatura▪ Retracció▪ Erosió▪ Desgast▪ Cristal·lització de sals

Causas de la degradació de les armadures

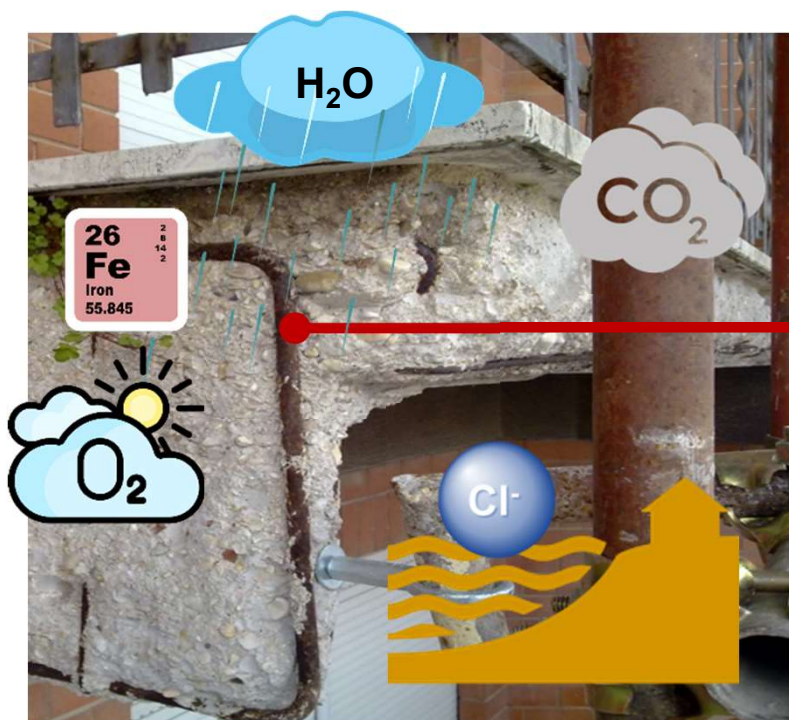
Corrosió		
Carbonatació	Corrents elèctriques erràtiques	Contaminants corrosius (clorurs): <ul style="list-style-type: none">▪ En el pastat▪ En l'ambient

INTRODUCCIÓ: Patologies en estructures de formigó

Corrosió de les armadures:

Reacció electroquímica que es produeix en entrar en contacte:

ferro + oxigen + aigua + clorurs (opcionalment) i que té com a resultat la formació d'òxids de ferro.



Òxids de ferro:

- Els òxids de ferro augmenten fins a 4 vegades de volum generant tensions en els recobriments de formigó i possibles trencaments o fractures en aquest.
- Els òxids de ferro es dissolen provocant pèrdua de secció de l'armat i amb això la disminució de capacitat estructural (per sobre de pèrdues del 20% de secció és recomanable reposar armadura o reforçar l'estructura).

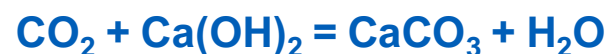
La corrosió de les armadures en el formigó armat es veu afavorida pels processos de carbonatació i per la presència de clorurs.

INTRODUCCIÓ: Patologies en estructures de formigó

La corrosió de les armadures normalment està induïda per:

Carbonatació:

Reacció entre el Diòxid de Carboni present a l'atmosfera amb l'Hidròxid de Calci present en el formigó per a donar com a resultat la formació de Carbonats Càlcics.

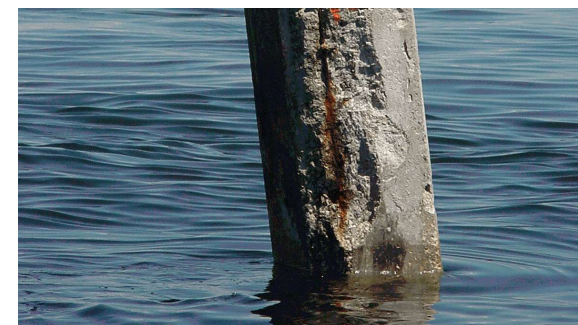


Els Carbonats Càlcics es van generant des de la superfície cap a l'interior de l'element de formigó i provoquen un descens del pH d'aquest. Un formigó jove té un pH de 12 que per efecte de la carbonatació va disminuint amb el temps.

- Formigó no carbonatat: $\text{pH} > 9$ - L'alcalinitat protegeix enfront de la corrosió.
- Formigó carbonatat: $\text{pH} < 9$ - Passa d'alcalí a àcid i perd l'efecte protector.

Presència de clorurs:

Els clorurs actuen com a catalitzadors de la reacció de corrosió. Formen punts d'òxid (corrosió per picada) i actuen fins i tot en formigó amb $\text{pH} > 12$. Presents en ambients marins, industrials, piscines zones d'ús de sals de desglaç, etc.





INTRODUCCIÓ: Patologies en estructures de formigó

Les edificacions i construccions en general de qualssevol zona costanera estan sotmeses a un ambient marí altament nociu per a les estructures de formigó armat.



Per a evitar la degradació seria convenient emprar tècniques de protecció adequades.

INTRODUCCIÓ: Reparació d'estructures

Actuació “completa” en una estructura de formigó deteriorada:

1. Preparació del suport mitjançant mitjans adequats.
2. Desoxidació d'armadures en tot el perímetre.
3. Passivació d'armadures amb passivador: **Mapefer 1K**
4. Reconstrucció geomètrica del volum perdut amb morter de reparació estructural: **Mapegrout T 60, Mapegrout Colabile, etc.**
5. Injecció de fissures: **Epojet / Epojet LV**
6. **Reforç d'estructures amb fibra de carboni.**
7. Protecció enfront de l'exposició a agents ambientals (aigua, CO₂, clorurs, etc.): **Elastocolor Pittura SP, Mapelastic Guard, Mapeshield, etc.**



INTRODUCCIÓ: Reparació d'estructures

TECNOLOGIES MAPEI PER AL REFORÇ ESTRUCTURAL



Refuerzo de estructuras de hormigón



Refuerzo de estructuras de albañilería



Refuerzo de estructuras de madera



Refuerzo con morteros de altísima resistencia HPC



FRP SYSTEM



FRG SYSTEM



HPC SYSTEM



EQ SYSTEM

INTRODUCCIÓ: Reparació d'estructures



TECNOLOGIES MAPEI PER AL REFORÇ ESTRUCTURAL

Reforç d'Estructures de Formigó



REPARACIÓ I REFORÇ D'ESTRUCTURES AMB FIBRA DE CARBONI

Introducció

Què son els materials FRP? Tipus de materials

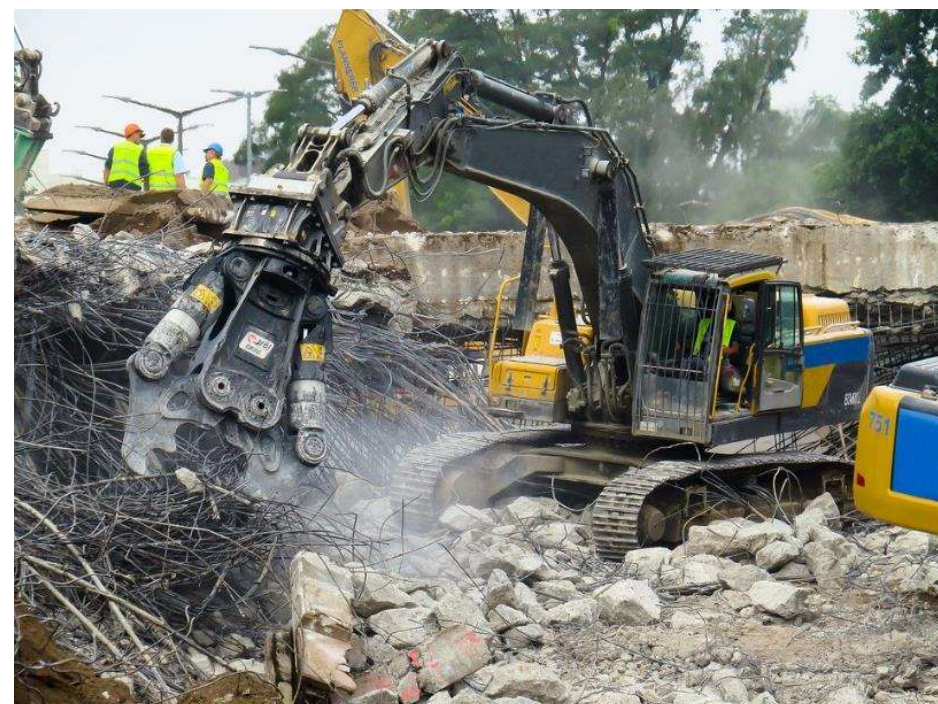
Normativa aplicable

Usos i aplicació dels materials FRP en estructures de formigó

Software per la redacció del projecte

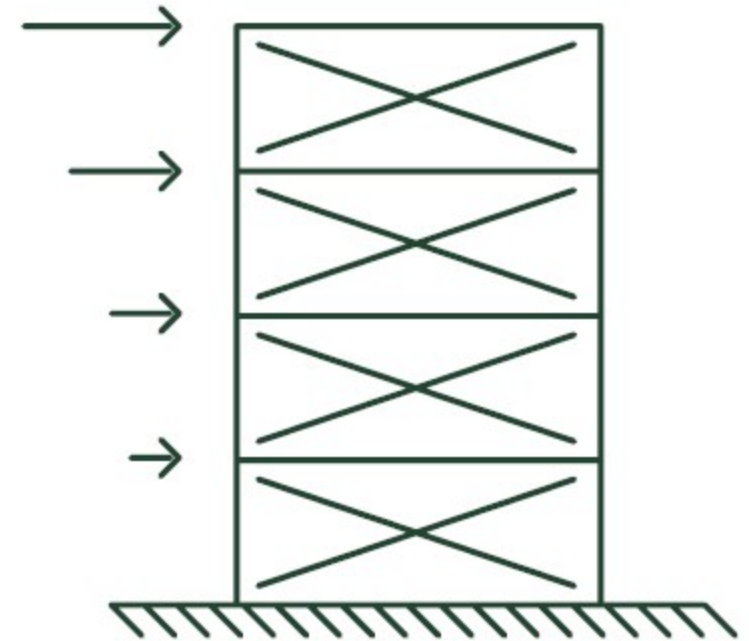
L'ESTRUCTURA

L'estructura sol ser la part de l'edifici que concentra el **major impacte ambiental** (sobretot en tipologia de formigó), al llarg del seu **cicle de vida**.



PER QUÈ ÉS NECESSARI REFORÇAR UNA ESTRUCTURA?

