

Reparación y protección de estructuras de hormigón según el Nuevo Código Estructural



Fecha: Lunes 5 de Mayo de 16:00 a 18:00

Formato: Telemática (abierta y gratuita)

Jornada técnica en colaboración con:

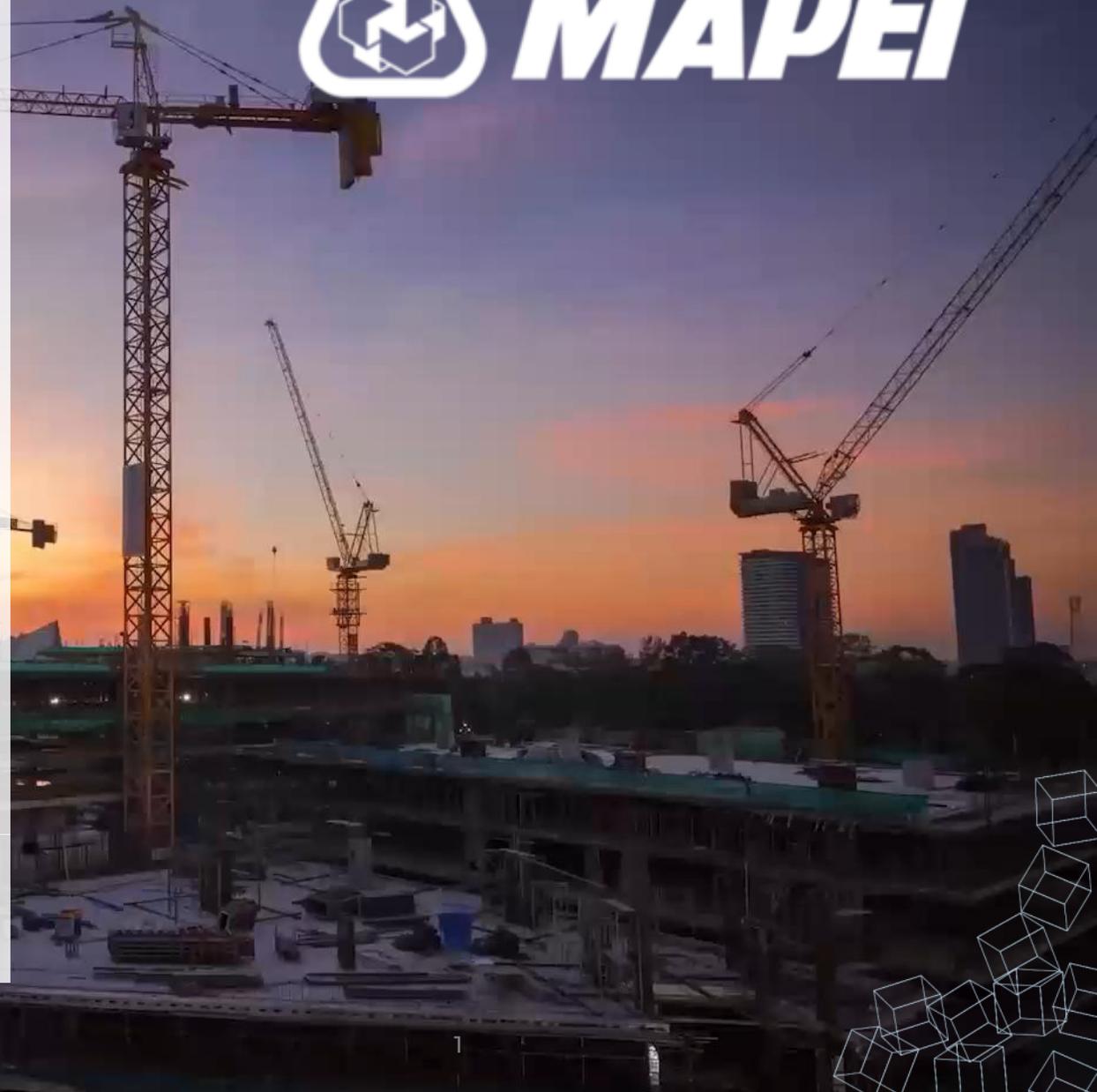
50 caminos
1975-2025
Andalucía Ceuta y Melilla



Ponente:

Javier Suárez

Director Técnico Construcción Mapei Spain, S.A.U.
Edificación, Obra Civil e Industria



MAPEI

Multinacional fabricante de productos químicos para la construcción



EDIFICACIÓN



OBRA CIVIL



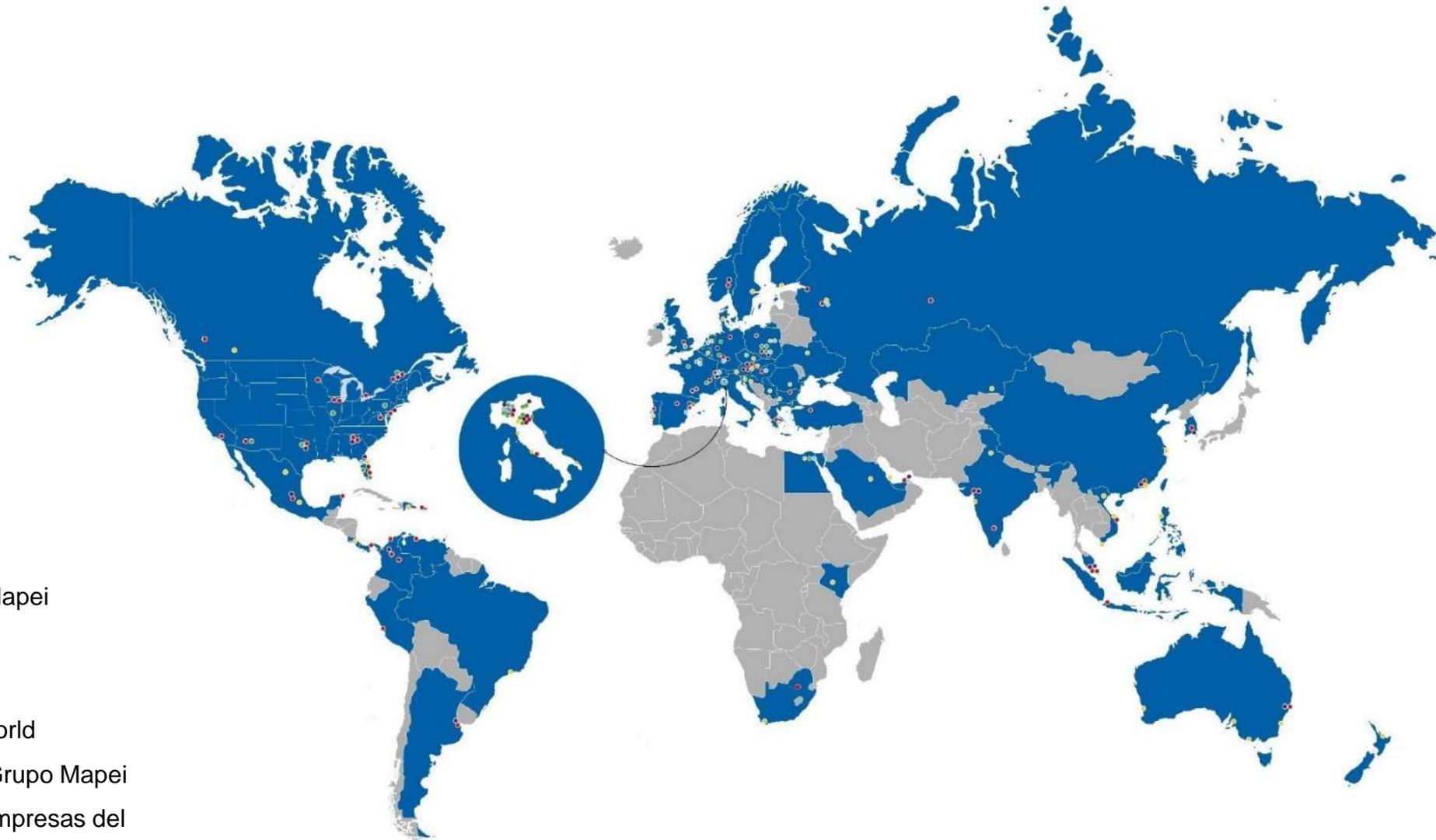
INDUSTRIA

Presencia a nivel mundial

Fundada en 1.937 en Milán dispone de 93 plantas y 102 filiales en los 5 continentes, para ser rápidos, eficaces y competitivos en el mercado.

CLAVE

-  Sede central de Mapei
-  Oficinas principales con fábricas de Mapei
-  Centros de I+D
-  Delegaciones comerciales de Mapei
-  Centros de especificaciones Mapeiworld
-  Oficinas y fábricas de empresas del Grupo Mapei
-  Delegaciones comerciales de otras empresas del Grupo Mapei



SOLUCIONES 360° PARA LA CONSTRUCCIÓN

MAPEI en España



Implantada desde 1.991 en **España:**

- **Sede central y almacén:**

Santa Perpetua de Mogoda (Barcelona)

- **Fábrica y almacén:**

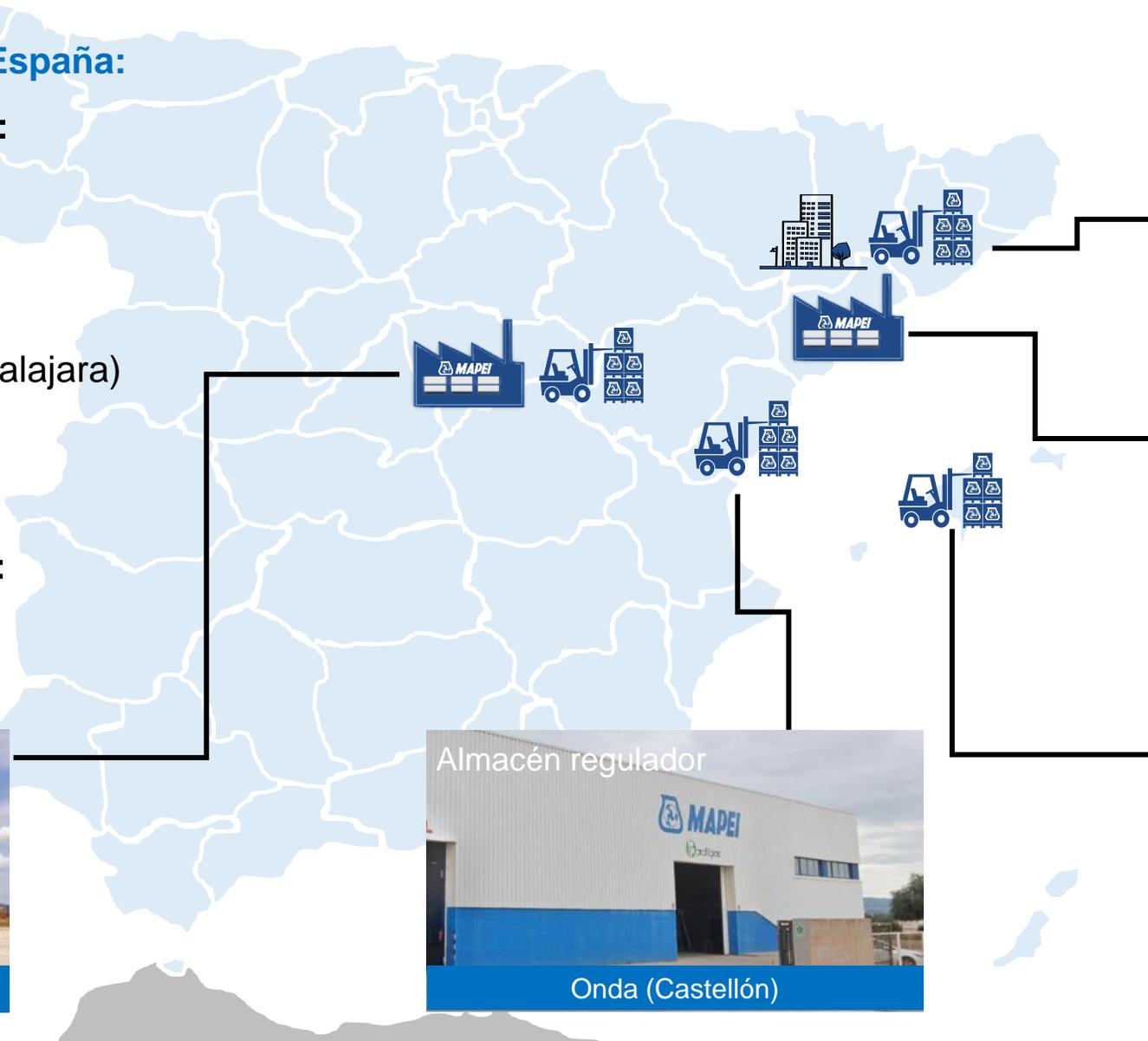
Cabanillas del Campo (Guadalajara)

- **Fábrica:**

Amposta (Tarragona)

- **Almacenes reguladores:**

Onda (Castellón) y Mallorca.



Santa Perpetua Mogoda (Barcelona)



Amposta (Tarragona)



Fábrica y almacén
Cabanillas del Campo (Guadalajara)



Almacén regulador
Onda (Castellón)



Almacén regulador
(Mallorca)

Soluciones que abarcan casi cualquier fase de un proyecto de construcción:



Reparación y protección de estructuras de hormigón

Protección de armaduras, morteros, inyecciones



Sistemas de Aislamiento Térmico Exterior SATE

Acabados continuo y cerámico



Pavimentos continuos

Cementosos, epoxis, poliuretanos, poliuretano-cemento



Productos para la Industria marina



Refuerzo estructural

Laminados, tejidos, conectores, mallas de carbono o vidrio, morteros, resina de anclaje



Aislamiento Acústico

Láminas para insonorizar frente a impactos y pisadas en losas y suelos



Pavimentos para pistas deportivas, carriles bici y estadios deportivos



Aditivos para Hormigón



Impermeabilización

Estructuras enterradas, depósitos, cubiertas, cubetos, canales, presas, EDARs, ETAPs, piscinas, cuartos de baño



Rehabilitación patrimonial con morteros de cal

Humedades, consolidación, inyección, reparación, fachadas



Productos para pavimentos resilientes, textiles y parqueté

Pastas niveladoras, adhesivos, protectores



Construcción Subterránea



Sellado de juntas

Masillas, bandas y adhesivos



Adhesivos y morteros

Adhesión y rejuntado de cerámica, piedra, adoquinado, etc.



Perfiles

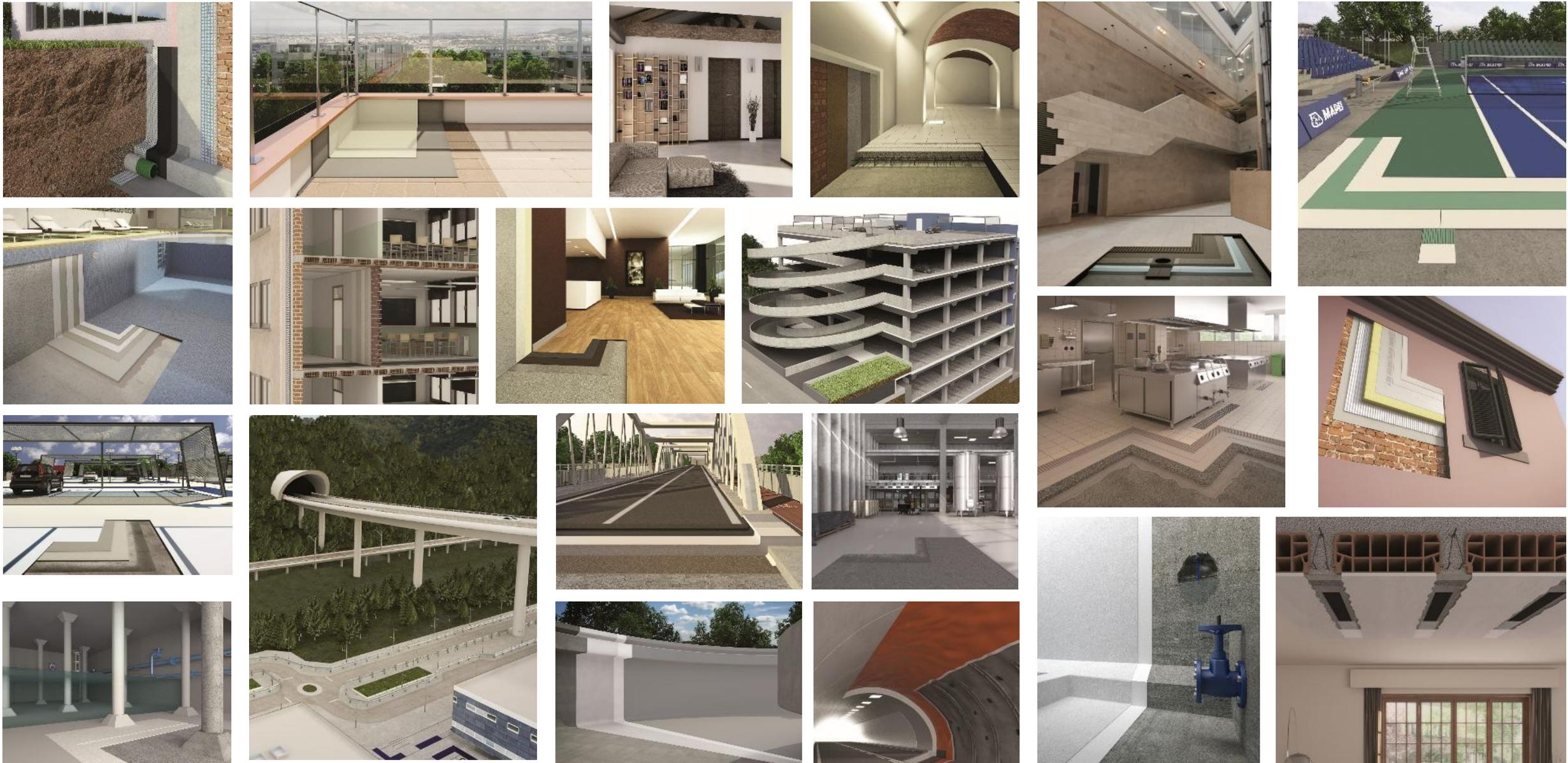
Para revestimientos de suelos y paredes, rodapiés, baños y sistemas de suelos elevados



Aditivos de Molienda

SOLUCIONES 360° PARA LA CONSTRUCCIÓN

Edificación, Obra Civil e Industria



Mapei en cifras

4,2

Mil millones de euros de facturación consolidada en 2023

Más de



12 500

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

Más de

100 000



Toneladas de CO₂ compensadas

Más de

66 000



Clientes en todo el mundo



27 900

Toneladas de productos enviados cada día



93

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

SOLUCIONES 360° PARA LA CONSTRUCCIÓN

Soluciones y productos sostenibles



REDUCCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

Uso de **materiales reciclados** en la fabricación de productos
Sistema CUBE: Aditivos para hormigones usando cementos con bajo contenido en clínker