- **Degradació dels materials:** corrosió, formigó malmès, degradació de la obra de fàbrica, etc.
- **Canvi d'ús previst:** increment de càrregues, canvis d'ús, etc.
- **Augmentar coeficients de seguretat.**
- **Accions accidentals:** foc, sisme, impactes, etc.
- **Fallades de disseny i/o posada en obra.**



QUÈ ACONSEGUIM REFORÇANT UNA ESTRUCTURA?

Mitjançant la correcta reparació i reforç d'una estructura:

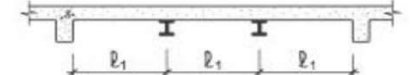
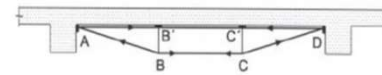
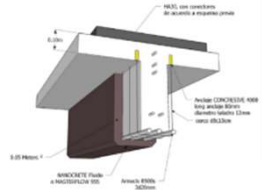
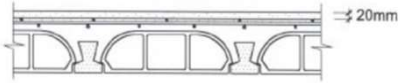
- **Allarguem la vida útil de l'edifici:** tant amb el mateix ús com amb un de nou.
- **Reduïm el seu impacte ambiental:** reutilitzant edificacions ja existents i evitant la demolició i construcció de noves estructures.
- **Rehabilitem i conservem el patrimoni.**



REFORÇOS TRADICIONALS D'ESTRUCTURES

Reforços estructurals tradicionals:

Capes de compressió	Recrescut de nervis entre pilars	Adhesió de platabandes metàl·liques	Pretensat	Perfileria metàl·lica
---------------------	----------------------------------	-------------------------------------	-----------	-----------------------



Cèrcol metàl·lic empresillat / continu

Encamisetat amb formigó o morter



Avantatges:

- Algunes d'aquestes tècniques permeten gran capacitat de reforç i són l'única solució davant patologies molt severes.

Inconvenients:

- Elevats temps d'execució i posada en servei.
- Disminució de la superfície i/o alçada lliure.
- Susceptibles al deteriorament (corrosió).

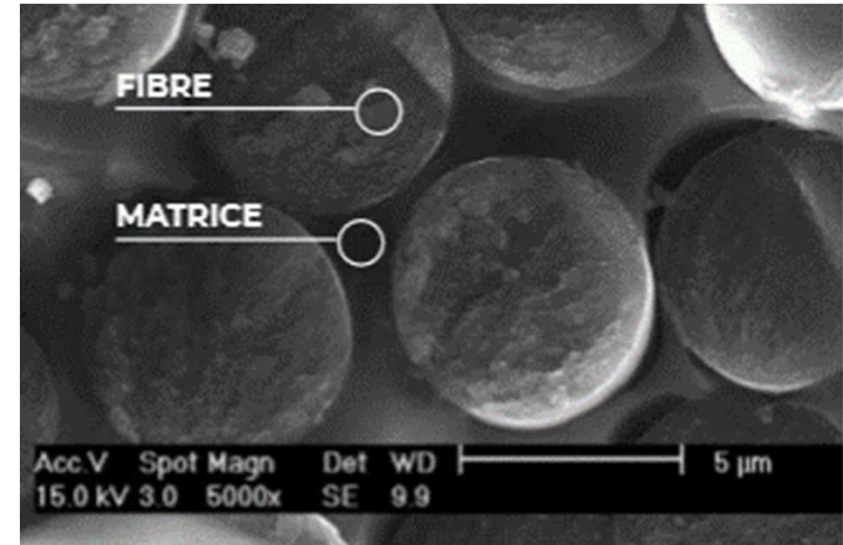
REFORÇ D'ESTRUCTURES MITJANÇANT COMPOSTOS FRP

COMPOSTOS FRP (Fibra reforçada amb polímer)

- Materials composts per fibres embegudes dins d'una matriu.
- Aporten molta resistència a les estructures amb un pes molt reduït.
- Ocupen poc espai. Rapidesa d'execució.
- Són inerts als processos de corrosió.

A tenir en compte:

- Inexistència d'una normativa específica a Espanya però sí a nivell Europeu i en altres països amb alta tradició en la rehabilitació com Itàlia.
- Sensibilitat a la temperatura en alguns casos.



QUÈ SON ELS MATERIALS FRP?

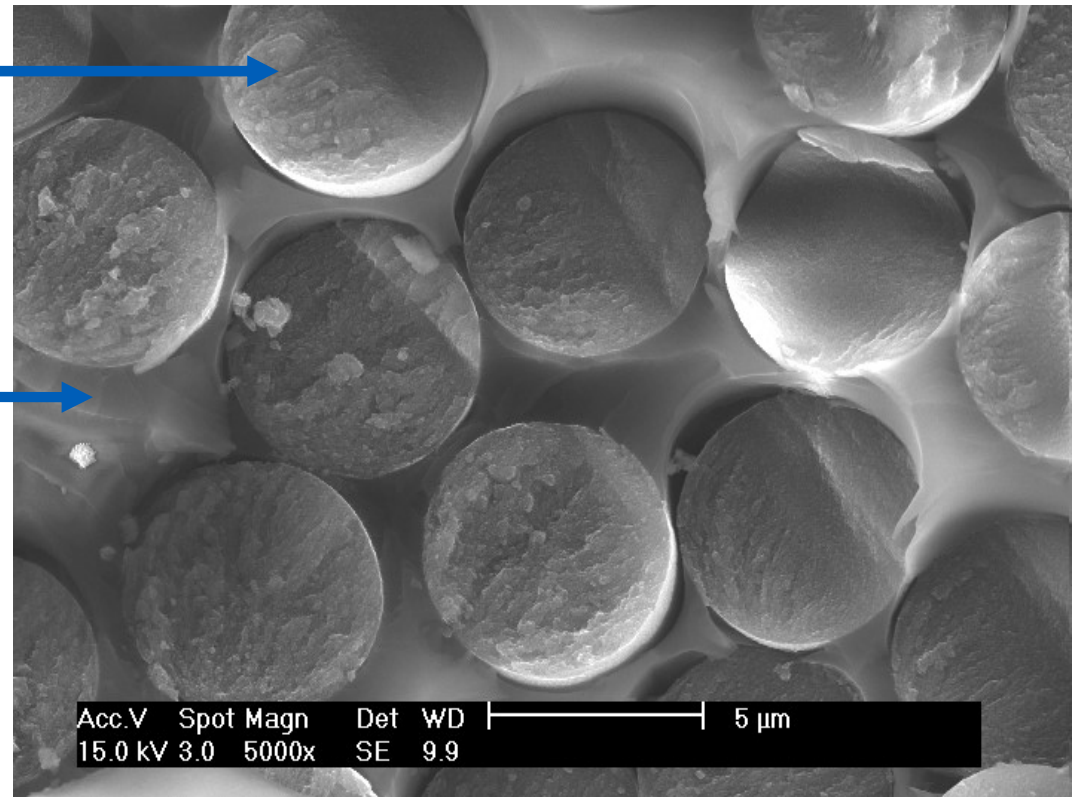
Materials composts heterogenis, constituïts per dos o més fases físiques diferents, les propietats de les quals són millors que les de cadascuna de les fases per separat.

Fibres

- Assumeixen les càrregues
- Treballen en una direcció preferent
- Redueixen la deformació
- Aporten resistència i rigidesa

Matriu

- Transfereix les tensions
- Manté les fibres en posició
- Protegeix les fibres
- Proporciona duresa
- Aporta resistència a la fatiga



QUÈ SON ELS MATERIALS FRP?

Tipus de fibres per a reforços:

Carboni

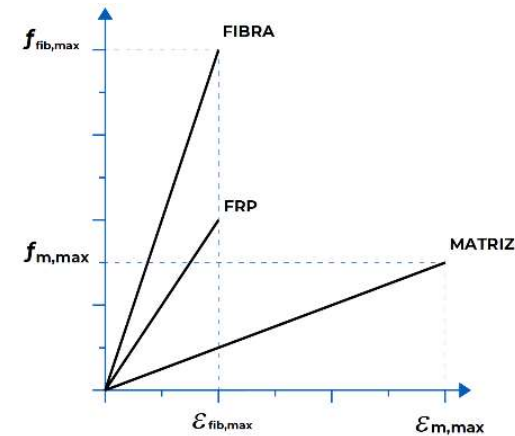
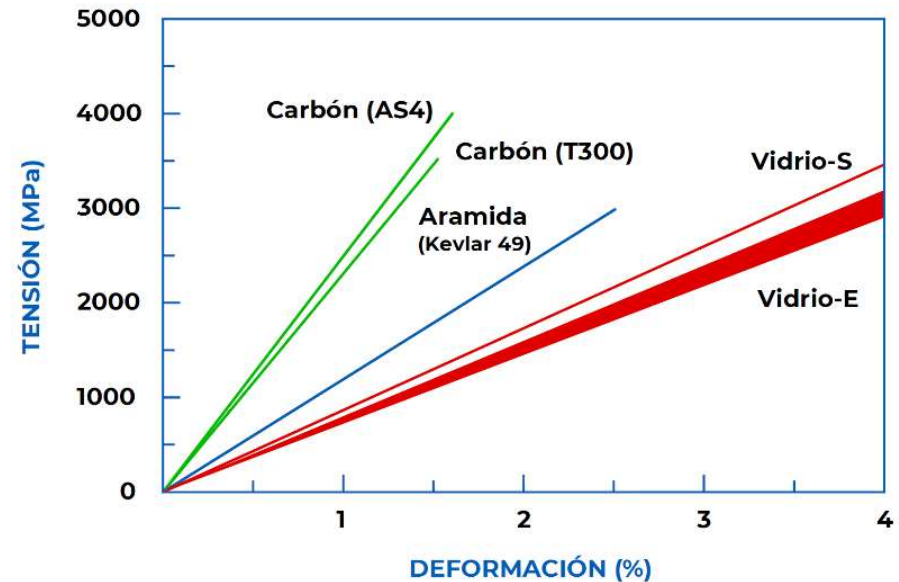
- Mòdul d'elasticitat: 230 GPa – 400 GPa
- Resistència a tracció: 2.400 – 5.700 MPa
- Deformació de trencament: 0,3% – 1,8%

Vidre

- Mòdul d'elasticitat: 72 GPa – 87 GPa
- Resistència a tracció: 3.300 – 4.500 MPa
- Deformació de trencament : 4,8% – 5,0%

Basalt

- Mòdul d'elasticitat dad: 85 GPa – 98 GPa
- Resistència a tracció: 3.200 – 4.840 MPa
- Deformació de r trencament tura: 1,9 – 3,2 %



Diagrames tensió-deformació de les fibres, la matriu i el compost FRP

QUÈ SON ELS MATERIALS FRP?