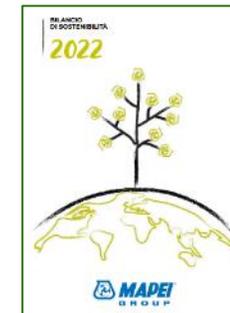
COMPENSACIÓN DE CO₂

Mediante compra de créditos para **proyectos de energía renovable y protección forestal**

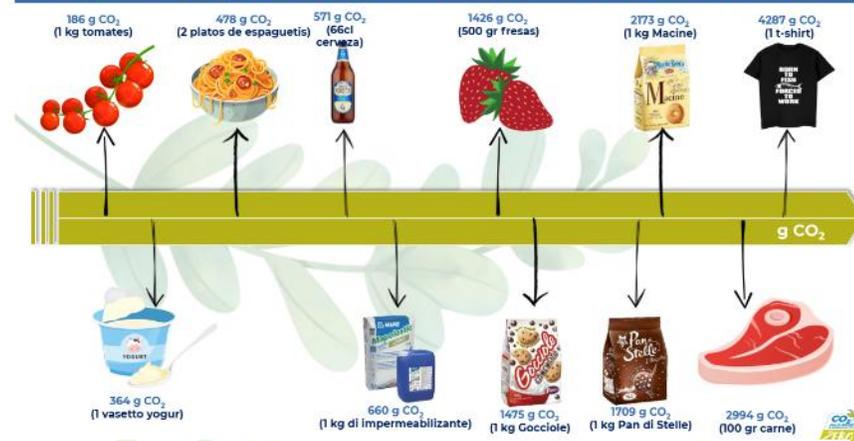


DURABILIDAD

Productos de altas prestaciones
 Soluciones efectivas } **Soporte técnico y formación**
 Aplicaciones correctas }



¿CUÁNTO CO₂ SE PRODUCE POR 1 KG DE IMPERMEABILIZANTE?



Cuánto CO₂ compensamos por 100 m² de pavimento?

MAPELASTIC ZERO = 265 kg CO₂
 ULTRALITE S1 FLEX ZERO = 163 kg CO₂
 PIASTRELLA SOTTILE = 1620 kg CO₂ (estimado)
 ULTRACOLOR PLUS = 10-15kg CO₂



2065 kg de CO₂ = (23 árboles)



Las estructuras de hormigón, sobre todo en ambientes marinos y/o industriales, están sometidas a **agresiones químicas, mecánicas, físicas y derivadas por procesos de corrosión** de las armaduras.

Como consecuencia se manifiestan lesiones en el hormigón a modo de: **fisuras, roturas y pérdidas de recubrimiento y de sección de armaduras.**

En esta jornada analizaremos los principios básicos de la reparación, protección y refuerzo para poder realizar actuaciones efectivas, duraderas y por tanto sostenibles.



1. Introducción a la reparación y protección

- Campo de aplicación
- EN 1504 Reparación y protección de estructuras de hormigón
- Tipos de daños en las reparaciones y por qué

2. La corrosión en el hormigón armado

3. La reparación estructural

- Preparación del soporte
- Desoxidación de armaduras
- Protección de armaduras
- Morteros de reparación estructural

4. La reparación no estructural o cosmética

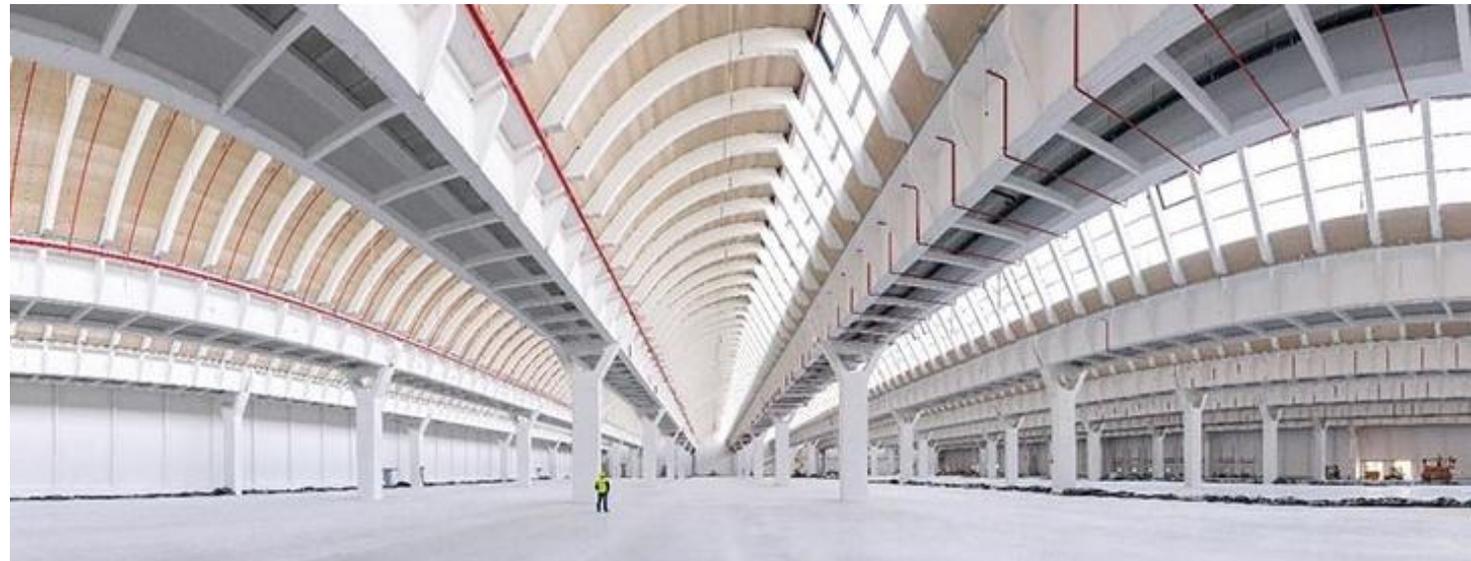
5. Tratamiento de fisuras

6. Protección del hormigón frente a agentes ambientales

- Revestimientos anticarbonatación
- Agentes hidrófugos
- Protección catódica

7. Refuerzo de estructuras de hormigón

- Refuerzos con fibra de carbono
- Refuerzos con morteros de alta resistencia
- Software de cálculo





INTRODUCCIÓN A LA REPARACIÓN Y PROTECCIÓN

Reparación, protección y refuerzo de estructuras

Campo de aplicación: cualquier estructura de hormigón



Residencial



Industrial



Obras hidráulicas



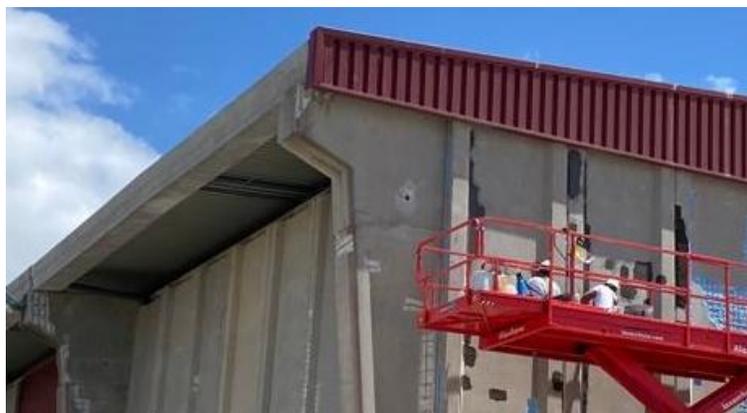
Infraestructuras

EN 1504: Reparación y protección de estructuras de hormigón

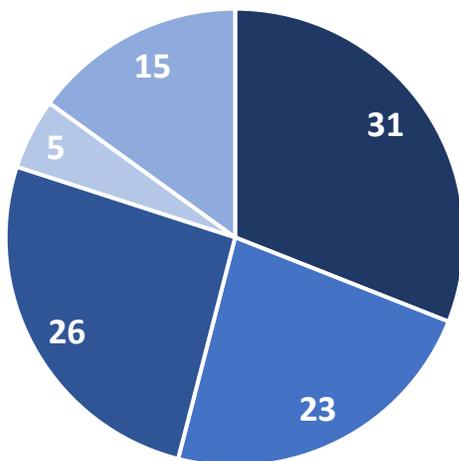
En vigor desde el 1 de Enero de 2009, surge a raíz de un estudio realizado por el organismo independiente CONREPNET en base al cual se estimaba que entre el 60 y el 75% de los clientes de estructuras reparadas estaba insatisfecho con la reparación realizada antes de los 10 años.



La norma EN 1504 define los principios y métodos para llevar a cabo las actuaciones de reparación y protección y su objeto es normalizar los productos y trabajos a realizar con el objetivo de conseguir actuaciones más efectivas y duraderas.



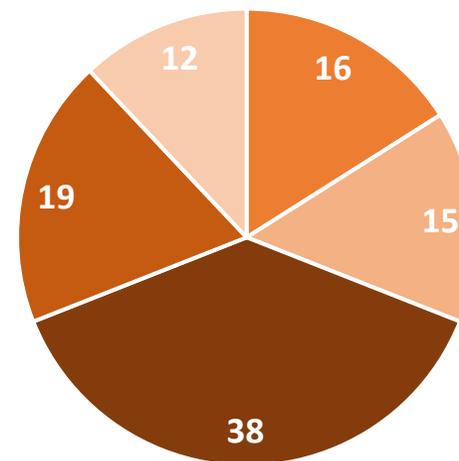
Tipos de fallos en las reparaciones



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

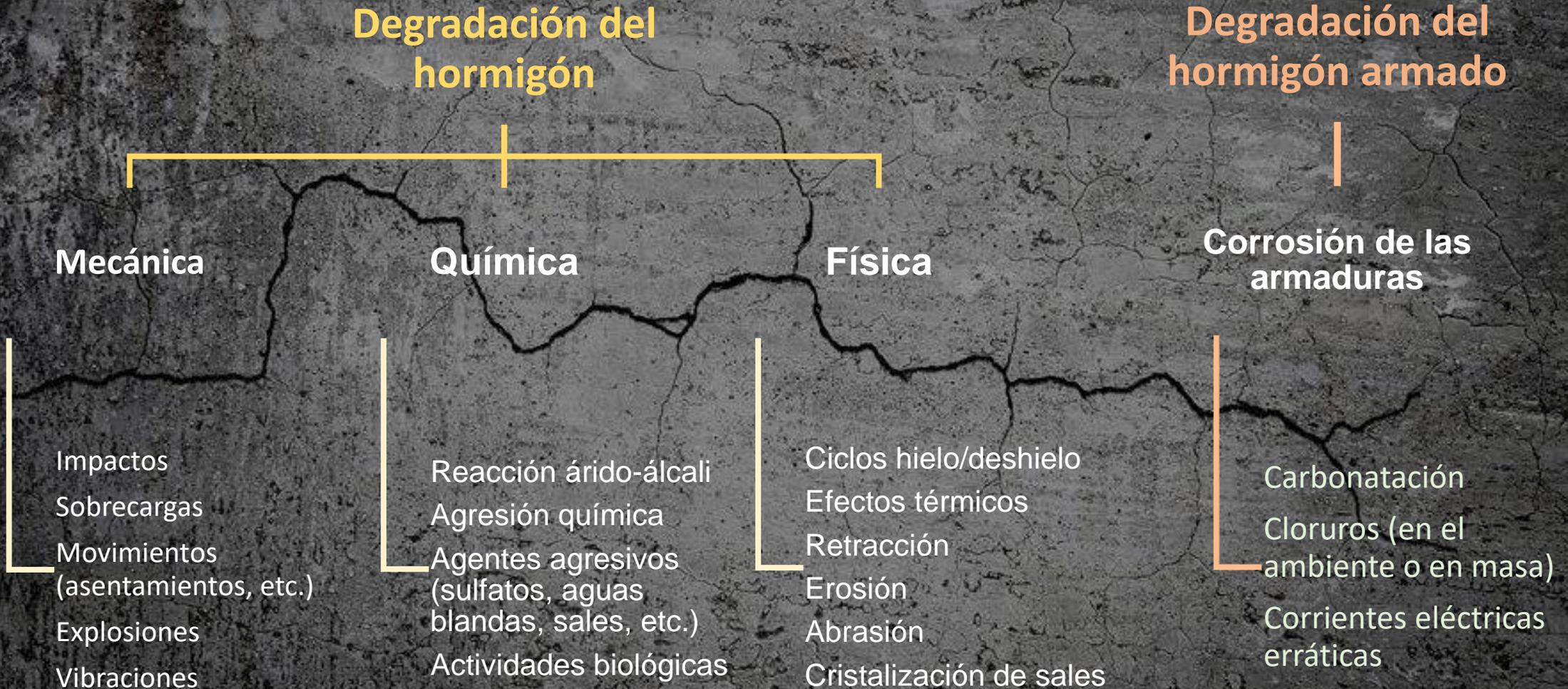


¿Por qué se producen los fallos en las reparaciones?



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

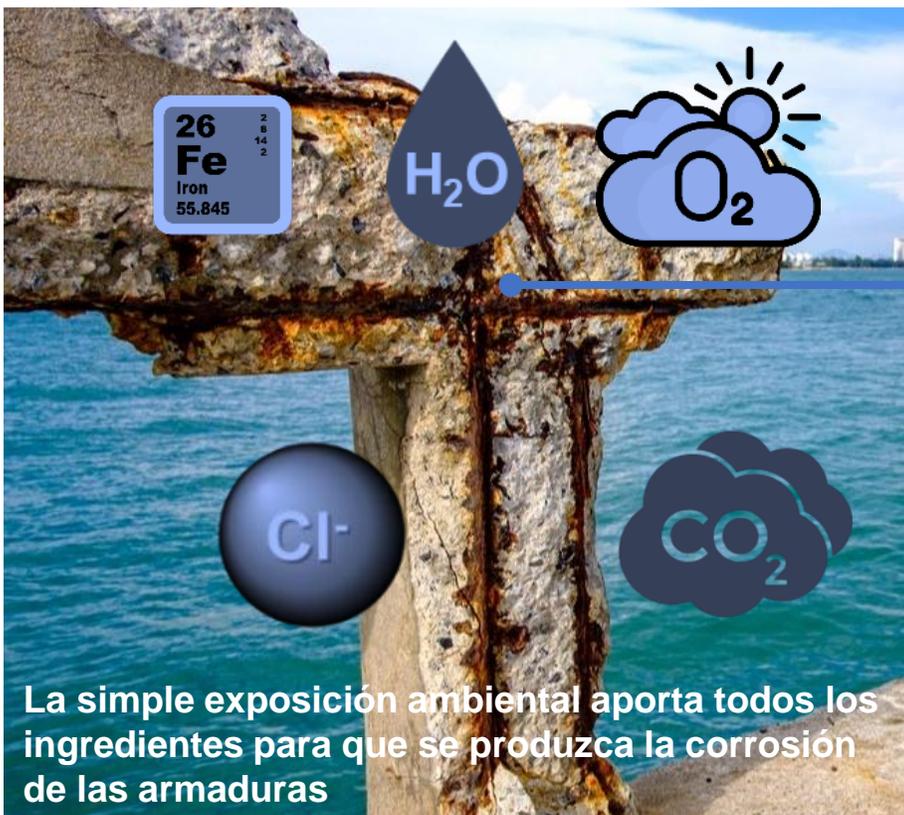




LA CORROSIÓN EN EL HORMIGÓN ARMADO



Reacción electroquímica que se produce al entrar en contacto: hierro + oxígeno + agua + cloruros (opcionales) con la consecuente formación de óxidos de hierro.



Efecto negativo de los óxidos de hierro en el hormigón armado:

- Aumentan hasta 4 veces de volumen generando tensiones en los recubrimientos de hormigón y roturas o fracturas en el mismo.
- Se disuelven provocando pérdida de sección del armado y con ello capacidad estructural (por encima de pérdidas del 20% es recomendable reponer armadura o reforzar la estructura con fibra de carbono).

La corrosión de las armaduras en el hormigón se ve favorecida por los procesos de carbonatación y por la presencia de cloruros.

Carbonatación:

Reacción entre el Dióxido de Carbono presente en la atmosfera con el Hidróxido de Calcio presente en el hormigón para dar como resultado la formación de Carbonatos Cálcicos.



Un hormigón joven tiene un pH de 12 que hace de envolvente protector de las armaduras (pH > 9). Los Carbonatos Cálcicos se generan en la superficie y avanzan como un frente hacia el interior del hormigón provocando un descenso del pH y de la capacidad de protección (pH < 9).

- **Hormigón no carbonatado:** pH > 9 - La alcalinidad protege frente a la corrosión.
- **Hormigón carbonatado:** pH < 9 - Pasa de alcalino a ácido y pierde el efecto protector.