Reforços amb fibres de carboni

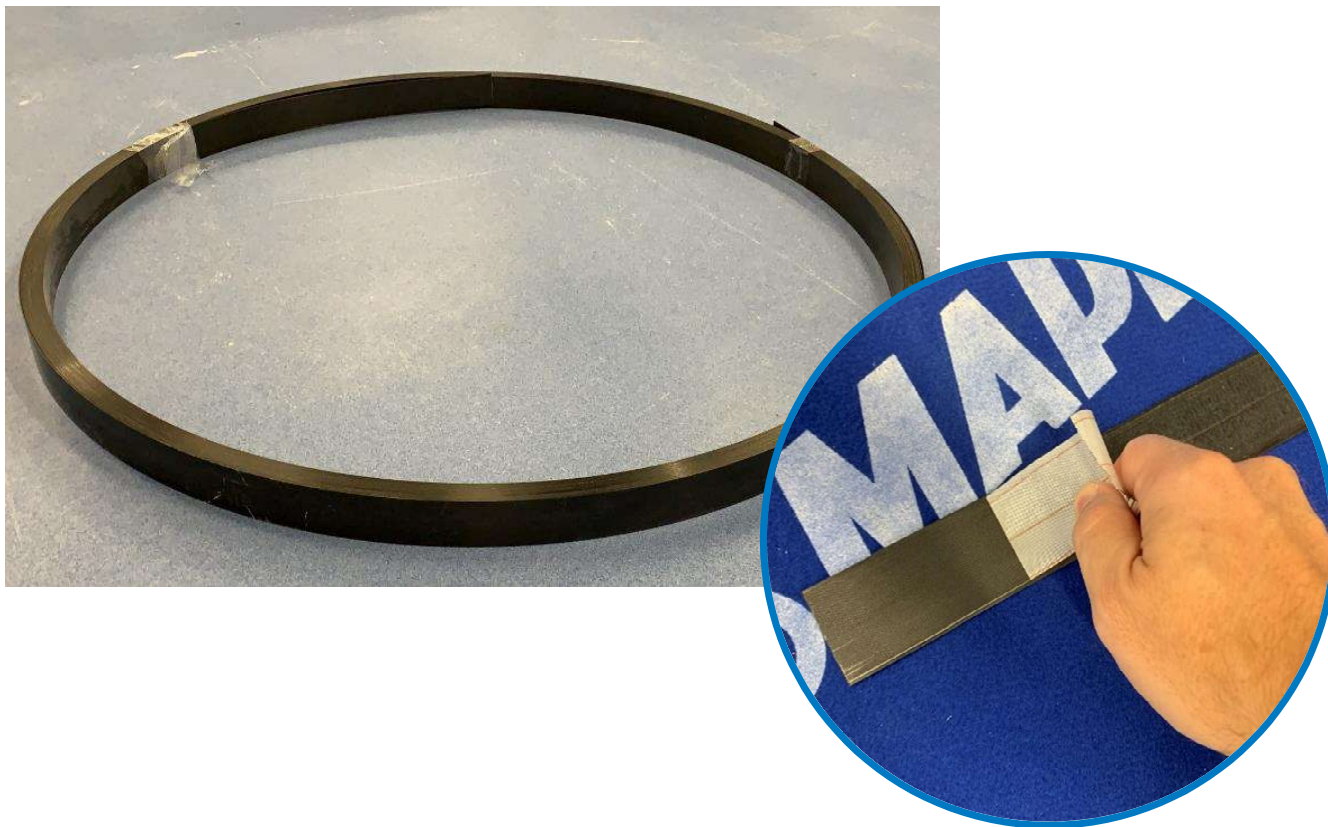
- Elevada resistència química i durabilitat en el temps.
- Increment de les resistències mecàniques dels elements, sense incrementar el pes de l'estructura.
- Gruix d'aplicació reduït.
- Increment de la ductilitat de l'estructura.
- Rapidesa i senzillesa en la intervenció.
- Reversibilitat en la intervenció.

	FIBRES DE CARBONI			ACER
	Módulo medio-alto	Módulo alto	Módulo muy alto	Acero
Densidad (Kg/m ³)	1800	1820	2100	7850
Módulo elástico (GPa)	230	390	700	210
Resistencia a tracción (MPa)	4830	4410	1500	540
Deformación última (%)	2,00	1,10	0,30	20
Resistencia específica (MPa· m ³ / Kg)	2,68	2,42	0,71	0,07

TIPUS DE MATERIALS FRP

CARBOPLATE

Laminats de fibra de carboni embeguts en matriu epoxi



MAPEWRAP C, G, S

Teixits o fulles de fibra de carboni, vidre o acer



TIPUS DE MATERIALS FRP

MAPEWRAP EQ NET

Teixit bidireccional de fibra de vidre, amb aprest, per a la protecció antisísmica dels elements no estructurals dels edificis.



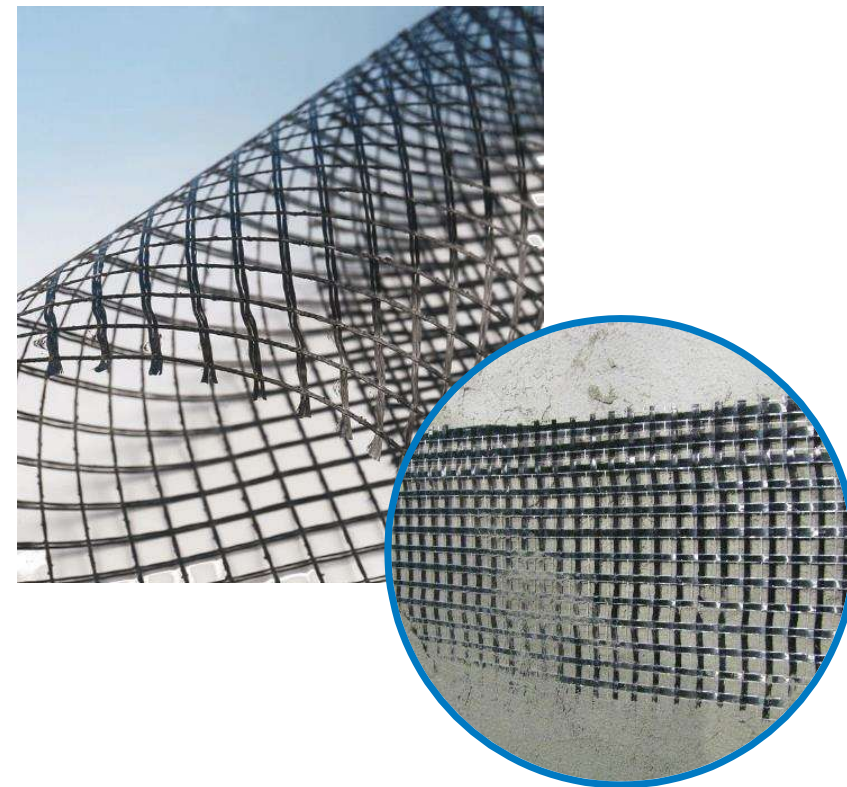
MAPEWRAP FIOCCO

Cordons de fibra de carboni, vidre o acer per a connexions de reforç.



MAPEGRID

Malla de fibra de carboni o de vidre per a reforç d'estructures de fàbrica i per a armar morter.



REPARACIÓ I REFORÇ D'ESTRUCTURES AMB FIBRA DE CARBONI

Introducció

Què son els materials FRP? Tipus de materials

Normativa aplicable

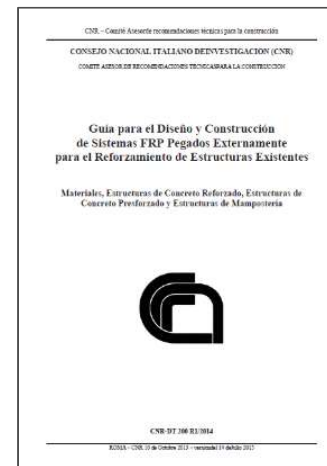
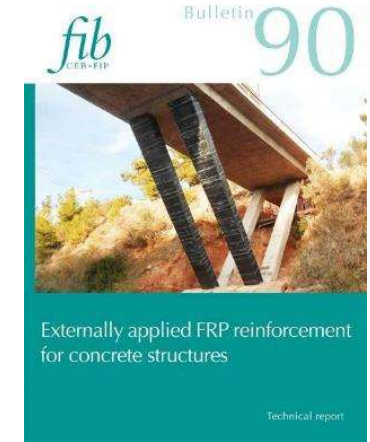
Usos i aplicació dels materials FRP en estructures de formigó

Software per la redacció del projecte

NORMATIVA APLICABLE

A l'hora de plantejar els reforços ens basarem en Butlletins Europeus, Guies de països que disposin de certificacions i Monogràfics d'associacions de prestigi:

- **Monogràfic 1.** La fibra de carboni en reforç de estructures de formigó. Institut d'Estudis Estructurals (IEE) de la Associació de Consultors de Estructures (ACE). ISBN: 978-84-616-9241-5.
- **fib Bulletin 90.** Externally applied FRP reinforcement for concrete structures. Fédération internationale du béton (fib), 2019. ISBN 978-2-88394-131-1. (Sustituye a fib Bulletin 14)
- **CNR-DT 200 R1/2014.** Guía para el Diseño y Construcción de Sistemas FRP Pegados Externamente para el Refuerzo de Estructuras Existentes. CONSEJO NACIONAL ITALIANO DE INVESTIGACION (CNR). ROMA – CNR 10 de Octubre 2013 – versión del 14 de Julio 2015.
- **FRP – ICC-ES test (EEUU).** Exposición externa; Hielo / Deshielo; Resistencia al agua; Resistencia al agua salina; Resistencia en ambientes alcalinos; Resistencia al calor.



presenti nel caso delle
 ARMATO
 elementi di conglu-
 to, preadattamenti
 nati. Sono proposte
 le scelte progettuali
 che possono essere
 utilizzate, una ve-
 rificazione quasi per-
 data con validazio-
 ne
 più detto nel 10.4.1 e
 uso e del radice di
 articolato, per quanto
 necessariamente compatibili



(1) Il sistema di rinforzo FRP possono essere utilizzati asportati in zona sismica per intervenire in numero di componenti orientamento attuale non soddisfacenti i requisiti di sicurezza nei casi-
 fetti di uso o più SLS.
 La valutazione della presenza. Istruzione recepisce le prescrizioni della Normativa vigente in Italia,
 nonché le principali indicazioni fornite dalla letteratura scientifica e dalle linee guida internazionali
 in

NORMATIVA APLICABLE

EN 1504-4: Adhesió estructural (afecta als productes que s'usen per a fixar el reforç)

4. Refuerzo Estructural	4.1 Adición o reemplazo de barras de armadura embebidas o externas	
	4.2 Adición de armadura anclada en agujeros preformados o taladrados	6
	4.3 Adhesión de una chapa de refuerzo	4
	4.4 Adición de mortero u hormigón	3, 4
	4.5 Inyección en las fisuras, huecos o intersticios	5
	4.6 Relleno de las fisuras, huecos e intersticios	5
	4.7 Pretensado (postensado)	

Mapectix EP



CFRP: Carboplate/Mapewrap



FRC: HPC System



Epojet



NORMATIVA APLICABLE

Certificaciones



DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA: N.º 549R/20

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

Área genérica / Uso previsto:	Sistemas de refuerzo de estructuras de edificación de hormigón armado
Nombre comercial:	CARBOPLATE W y MAPEWRAP W
Beneficiario:	MAPEI SPAIN, S.A.
Sede Social:	Calle Valencia, 11. Polígono Industrial Can Oller 08130 Santa Perpetua de Mogoda (Barcelona)
Validez:	Desde: 28 de abril de 2020 Hasta: 28 de abril de 2025 (Condicionado a seguimiento anual)

Este Documento consta de 23 páginas



MIEMBRO 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 AGREEMENT IN BAUWESEN

DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA: N.º 549R/20

Área genérica / Uso previsto:	Sistemas de refuerzo de estructuras de edificación de hormigón armado
Nombre comercial:	CARBOPLATE W y MAPEWRAP W
Beneficiario:	MAPEI SPAIN, S.A.

REPARACIÓ I REFORÇ D'ESTRUCTURES AMB FIBRA DE CARBONI

Introducció

Què son els materials FRP? Tipus de materials

Normativa aplicable

Usos i aplicació dels materials FRP en estructures de formigó

Software per la redacció del projecte

USOS DE COMPOSTOS FRP EN ESTRUCTURES DE FORMIGÓ ARMAT

PERMETEN REALITZAR:

1. Reforç a flexió de biguetes i lloses massisses
2. Reforç a flexió de bigues
3. Reforç a tallant de bigues
4. Reforç per confinament de pilars
5. Reforç a flexocompressió de pilars
6. Reforç dels nus biga-pilar



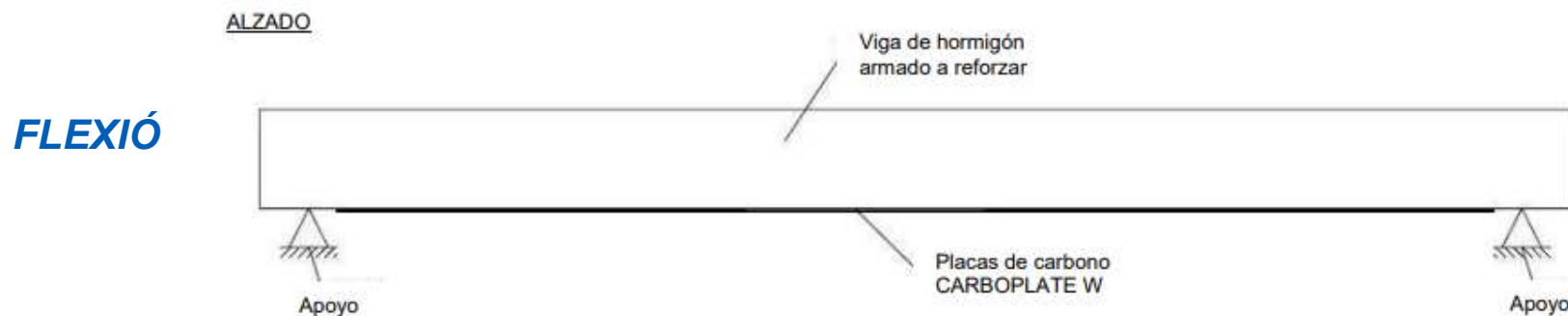
CONDICIONANTS PREVIS A L'APLICACIÓ: Importància del suport

- La resistència mínima del formigó ha de ser superior a 15 MPa.
- **La resistència a l'arrencament del suport mitjançant assaig de tracció directa segons la UNE 1542 haurà de ser superior a 1,5 MPa.**
- La falta de planimetria de la superfície ha de ser inferior a 10 mm sota regla de 2 m.
- La humitat de la superfície ha de ser inferior al 4%.
- Les superfícies hauran d'estar netes i exemptes de tot allò que pugui comprometre la adherència.

USOS DE COMPOSTOS FRP EN ESTRUCTURES DE FORMIGÓ ARMAT

Reforç a flexió de bigues, biguetes, forjats reticulars i lloses massisses amb laminats

Carboplate E 170 W, E 200 W y E 250 W	
Gruixos (mm)	1,2 y 1,4
Amplàries (mm)	50, 60, 80, 100, 120 y 150
Mòduls elàstics (GPa)	170, 200 y 250



A moments positius en la part inferior de la biga o a moments negatius en la part superior.

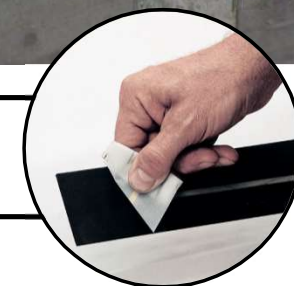
USOS DE COMPOSTOS FRP EN ESTRUCTURES DE FORMIGÓ ARMAT

Reforç a flexió de bigues, biguetes, forjats reticulars i lloses massisses amb laminats

Carboplate E 170 W, E 200 W y E 250 W



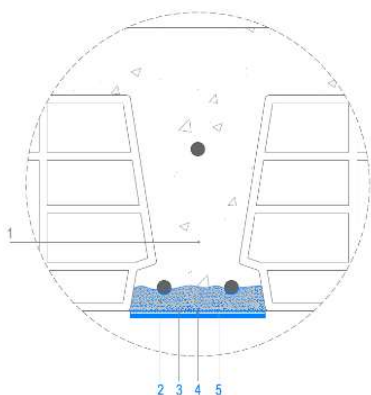
La col·locació d'1 laminat Carboplate E 170W de 50mm d'ample i 1,2mm de gruix equival aproximadament a la col·locació d'una barra d'acer de 12mm de diàmetre...



USOS DE COMPOSTOS FRP EN ESTRUCTURES DE FORMIGÓ ARMAT

Reforç a flexió de bigues, biguetes, forjats reticulars i lloses massisses amb laminats

Carboplate E 170 W, E 200 W i E 250 W



1. Bigueta de formigó
2. Reparació del formigó amb **Mapefer 1K** i **Mapegrout/Planitop**
3. Emprimació **Mapewrap Primer 1**
4. Adhesiu **Adesilex PG4**
5. Laminat **Carboplate E**



USOS DE COMPOSTOS FRP EN ESTRUCTURAS DE FORMIGÓ ARMAT

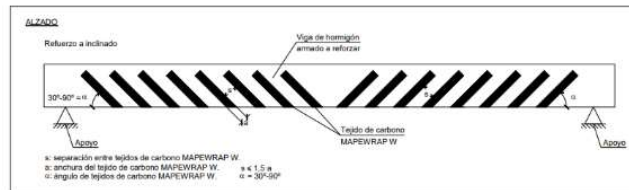
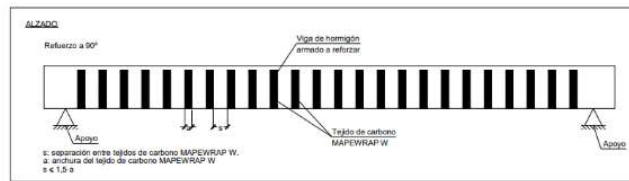
Reforç a flexió i tallant de bigues i reforç de pilars per confinament amb teixits

Mapewrap C UNI-AX 240 W, 300 W y 600 W			
Gramatge (gr/m ²)	240	300	600
Amplàries (cm)	30	10, 20 y 40	
Mòduls elàstics(Gpa)	≥ 240		

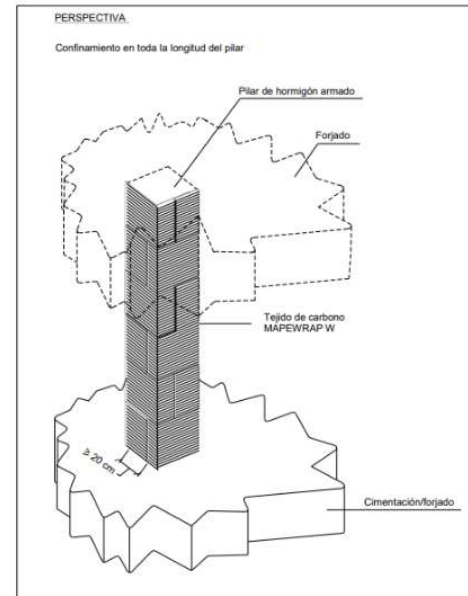
FLEXIÓ



TALLANT



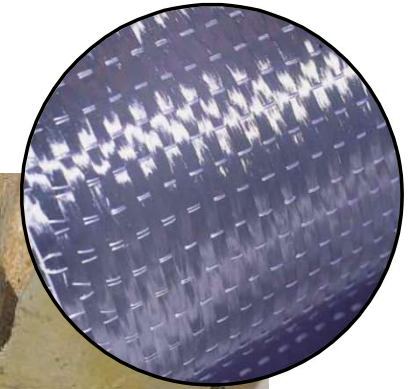
CONFINAMENT



USOS DE COMPOSTOS FRP EN ESTRUCTURES DE FORMIGÓ ARMAT

Reforç a flexió amb teixits

Mapewrap C UNI-AX 240 W, 300 W y 600 W - **FLEXIÓ**



USOS DE COMPOSTOS FRP EN ESTRUCTURES DE FORMIGÓ ARMAT

Reforç a tallant de bigues amb teixits

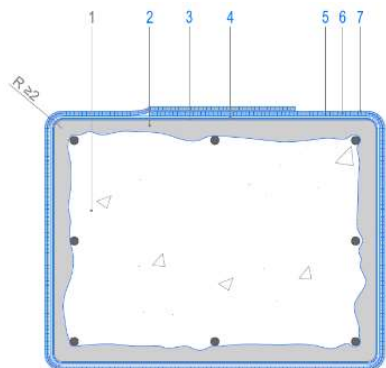
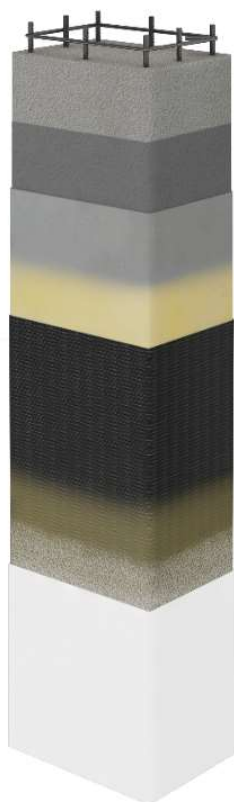
Mapewrap C UNI-AX 240 W, 300 W y 600 W - **TALLANT**



USOS DE COMPOSTOS FRP EN ESTRUCTURES DE FORMIGÓ ARMAT

Reforç de pilars per confinament amb teixits

Mapewrap C UNI-AX 240 W, 300 W y 600 W - CONFINAMENT



1. Pilar de formigó
2. Reparació del formigó amb **Mapefer 1K** i **Mapegrout/Planitop** (consultar)
3. Emprimació **Mapewrap Primer 1**
4. Anivellació **Mapewrap 11/12** (si procedeix)
5. Adhesiu **Mapewrap 31**
6. Teixit **Mapewrap C UNI-AX**
7. Adhesiu **Mapewrap 31**
8. Sorrejat en fresc
9. Protecció

Confinar un pilar de formigó de 25MPa de 300x300mm amb 2 voltes de fulla Mapewrap C UNI-AX ens permet augmentar la resistència aprox. un 30% (de 25 a 32MPa)



USOS DE COMPOSTOS FRP EN ESTRUCTURES DE FORMIGÓ ARMAT

Reforç a flexió amb laminats Carboplate i a tallant amb teixits Mapewrap





Procediment d'aplicació

PROCEDIMENT D'APLICACIÓ DEL FRP SOBRE FORMIGÓ ARMAT

Preparació del suport

- 1.- Eliminació del formigó deteriorat.
- 2.- Netejar les armadures i passivar amb [Mapefer 1K](#).
- 3.- Recuperar la secció amb morters de reparació [Mapegrout \(consultar\)](#).
- 4.- Segellar les fissures existents amb injecció de resines [Epojet](#).