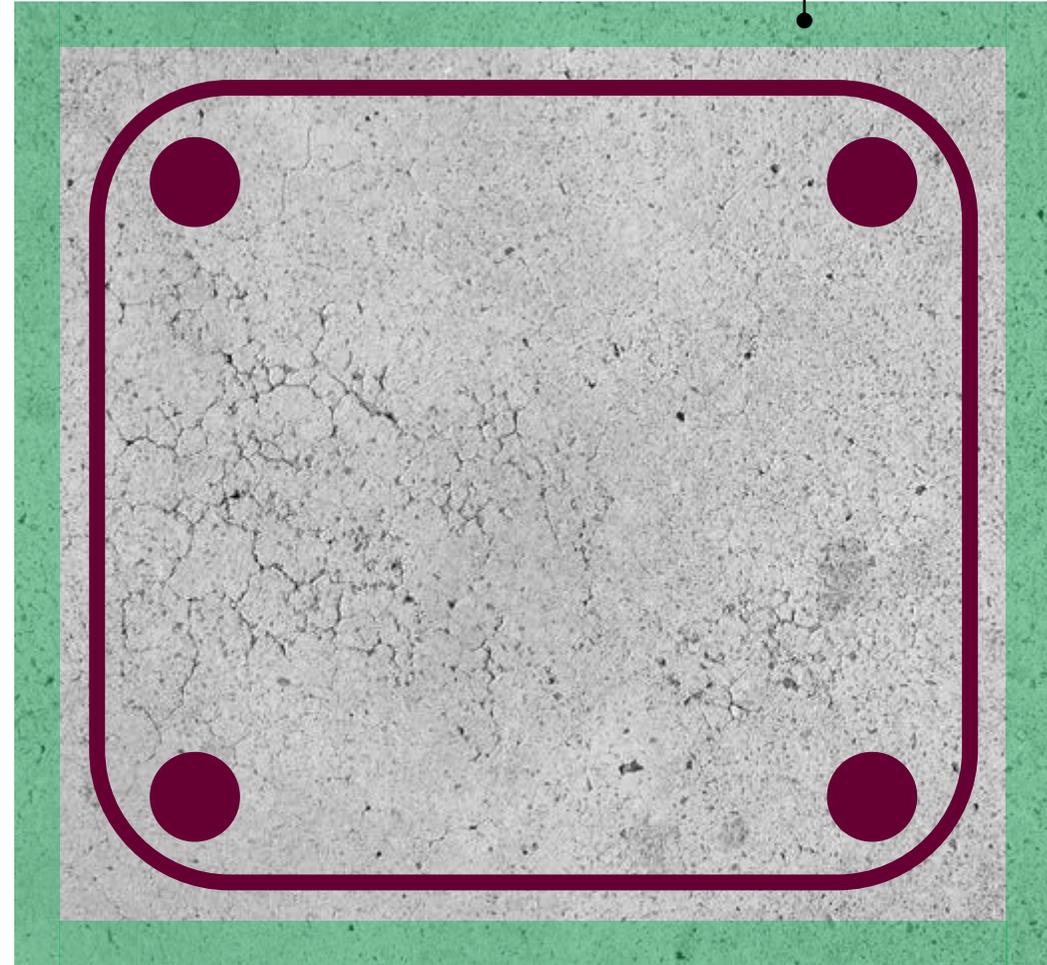
La corrosión inducida por carbonatación

Proceso de carbonatación en el hormigón



Hormigón carbonatado: $\text{pH} < 9$

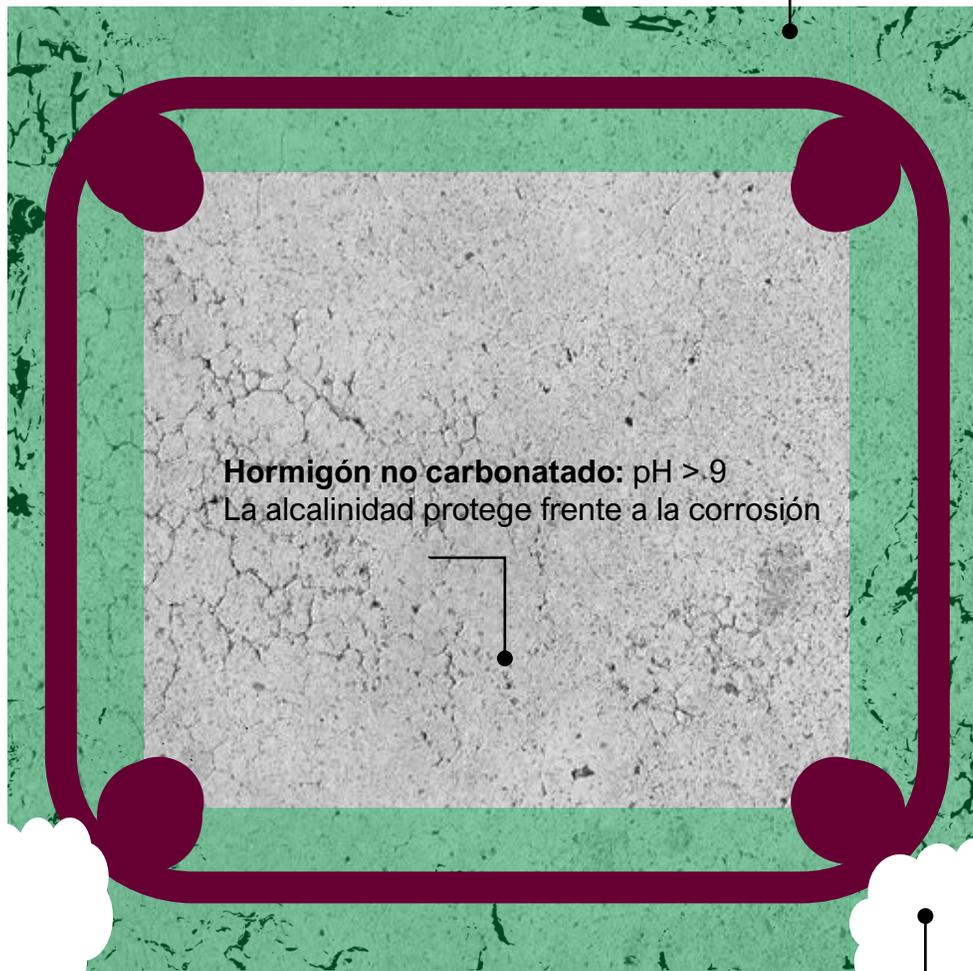
Pasa de alcalino a ácido y pierde el efecto protector



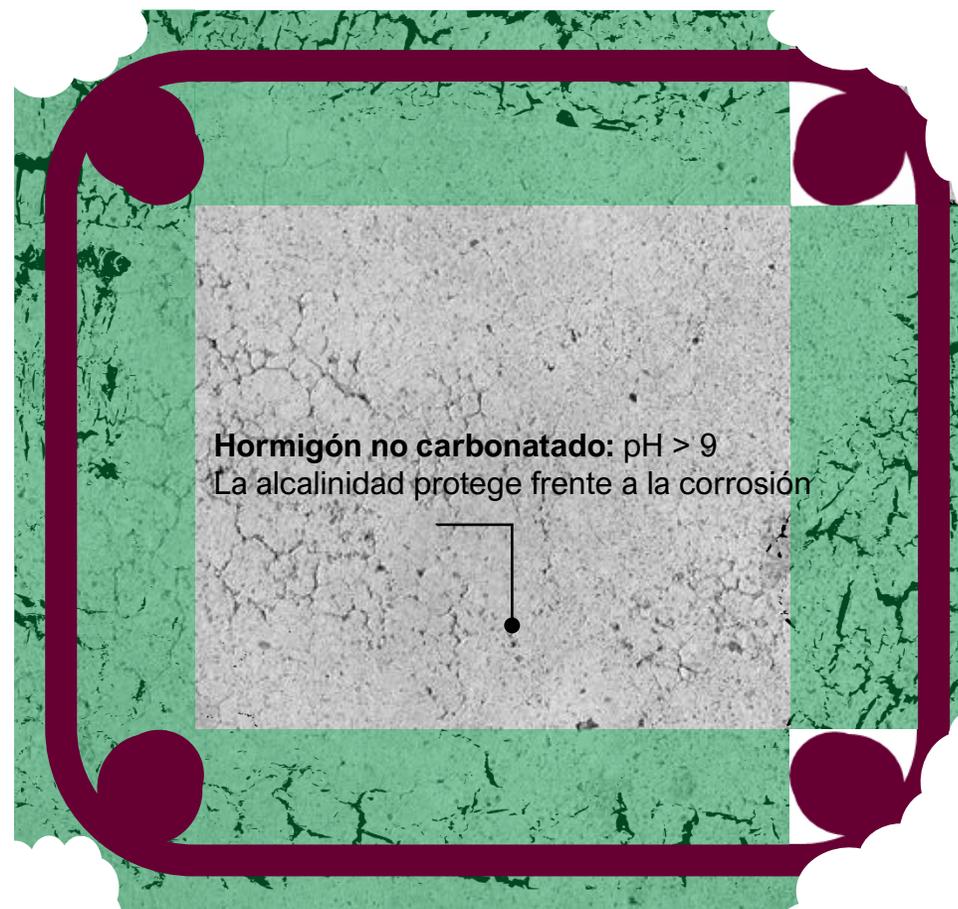
La corrosión inducida por carbonatación

Hormigón carbonatado: $\text{pH} < 9$

Pasa de alcalino a ácido y pierde el efecto protector



Si tenemos coqueas, fisuras, etc., en el hormigón, el frente de carbonatación profundizará de forma más rápida



La carbonatación avanza como un frente que, cuando llega a las armaduras, las deja desprotegidas frente a la corrosión y las lesiones derivadas

Presencia de cloruros:

Los cloruros actúan como catalizadores de la reacción de corrosión.

Presentes en ambientes marinos, industriales, piscinas, zonas de uso de sales de deshielo (carreteras, viaductos), etc.

Cuando la relación entre el ion Cl^- y el ion OH^- está entre 2,5 y 6, en concentraciones aproximadas de 300ppm, comienza la corrosión activa.

Forman puntos de óxido (corrosión por picadura) y actúan incluso en hormigón no carbonatado con $\text{pH} > 9$.



Reparación, protección y refuerzo de estructuras

La corrosión en el hormigón armado



Reparación, protección y refuerzo de estructuras

La corrosión en el hormigón armado





Reparación, protección y refuerzo de estructuras

Actuaciones completas y efectivas



Las actuaciones han de ser completas y en la mayoría de las ocasiones la reparación estructural no se limita a aplicar un mortero de reparación.