Actuacions necessàries i comuns prèvies a l'aplicació de laminats o teixits.

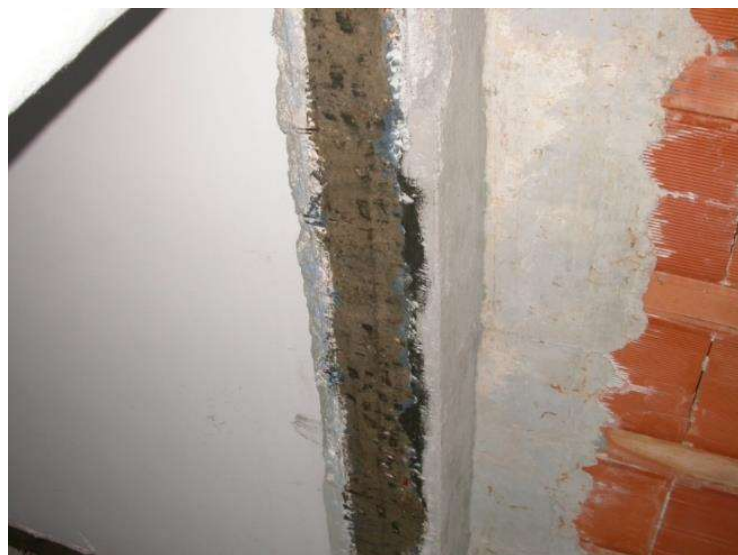


PROCEDIMENT D'APLICACIÓ DEL FRP SOBRE FORMIGÓ ARMAT

Aplicació de laminats Carboplate

5.- Aplicació de l'emprimador [MapeWrap Primer 1](#).

6.- Adhesió de la placa amb adhesiu estructural [Adesilex PG4](#) aplicat tant sobre el suport com sobre el laminat.



PROCEDIMENT D'APLICACIÓ DEL FRP SOBRE FORMIGÓ ARMAT

Aplicació dels teixits Mapewrap



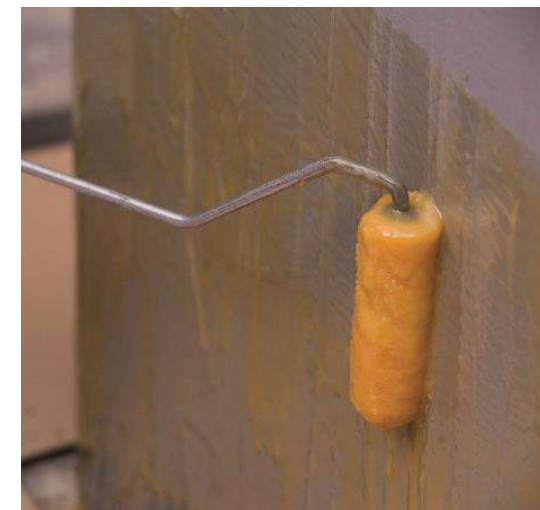
5.- Arrodonir arestes en un radi de curvatura no inferior a 2 cm.



6.- Impregnació del formigó amb **Mapewrap Primer 1**.



7. Aplicació si fora necessari d'empastat amb **Mapewrap 11/12**.



8.- Impregnació del formigó amb resina epoxi fluida **Mapewrap 31**.

PROCEDIMENT D'APLICACIÓ DEL FRP SOBRE FORMIGÓ ARMAT

Aplicació dels teixits Mapewrap



9.- Col·locació del teixit exercint pressió amb un corró acanalat.



10.- Impregnació del teixit amb segona capa de [Mapewrap 31](#).



Empolvoro (opcional) de quars.



Referències d'obra

REFERÈNCIA D'OBRA: Xemenia de formigó central tèrmica



REFERÈNCIA D'OBRA: Xemenia de formigó central tèrmica



REFERÈNCIA D'OBRA: Xemenia de formigó central tèrmica



REFERÈNCIA D'OBRA: Xemenia de formigó central tèrmica



REFERÈNCIA D'OBRA: Reforç estructural del primer Anfiteatro Estadio Santiago Bernabéu

ARQUITECTES:

Estudio Alemany

ENGINYERIA ESTRUCTURAL:

Calter Ingeniería

CLIENT:

Real Madrid

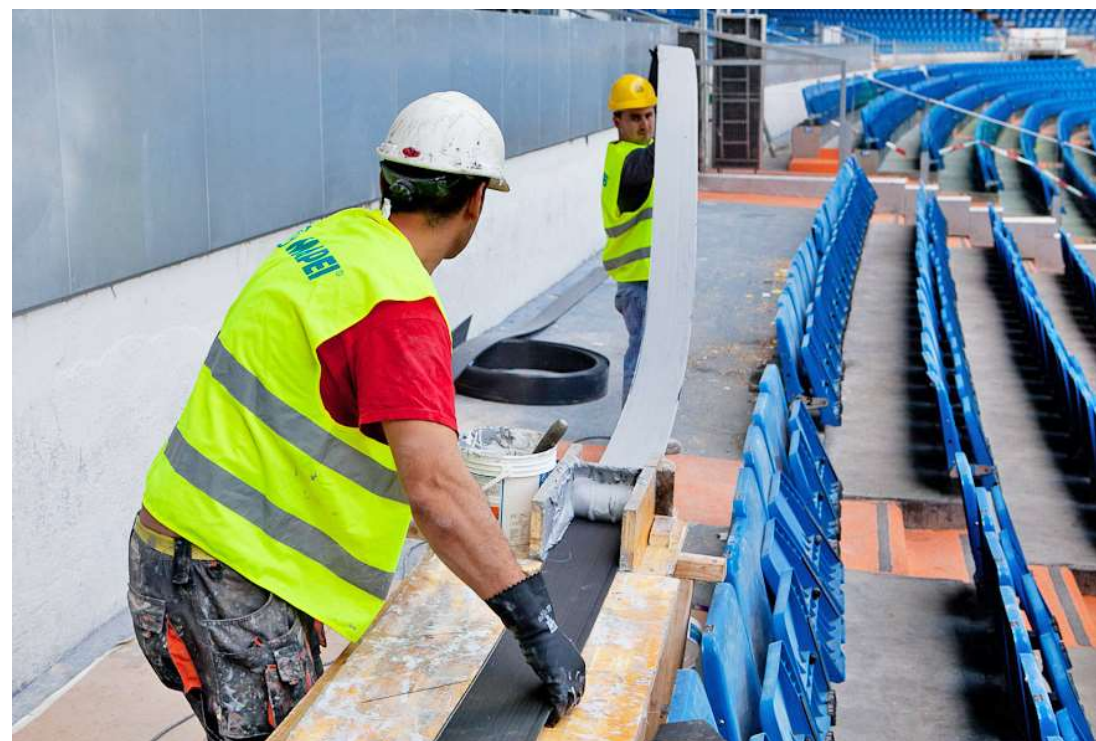
CONSTRUCTORA:

FCC Construcción



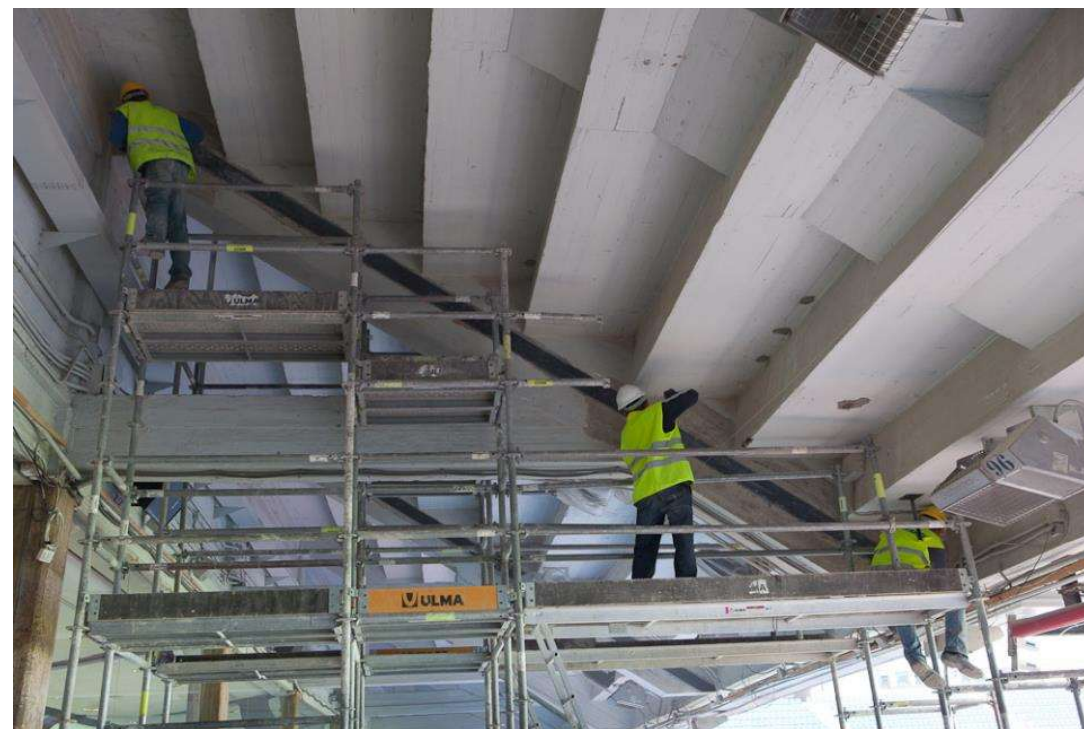
REFERÈNCIA D'OBRA: Reforç estructural Estadio Santiago Bernabéu

Col·locació del reforç



REFERÈNCIA D'OBRA: Reforç estructural Estadio Santiago Bernabéu

Col·locació del reforç



REFERÈNCIA D'OBRA: Reforç estructural Estadio Santiago Bernabéu

Col·locació del reforç



REFERÈNCIA D'OBRA: Antic edifici Tabacalera (Tarragona)

PROJECTISTA:

Fernando Purroy

CONSTRUCTORES:

Corsán-Corviam, Gulinves

PROMOTOR:

Ajuntament Tarragona



REFERÈNCIA D'OBRA: Antic edifici Tabacalera (Tarragona)

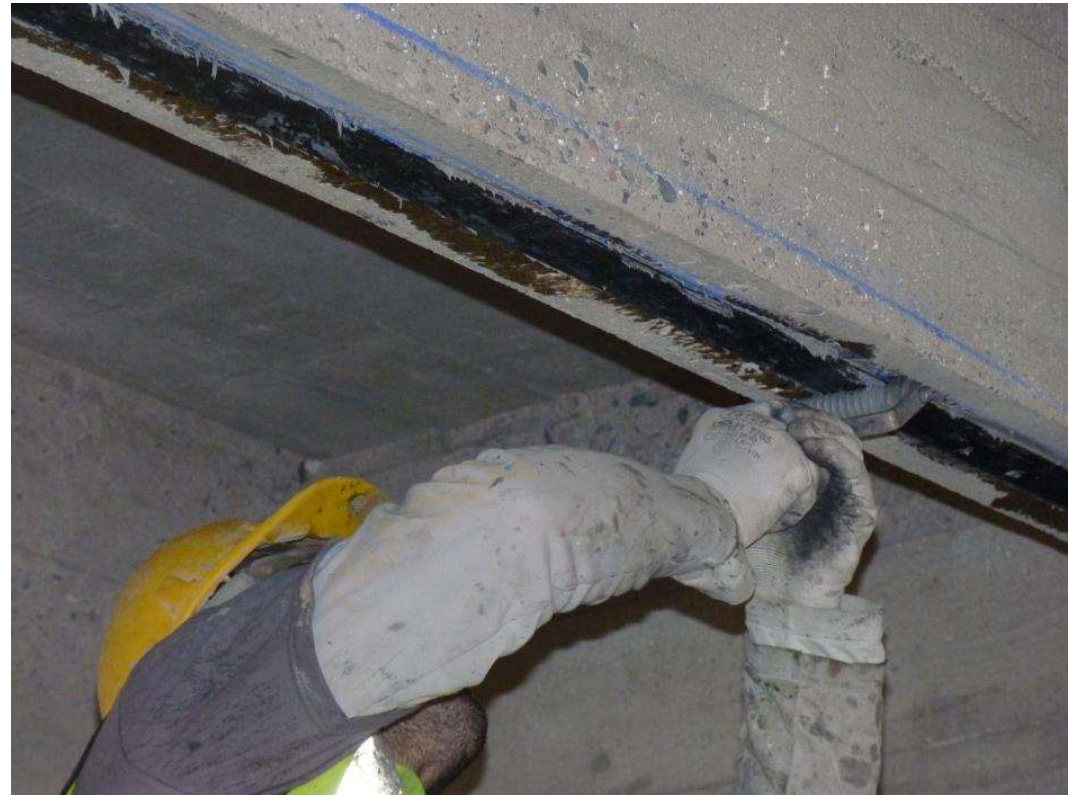
Estat inicial



REFERÈNCIA D'OBRA: Antic edifici Tabacalera (Tarragona)



REFERÈNCIA D'OBRA: Antic edifici Tabacalera (Tarragona)



REFERÈNCIA D'OBRA: Antic edifici Tabacalera (Tarragona)



REFERÈNCIA D'OBRA: Confinament de sitja amb laminats CARBOPLATE



REFERÈNCIA D'OBRA: Reforç pas ferroviari a Terrassa (Barcelona)



REFERÈNCIA D'OBRA: Reforç pas ferroviari a Terrassa (Barcelona)



REFERÈNCIA D'OBRA: Reforç pas ferroviari a Terrassa (Barcelona)



REFERÈNCIA D'OBRA: Reforç pas ferroviari a Terrassa (Barcelona)



REFERÈNCIA D'OBRA: Reforç voladiu pont a Andorra



REFERÈNCIA D'OBRA: Reforç voladiu pont a Andorra



REFERÈNCIA D'OBRA: Reforç pas animals autopista a València



REFERÈNCIA D'OBRA: Reforç pas animals autopista a València



REFERÈNCIA D'OBRA: Reforç pas animals autopista a València



REFERÈNCIA D'OBRA: Reforç pas animals autopista a València



REFERÈNCIA D'OBRA: Reforç pas animals autopista a València



REFERÈNCIA D'OBRA: Reforç pas animals autopista a València



REFERÈNCIA D'OBRA: Reforç reticular Linea 1 Metro a Santa Coloma de Gramanet



REFERÈNCIA D'OBRA: Reforç reticular Linea 1 Metro a Santa Coloma de Gramanet



REFERÈNCIA D'OBRA: Reforç reticular Linea 1 Metro a Santa Coloma de Gramanet



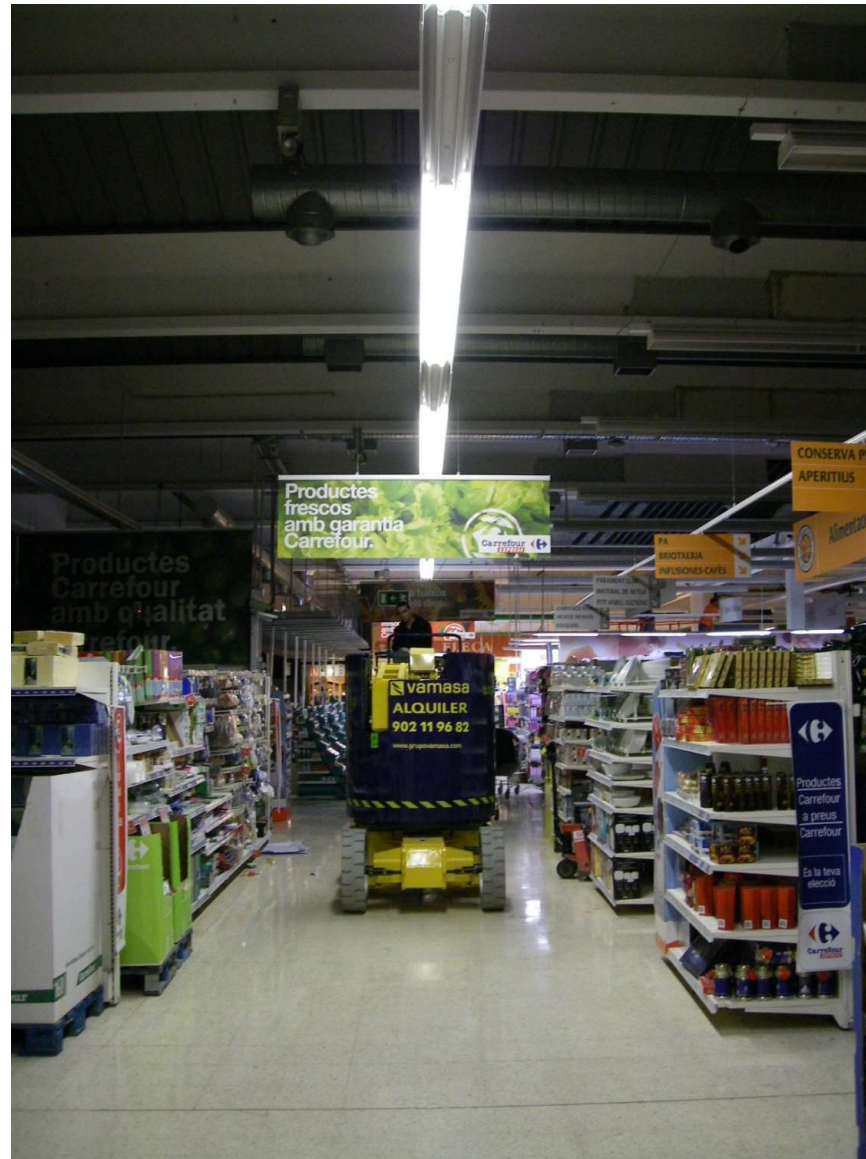
REFERÈNCIA D'OBRA: Reforç reticular Linea 1 Metro a Santa Coloma de Gramanet



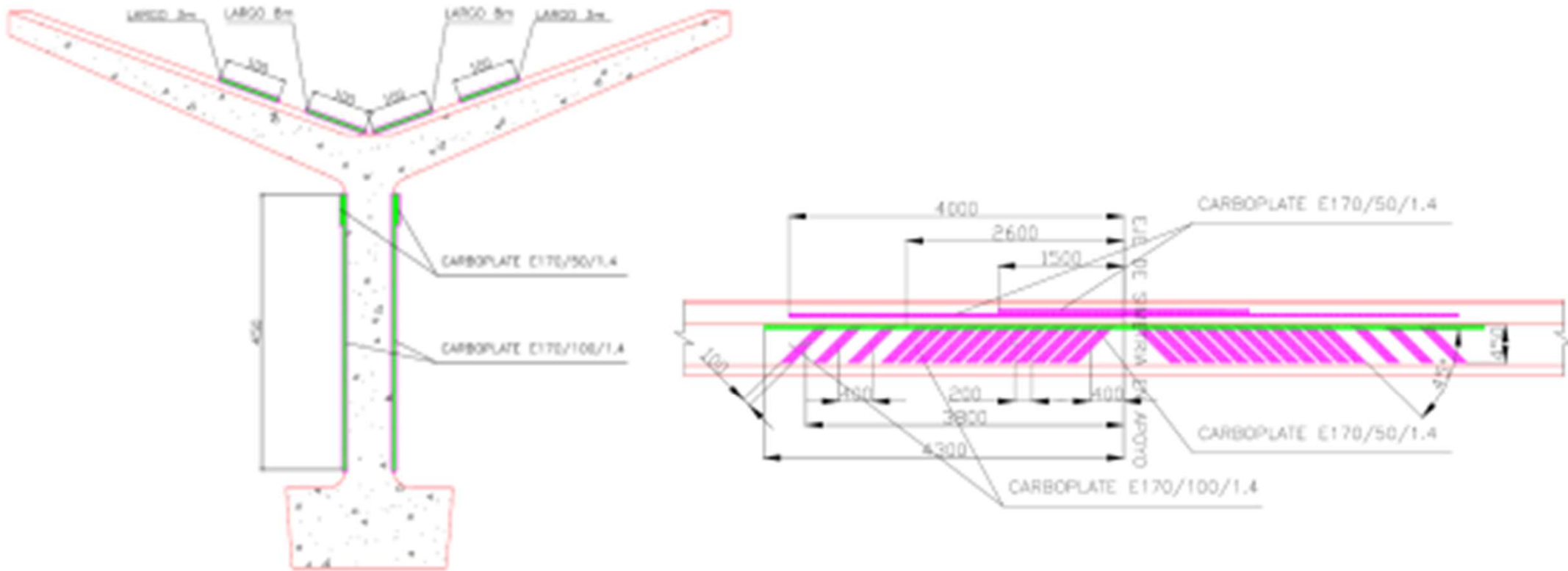
REFERÈNCIA D'OBRA: Reforç reticular Linea 1 Metro a Santa Coloma de Gramanet