Cuando llegamos a la fase de daños es necesario reparar estructuralmente y en ocasiones reforzar

Es necesario emplear técnicas de protección adecuadas tanto para las zonas reparadas como para las no reparadas



Actuación “completa” en una estructura de hormigón deteriorada:

1. Preparación del soporte mediante medios adecuados.
2. Desoxidación de armaduras en todo el perímetro.
3. Pasivación de armaduras con pasivador: [Mapefer 1K](#).
4. Reconstrucción geométrica del volumen perdido con mortero de reparación estructural: [Mapegrout T 40 SR](#), [Mapegrout Easy Flow](#), [Mapegrout T 60](#), [Planitop Rasa & Ripara R4 Zero](#), [Mapegrout Colabile](#), etc.
5. Tratamiento de fisuras: [Epojet](#), [Epojet LV](#), [Stabilcem](#).
6. Reparación no estructural o cosmética: [Planitop Fine Finish](#), etc.
7. Refuerzo de estructuras con fibra de carbono o morteros [Planitop HPC](#).
8. Protección frente a la exposición a agentes ambientales (agua, CO₂, cloruros, etc.): [Elastocolor Pittura Zero](#), [Elastocolor Pittura SP](#), [Mapelastic](#), [Smart](#), [Guard](#), [Mapeshield](#), etc. Para impermeabilizar o proteger químicamente consultar.



Ensayos previos y posteriores a la reparación

- Los ensayos son necesarios para conocer el estado del hormigón antes de reparar, así como para comprobar el resultado final de la reparación.
- Cuanta más información tengamos de la estructura de hormigón más eficientes seremos en la selección de los sistemas y métodos a aplicar.

Otros ensayos:



Tests de fenolftaleína y de cloruros para ver el estado del hormigón



Ensayo con esclerómetro para determinar la resistencia a compresión del hormigón



Ensayo pull off para determinar la resistencia a tracción del hormigón

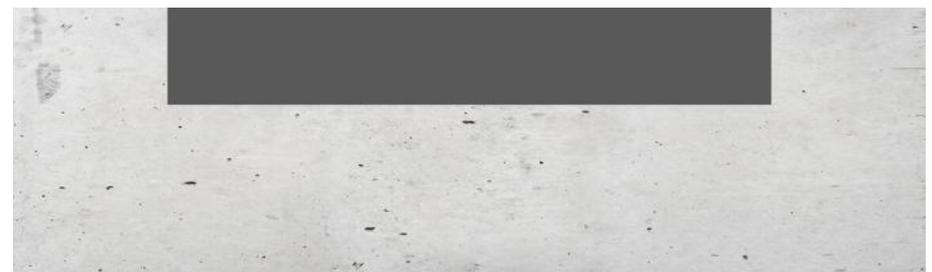


Testigos para ver la adherencia del mortero de reparación con el hormigón

REPARACIÓN ESTRUCTURAL DEL HORMIGÓN

1.- Preparación del soporte: objetivo

- Eliminar el hormigón deteriorado y llegar a un hormigón sano y resistente.
- Cajear el perímetro de la zona a reparar en al menos el espesor mínimo del mortero de reparación a aplicar.
- Conseguir un perfil de rugosidad adecuado para asegurar la adherencia mecánica del mortero.
- Repicar por detrás de las armaduras (siempre que no se comprometa la estabilidad estructural).



1.- Preparación del soporte: importancia de una correcta preparación

ICRI Guideline No. 310.R2 2013 Selecting and Specifying Concrete Surface Preparation for Sealers, Coatings, Polymer Overlays, and Concrete Repair

“Una correcta preparación del soporte es fundamental para conseguir alcanzar el éxito en un proyecto de restauración o protección del hormigón. **Una preparación incorrecta puede llevar al fallo del sistema de protección o del material de reparación**, teniendo como consecuencia nuevas reparaciones, incremento de costes, pérdida de tiempo de uso e incluso pudiendo comprometer la integridad de la estructura tratada.”

- Cada tipo de producto requiere de una preparación de soporte determinada.
- Consultar dependiendo del sistema que vayamos a aplicar: morteros de reparación, mortero no estructural, membranas impermeabilizantes, pinturas, etc.
- En reparación estructural se entienden como válidos valores en obra de resistencia a tracción superficial del hormigón: $> 1,2\text{MPa}$ (EN 1504-3)



1.- Preparación del soporte: perfiles de rugosidad

CSP1

<0,1mm

CSP2

<0,2mm

CSP3

<0,7mm

CSP4

<1,5mm

CSP5

<2,0mm

CSP6

<3,0mm

CSP7

<5,0mm

CSP8

<7,0mm

CSP9

<9,0mm

CSP10

<10mm

Para una correcta reparación estructural del hormigón necesitaremos crear un perfil de rugosidad tipo CSP3 a CSP9 en función del mortero y del espesor a aplicar



Preparación del soporte

1.- Preparación del soporte: métodos de preparación de soportes

	CSP1 <0,1mm	CSP2 <0,2mm	CSP3 <0,7mm	CSP4 <1,5mm	CSP5 <2,0mm	CSP6 <3,0mm	CSP7 <5,0mm	CSP8 <7,0mm	CSP9 <9,0mm	CSP10 <10,0mm
Limpieza con agua	<input checked="" type="checkbox"/>									
Lijado / amolado		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>							
Chorro de árido		<input checked="" type="checkbox"/>								
Chorro de árido intensivo		<input checked="" type="checkbox"/>								
Hidrodemolición			<input checked="" type="checkbox"/>							
Martillo neumático									<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>



1.- Preparación del soporte: métodos de preparación de soportes



Desbastado: reparación cosmética

- Elimina lechadas superficiales
- Método adecuado para acabados en bajo espesor < 2mm
- Para paredes, suelos y techos



Granallado:

- Elimina lechadas superficiales y contaminación
- Método adecuado para acabados en bajo espesor < 5mm
- Para suelos



Fresado:

- Elimina capas cementosas y asfálticas
- Método adecuado para acabados en alto espesor
- Para suelos (pavimentos, losas y carreteras)



Picado: reparación estructural

- Elimina capas cementosas gruesas
- Método adecuado para acabados en alto espesor, pero muy agresivo
- Para paredes, suelos y techos

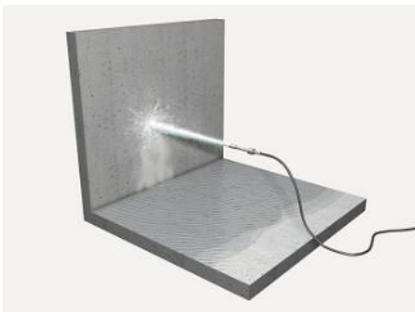


1.- Preparación del soporte: métodos de preparación de soportes



Chorro de arena:

- Elimina lechadas superficiales, contaminación, hormigón fracturado y desoxida las armaduras
- Método adecuado para acabados en bajo y medio espesor
- Para paredes, suelos y techos



Agua a presión:

Para paredes, suelos y techos

- **Limpieza con agua a baja presión (10 – 35 MPa):**
Elimina partículas sueltas y vegetación, pero no prepara el soporte.
- **Limpieza con agua a media-alta presión (35 – 300 MPa):**
Elimina partes no adheridas, nidos de grava, descubre fisuras, etc.
- **Hidrodemolición (>300 MPa - 3000MPa):** Reparación estructural
Elimina grandes capas de hormigón sin afectarlo y desoxida las armaduras.



2.- Desoxidación de armaduras: objetivo

El objetivo será limpiar las armaduras de restos de oxido que puedan restar adherencia al mortero de reparación.

Chorro de arena

ISO 8501-1:2008

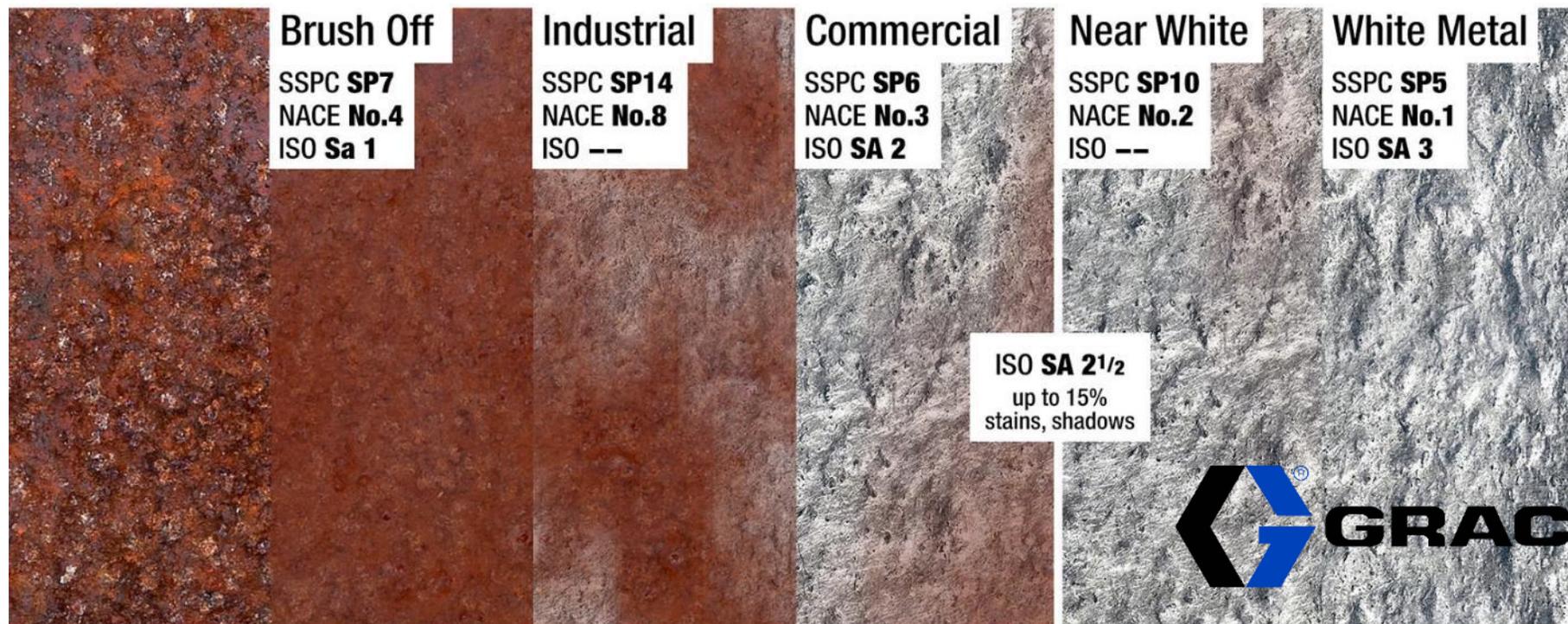
Preparación de superficies de acero previa a la aplicación de pinturas y productos relacionados. Evaluación visual de la limpieza de las superficies.