REFERÈNCIA D'OBRA: Reforç a tallant centre comercial a Igualada



REFERÈNCIA D'OBRA: Reforç a tallant centre comercial a Igualada



REFERÈNCIA D'OBRA: Reforç a tallant centre comercial a Igualada



REPARACIÓ I REFORÇ D'ESTRUCTURES AMB FIBRA DE CARBONI

Introducció

Què son els materials FRP? Tipus de materials

Normativa aplicable

Usos i aplicació dels materials FRP en estructures de formigó

Software per la redacció del projecte

FRP SYSTEM: REDACCIÓN DEL PROYECTO

<https://structuraldesign.mapei.com/>



MAPEI STRUCTURAL DESIGN

Herramienta de cálculo on-line para dimensionamiento de sistemas de refuerzo MAPEI en elementos estructurales de construcciones existentes

Crear nuevo proyecto

Seleccione tipo



Últimos proyectos

id	Proyecto	Cliente	Tipo	Fecha
Mostrar todo				



FRP SYSTEM: REDACCIÓN DEL PROYECTO

RELAZIONE DI CALCOLO RINFORZO CON SISTEMA FRP



Comittente:	
Progettista:	
Direttore dei Lavori:	
Impresa:	
Collaudatore:	

MAPEI S.p.A. Via Galvani, 22 20138 Milano Italia - Tel. +39 02 37071
 Fax +39 02 3707314 - mapei@mapei.it - P. IVA 03689600154



SOMMARIO

Inquadramento	3
Descrizione dell'intervento	3
Normativa di riferimento	3
Geometria della sezione esistente	3
Materiali esistenti	4
Livello di conoscenza	4
Caratteristiche meccaniche dei materiali esistenti di progetto	4
Sollecitazioni agenti	5
Verifica della sezione esistente	5
Tipologia di rinforzo	5
Caratteristiche meccaniche del rinforzo	6
Dimensionamento del rinforzo	6
Verifica della sezione rinforzata	9

MAPEI S.p.A. Via Galvani, 22 20138 Milano Italia - Tel. +39 02 37071
 Fax +39 02 3707314 - mapei@mapei.it - P. IVA 03689600154



Per la valutazione della capacità degli elementi/meccanismi duttili si impiegano i valori medi delle proprietà dei materiali esistenti, direttamente ottenute da prove in situ e da eventuali informazioni aggiuntive, divise per i fattori di confidenza, in relazione al livello di conoscenza raggiunto (§ 8.7.2 delle NTC 2018).
 Per la valutazione della capacità degli elementi/meccanismi fragili si impiegano i valori medi delle proprietà dei materiali esistenti, direttamente ottenute da prove in situ e da eventuali informazioni aggiuntive, divise per i fattori di confidenza, in relazione al livello di conoscenza raggiunto, e per il coefficiente di sicurezza parziale del materiale. Per il calcestruzzo il coefficiente di sicurezza parziale di sicurezza γ_c è pari a 1,5, per l'acciaio γ_s è pari a 1,15 (§ 8.7.2 delle NTC 2018).

SOLLECITAZIONI AGENTI

Le sollecitazioni agenti allo S.L.U. sono:

Momento massimo agente M _{Ed,Ed}	50.0 kNm
---	----------

Le sollecitazioni agenti allo S.L.E. sono:

Momento massimo agente M _{Ed,Ed}	50.0 kNm
---	----------

VERIFICA DELLA SEZIONE ESISTENTE

Le deformazioni agenti allo S.L.U. sulla sezione esistente sono:

Deformazione fibra di calcestruzzo s _c	0.0036
Deformazione armatura compressa s' _s	-0.0066
Deformazione armatura tesa s _s	0.14195

Le tensioni agenti allo S.L.U. sulla sezione esistente sono:

Tensione armatura compressa s' _t	-500.0 MPa
Tensione armatura tesa s _t	500.0 MPa

Le caratteristiche resistenti allo S.L.U. della sezione esistente sono:

Momento massimo positivo M _{res,Ed,Ed}	115.33 kNm
Momento massimo negativo M _{res,Ed,Ed}	-55.89 kNm
Taglio massimo resistente V _{rd}	106.21 kN

- #### TIPOLOGIA DI RINFORZO
- Il rinforzo con sistema FRP è costituito da:
- lamina in fibra di tipo CARBOPLATE E 170 della Mapei S.p.A.;
 - primer per il consolidamento delle superfici tipo MAPEWRAP PRIMER 1 della Mapei S.p.A.
 - stucco epossidico per la regolarizzazione del supporto e l'eventuale incollaggio del sistema FRP tipo MAPEWRAP 11/MAPEWRAP 12/MAPEWRAP 31T della Mapei S.p.A.
 - resina epossidica per l'incollaggio dei tessuti tipo MAPEWRAP 21/MAPEWRAP 31 della Mapei S.p.A.

CARATTERISTICHE MECCANICHE DEL RINFORZO

lamina CARBOPLATE E 170 per il rinforzo a flessione

Spessore equivalente e _f	1.4 mm
-------------------------------------	--------

MAPEI S.p.A. Via Galvani, 22 20138 Milano Italia - Tel. +39 02 37071
 Fax +39 02 3707314 - mapei@mapei.it - P. IVA 03689600154



Tensione caratteristica di rottura f _{td}	2700.0 MPa
Modulo elastico E _f	160000.0 MPa
Deformazione ultima ε _{fu}	1.6 %
Numero di strati n _f	1.0
Larghezza b _f	100.0 mm
Raggio di curvatura r _f	20 mm
Coefficiente di sicurezza FRP γ _f	1.1
Fattore di conversione ambientale γ _e	1=0.95

DIMENSIONAMENTO DEL RINFORZO

RINFORZO A FLESSIONE

DIMENSIONAMENTO DEL RINFORZO ALLO S.L.U.

Ipotesi:

- Conservazione della sezione piana;
- Perfetta aderenza dei materiali;
- Resistenza a trazione del calcestruzzo nulla;
- Legami costituiti dal calcestruzzo e dell'acciaio conformi alle normative vigenti;
- Legame costituito dal composito elastico lineare fino a rottura.

La rottura per flessione avviene per raggiungimento di una delle due deformazioni ultime:

- deformazione calcestruzzo

$$\epsilon_{cu} = 0.005$$
- deformazione del composito fibrarinforzato

$$\epsilon_{fd} = \min \left(\eta_{cu} \frac{\epsilon_{cu}}{\gamma_f}, \epsilon_{fu,d} \right)$$

dove:

$$\epsilon_{fd} = \frac{f_{td,d}}{E_f}$$

dove:

- ε_{cu} è la deformazione di calcolo dell'armatura pre-esistente
- ε_{fu} è la deformazione pre-esistente all'applicazione del rinforzo in corrispondenza del lembo teso ed è pari a

$$f_{td,d} = \frac{k_{cu}}{\gamma_{fd}} \left[\frac{E_f}{E_c} \frac{2 \cdot k_{cu} \cdot k_{cs}}{FC} \sqrt{f_{cm} \cdot f_{cm}} \right]$$

dove:

- k_{cu} = 0.10 mm è un coefficiente correttivo
- k_{cs} = 1.25 per carichi distribuiti e k_{cs} = 1.00 per carichi concentrati

Caso 1. Momento ultimo per raggiungimento della massima deformazione nel calcestruzzo

Deformazione composito

$$\epsilon_f = \frac{\epsilon_{cu}}{\gamma_f} \cdot (h - x) - \epsilon_s \leq \epsilon_{fu}$$

Deformazione calcestruzzo compresso	ε _c = ε _{cu}
Deformazione acciaio in compressione	ε _{cs} = ε _{cs}
Deformazione acciaio in trazione	ε _{st} = ε _{st}

MAPEI S.p.A. Via Galvani, 22 20138 Milano Italia - Tel. +39 02 37071
 Fax +39 02 3707314 - mapei@mapei.it - P. IVA 03689600154



$$\epsilon_{st} = \epsilon_{cu} \frac{d - x}{x}$$

Se gli acciai sono in fase elastica, le tensioni di lavoro sono pari al prodotto tra la deformazione e il modulo elastico, altrimenti sono da assumere pari al limite di snervamento.

Caso 2. Momento ultimo per raggiungimento della massima deformazione nel composito

Deformazione composito

$$\epsilon_f = \epsilon_{fd}$$

Deformazione calcestruzzo compresso

$$\epsilon_c = (\epsilon_{cu} + \epsilon_{cs}) \frac{x}{h - x} \leq \epsilon_{cu}$$

Deformazione acciaio in compressione

$$\epsilon_{cs} = (\epsilon_{cs} + \epsilon_{cs}) \frac{x - c}{h - x}$$

Deformazione acciaio in trazione

$$\epsilon_{st} = (\epsilon_{st} + \epsilon_{st}) \frac{d - x}{h - x}$$

dove:

- ε_c è la deformazione pre-esistente all'applicazione del rinforzo in corrispondenza del lembo teso ed è pari a

$$\epsilon_c = \frac{M_0}{E_c I_c}$$

dove asse neutro

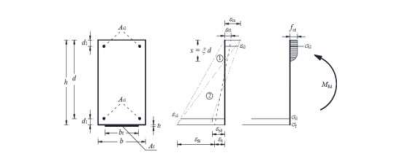
$$\frac{b x^2}{2} + n_s \cdot A_s' \cdot (x_s - x) - n_t \cdot A_t \cdot (d - x) = 0 \rightarrow x_s$$

momento di inerzia

$$I_c = b \frac{x^3}{12} + n_s \cdot A_s' \cdot (x_s - x)^2 + n_t \cdot A_t \cdot (d - x_s)^2$$

dove:

- M₀ è il momento iniziale agente prima dell'applicazione del rinforzo
- E_c è il modulo elastico del calcestruzzo valutato come da NTC



Per entrambi i tipi di rottura, la posizione dell'asse neutro è ricavata dall'equilibrio alla traslazione ed è pari a

$$\psi \cdot x \cdot f_{cd} + A_s' \cdot \epsilon_{cs} \cdot E_s - A_t \cdot \epsilon_{st} \cdot E_s - A_t \cdot \epsilon_{st} \cdot E_s = 0$$

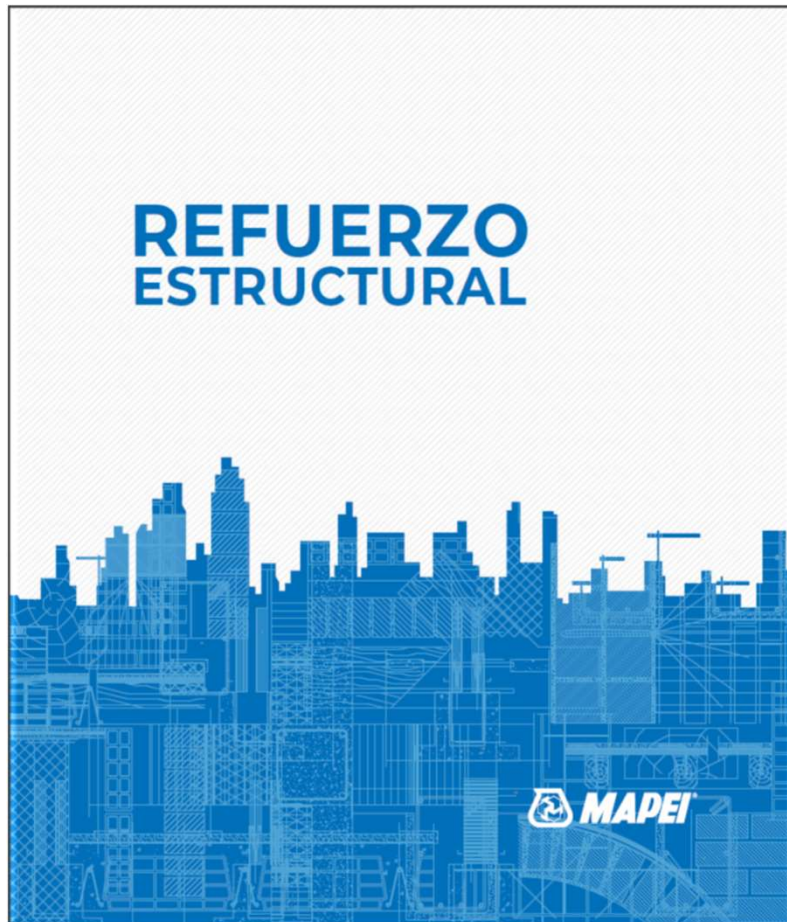
Dall'equilibrio alla rotazione si ottiene il valore del momento ultimo

$$M_{u,d} = \frac{1}{\gamma_{fd}} \left[\psi \cdot b \cdot x \cdot f_{cd} \cdot (d - \lambda \cdot x) + A_s' \cdot \epsilon_{cs} \cdot E_s \cdot (d - c) + A_t \cdot \epsilon_{st} \cdot E_s \cdot c \right]$$

Con γ_{fd} = 1.00, ψ = 0.809 e λ = 0.16

MAPEI S.p.A. Via Galvani, 22 20138 Milano Italia - Tel. +39 02 37071
 Fax +39 02 3707314 - mapei@mapei.it - P. IVA 03689600154





www.refuerzo-estructural.es

- Manual de Reforç
- Fitxes per sistemes
- DWG de cada sistema
- Software de càlcul
- Altres: Guies, Fitxes tècniques, etc.

<https://www.mapei.com/es/es/productos-y-soluciones/lineas-de-productos/productos-para-el-refuerzo-estructural>

REFUERZO
ESTRUCTURAL

47

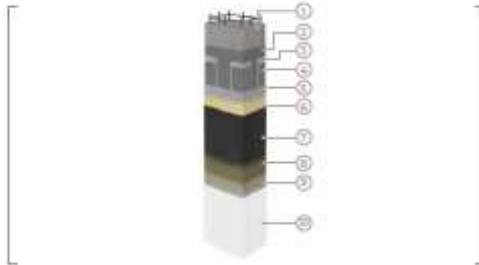
FICHAS

2

APLICACIONES
PRÁCTICAS
Fichas de refuerzo



REFUERZO DE PILARES REFUERZO A FLEXOCOMPRESIÓN MEDIANTE APLACADO CON FRP: TEJIDOS MAPEWRAP SYSTEM

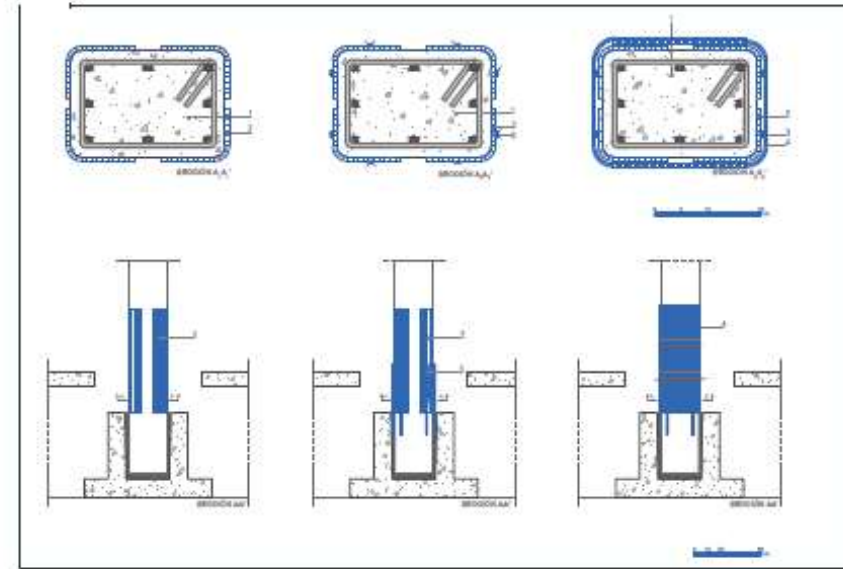


- 1 | PILAR EXISTENTE
- 2 | MAPEWRAP PRIMER 1
- 3 | MAPEWRAP T/TE
- 4 | MAPEWRAP S FABRIC
- 5 | MAPEWRAP T/TE
- 6 | MAPEWRAP 2I
- 7 | MAPEWRAP C UNI-AX
- 8 | MAPEWRAP 2I
- 9 | QUARZO 1,2
- 10 | PLANITOP 300

PROCEDIMIENTO TÉCNICO DE INTERVENCIÓN

La intervención de refuerzo a flexocompresión de pilares, se realiza mediante la colocación, de forma longitudinal y transversal al desarrollo de las mallas, de los tejidos unidireccionales de fibra de carbono **MAPEWRAP**, aplicados con un stilo epoxídico. Una vez realizada la **preparación del soporte** (FICHA 1.A), efectuado el redondeo de todas las aristas vivas presentes en los pilares con un radio de curvatura de al menos 20 mm, así como las eventuales **operaciones de reparación** (FICHA 1.C), se procederá tal y como se indica a continuación:

- Perforar agujeros en la base del pilar en orientación (*) (foto A).
- Aplicar sobre la superficie a reforzar el imprimador epoxídico bicomponente **MAPEWRAP PRIMER 1** (foto B).
- Aplicar con lana, sobre el imprimador fresco, una capa uniforme de 1,0-1,5 mm de estuco epoxídico bicomponente **MAPEWRAP II** o **MAPEWRAP II (*)** (foto C).
- Aplicar las láminas de tejido **MAPEWRAP S FABRIC** a lo largo del desarrollo longitudinal del pilar, partiendo desde su base. Dicha operación puede extenderse a toda la altura del pilar (foto D).
- Aplicar una segunda capa del estuco bicomponente **MAPEWRAP II** o **MAPEWRAP II (*)** (foto E).
- Introducir en los agujeros la fijación química epoxídica **MAPEX SP 315** para insertar los "tacos" conectores realizados con trozos de **MAPEWRAP S FABRIC** (foto F).
- Colocar los "tacos" conectores de **MAPEWRAP S FABRIC** (foto G).
- Desplazar los "tacos" conectores sobre el tejido colocado previamente. El "taco" debe penetrar completamente dentro del orificio perforado y proseguir a lo largo del pilar una longitud inferior a 70 cm (foto H).
- Impregnar la parte externa del "taco" conector con **MAPEWRAP II** (foto I).
- Aplicar, sobre el estuco epoxídico aún fresco, una capa de resina epoxídica fluida para la impregnación de los tejidos **MAPEWRAP 2I** (foto J).
- Cortar con unas tijeras el tejido **MAPEWRAP C UNI-AX** a la longitud deseada.
- Aplicar, sobre la capa de resina **MAPEWRAP 2I** aún fresca, en secuencia vertical



continuas, bandas de confinamiento en forma de arillo cerrado de tejido de fibra de carbono unidireccional **MAPEWRAP C UNI-AX**, colocándolo longitudinalmente al eje longitudinal del pilar. Presionar con ayuda de un rodillo tipo **RODILLO MAPEWRAP** a fin de eliminar eventuales burbujas de aire.

Los tejidos deben aplicarse procurando que todas las láminas se superpongan 20 cm en horizontal y 5 cm en vertical (foto K).

→ Aplicar una capa sucesiva de **MAPEWRAP 2I** (foto L).

→ Exponer la resina rodavie fresca con arena de **QUARZO 1,2** seca (foto M).

→ Una vez transcurridas al menos 24 horas desde la aplicación de los tejidos, enlucar con los enlucidos cementosos de la gema **PLANITOP**, (foto N).

(*) El cálculo previo establecerá el número de agujeros a realizar.

(**) Para un mayor tiempo de trabajabilidad se puede utilizar **MAPEWRAP 2I**.

NOTAS

1. A través del software **MAPE FRP FORMULA**, de conformidad con las instrucciones del CIRI D'300 italiano, se puede definir los parámetros del tejido **MAPEWRAP C UNI-AX** (tipo de fibra, gramaje, módulo elástico, dimensiones, distancia y número de capas).
2. Como alternativa a **MAPEWRAP S FABRIC** se puede utilizar el tejido **MAPEWRAP C UNI-AX** o bien las láminas **CARBOPLATE**.
3. **MAPEWRAP C UNI-AX SYSTEM** cuenta con el Certificado de Evaluación Técnica Italiana (CVT) de acuerdo con el I.G. o que se refiere al D.P.C.S.LL. PR n.20 de 09/07/2005.
4. En España, los sistemas de refuerzo **FRP** de **MAPEI**, **CARBOPLATE** y **MAPEWRAP**, poseen el Documento de Aprobación Técnica (DAT) 548/04, emitido por el Instituto Eduardo Torroja (IEC).

ENFOCA EL CÓDIGO QR y descárgate la ficha de refuerzo, las fichas técnicas, el blog, el software de cálculo y otras informaciones de utilidad.

o bien **DESIGNATELOS DESDE LA PÁGINA WEB** www.informo-estructural.it

GRÀCIES PER LA VOSTRA ATENCIÓ

Joan Lleal

Responsable de Promoció de la Prescripció Mapei Spain, S.A.U.

☎ 609876541

✉ joanlleal@mapei.es