Hidrodemolición

NACE No. 5/SSPC-SP 12

Preparación y limpieza de superficies de acero y otros materiales duros mediante chorro de agua a alta y ultra alta presión.

Otros métodos como cepillo de púas de acero (superficies pequeñas), también pueden ser válidos.



Loose Material	None	None	None	None	None
Tight Material	100%	up to 10%	None	None	None
Stains, Shadows	100%	100%	up to 33%	up to 5%	None

2.- Desoxidación de armaduras: objetivo y productos

Una vez las armaduras estén desoxidadas procederemos a su protección.

Protección activa:
mediante protectores
con inhibidores de
corrosión cementosos
Mapefer 1K



Grado SA2 si
vamos a emplear
una **protección
activa**

**Protección por
barrera:** mediante
protectores epoxi
Eporip (válido también
como puente de unión)



Grado SA2 ½ si
vamos a emplear
una **protección
por barrera**

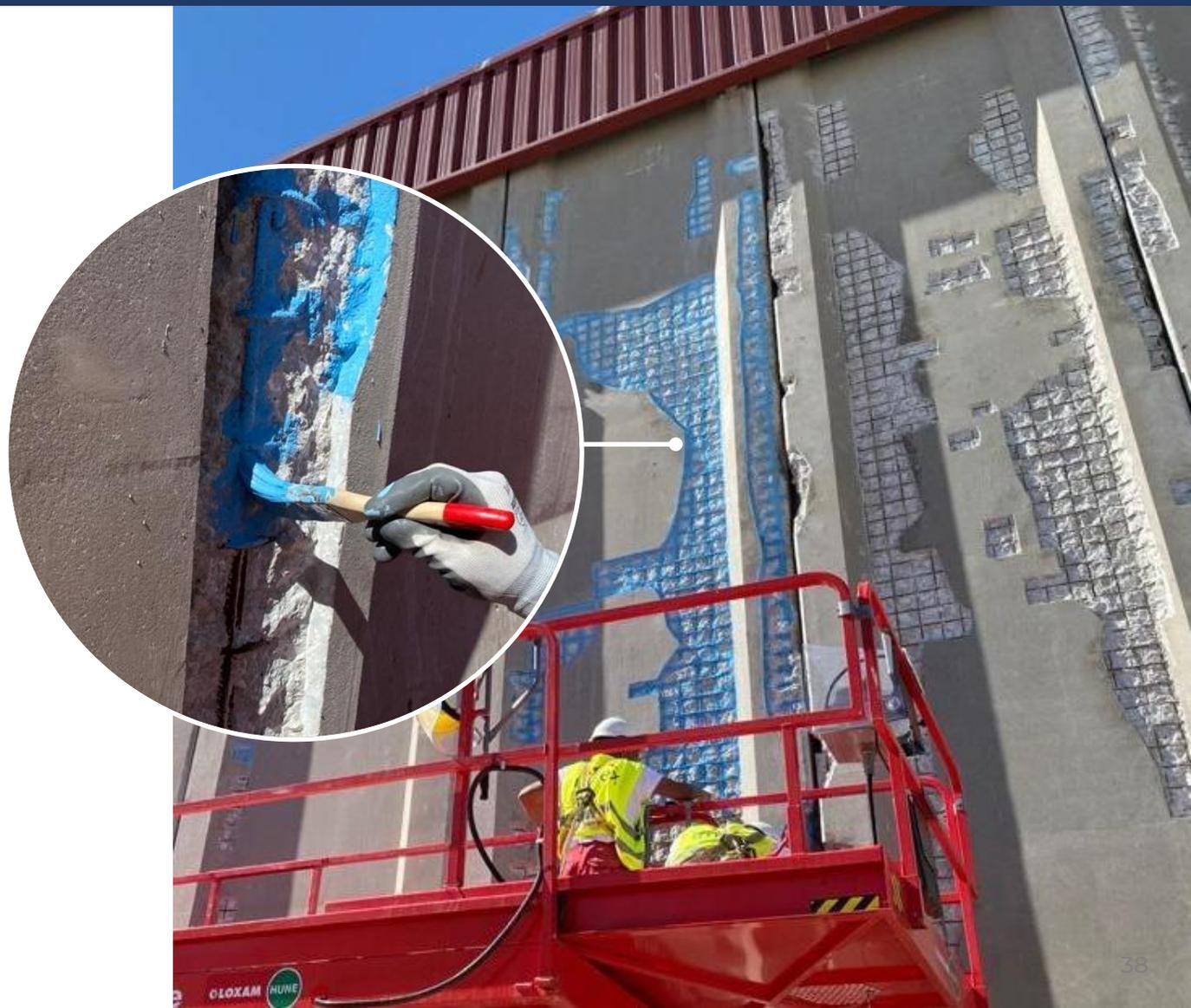
3.- Protección de armaduras: objetivo y productos

Normalmente emplearemos protectores de armaduras cementosos tipo **Mapefer 1K**.

Mapefer 1K puede impregnar el hormigón sin que merme la adherencia del mortero de reparación estructural de Mapei.

Puentes de unión:

- En general los morteros de Mapei no necesitan puente de unión, pero si perfil de rugosidad y humectación.
- Lechadas del mismo mortero de reparación(en fresco) pueden aplicarse a modo de puente de unión para mejorar la aplicación y la adherencia.
- En casos con patologías concretas (reacciones árido-álcali) pueden ser necesarios puentes de unión epoxi para desunir el mortero del hormigón.



4.- Reparación estructural: objetivo y productos

- El objetivo de la reparación estructural es recuperar el volumen perdido de hormigón mediante empleo de morteros estructurales:

MORTEROS TIXOTRÓPICOS

Consistencia pastosa para aplicar en paredes o techos sin descuelgue. Aplicación manual a llana o por proyección.



MORTEROS FLUIDOS

Consistencia líquida para aplicar por vertido o bombeo en encofrado (a modo de micro-hormigón).



4.- Reparación estructural: morteros tixotrópicos

Aplicación manual a llana



Ventajas

- No requieren herramientas especializadas
- Reduce las mermas en aplicaciones de poco volumen
- Operarios habituados

A tener en cuenta

- Requieren soportes con un perfil de rugosidad pronunciada
- La compactación depende del brazo del operario
- Dificultad de aplicación tras las armaduras
- Bajos rendimientos

Aplicación por proyección



Ventajas

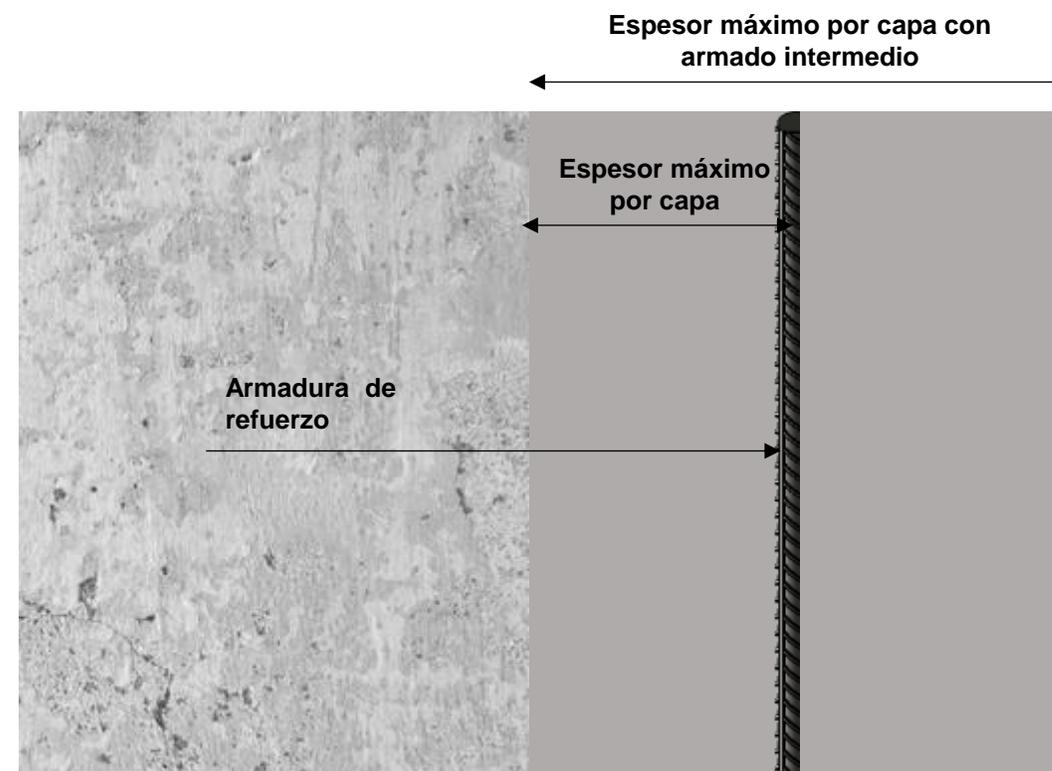
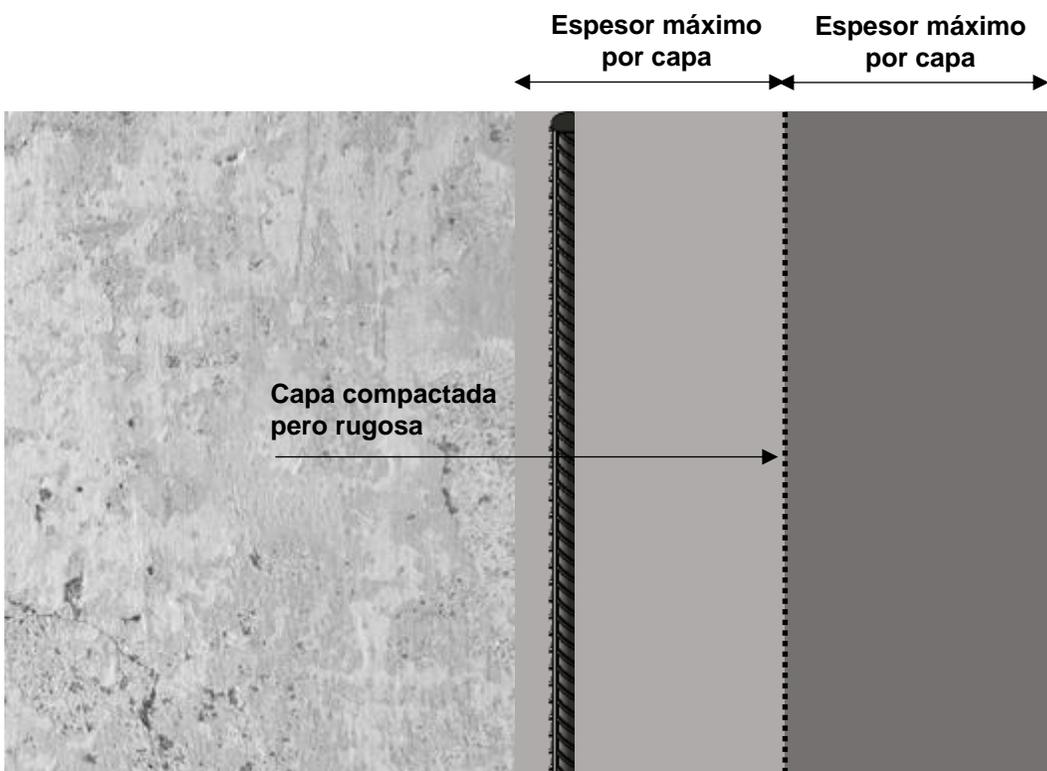
- Operarios especialistas
- Elevados rendimientos
- La presión de proyección mejora la compactación

A tener en cuenta

- Requieren máquinas específicas y compatibles con el mortero a aplicar
- Mayor rechazo que en la aplicación manual
- Dificultad de aplicación tras las armaduras en zonas con alta densidad de armado

4.- Reparación estructural: morteros tixotrópicos

- La aplicación del mortero puede realizarse en capas sucesivas. Cada capa previa deberá ser debidamente compactada y, en estado en fresco, deberá pasarse una llana dentada, cepillo de púas o similar para crear el perfil de rugosidad y mejorar el anclaje mecánico de la siguiente capa.
- Cuando se aplica el mortero en zonas con armadura, el espesor de aplicación cuenta hasta que el mortero toca armadura, y a partir de ahí comienza a contar desde 0 (por ejemplo, un mortero cuyo espesor de aplicación es de 40mm se puede aplicar en espesores de 80mm en una sola capa si lleva armado en la mitad).



4.- Reparación estructural: morteros fluidos

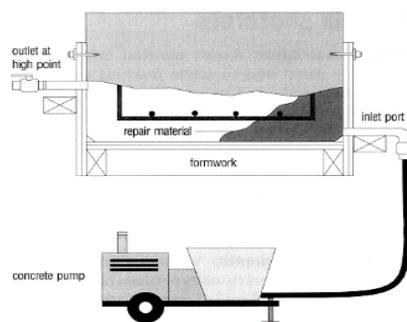
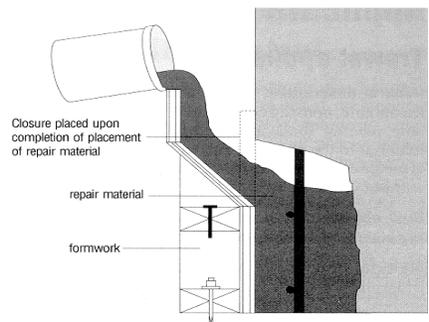
Vertido o bombeo en encofrado

Ventajas

- Rapidez de aplicación de grandes volúmenes.
- Facilidad de relleno tras las armaduras (sin limitación de profundidad, tamaño o densidad del armado).
- El encofrado asegura el curado.
- El encofrado permite que no haya descuelgue.

A tener en cuenta

- Dificulta el uso de puentes de unión.
- El material debe llevarse a la parte alta del encofrado.
- Requiere eliminación de aire ocluido.
- Existe el riesgo de segregación en vertidos a gran altura.
- Requiere ligero vibrado.



4.- **Reparación estructural:** aplicación de morteros a altas y bajas temperaturas

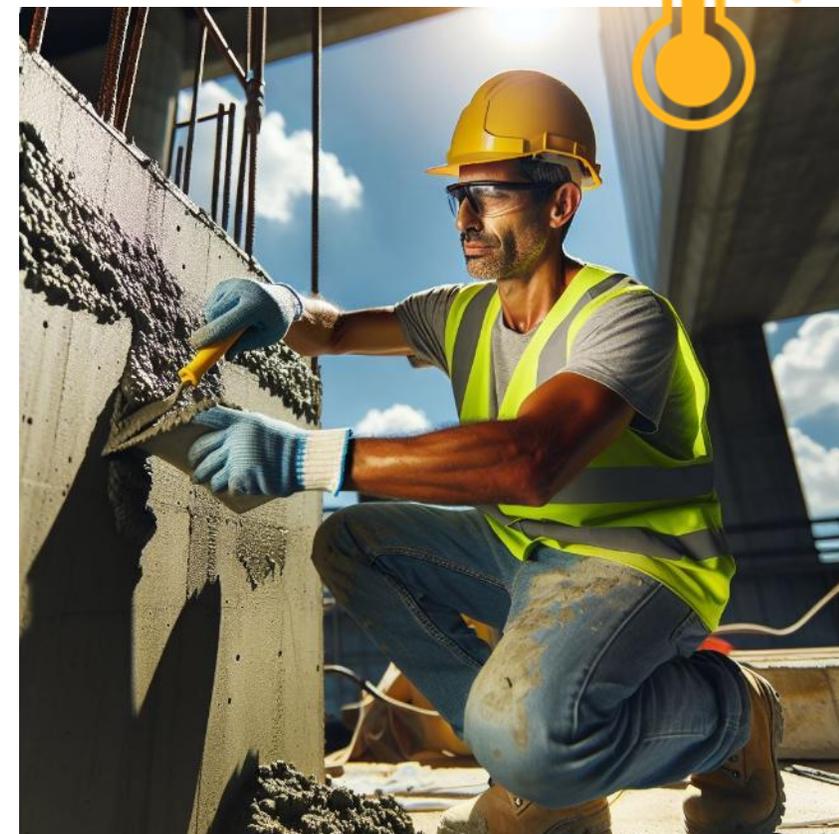
Aplicación de morteros a altas temperaturas:

¿Cómo afecta la alta temperatura a un mortero cementoso durante su aplicación?

- Disminuye el tiempo de trabajabilidad y se adelanta el fraguado.
- Aumentan las resistencias mecánicas iniciales a compresión y flexotracción.
- Riesgo de evaporación del agua de la mezcla: pérdida de resistencias y fisuración.
- Riesgo de evaporación del agua de humectación del soporte: absorción de agua de amasado del soporte, merma de resistencia y pérdida de adherencia mortero-hormigón.
- Merma de propiedades de los polímeros en los morteros modificados con polímeros PCC.

Para mejorar la aplicación en trabajos de reparación a altas temperaturas:

- Medir la temperatura del soporte y ambiental con un termómetro adecuado.
- Almacenar los productos atemperados antes de su aplicación.
- Emplear agua fría (10°C) para realizar la mezcla de los morteros.
- Trabajar en las franjas horarias de menor temperatura (preferentemente nocturnas).
- En caso de morteros cementosos mojar el soporte con agua fría de forma abundante.
- En caso de mojar la superficie esperar a que no haya agua líquida o soplarla.
- Usar ventiladores para la zona de trabajo.
- Prever la colocación de toldos o plásticos para resguardar la zona de trabajo.
- Usar morteros con tiempos de trabajabilidad prolongados.
- Curar los morteros de forma exhaustiva.



4.- **Reparación estructural:** aplicación de morteros a altas y bajas temperaturas

Aplicación de morteros a bajas temperaturas:

¿Cómo afecta la baja temperatura a un mortero cementoso durante su aplicación?

- Aumenta el tiempo de trabajabilidad y se retrasa el fraguado.
- Disminuyen las resistencias mecánicas a compresión y flexotracción.
- Disminuyen las propiedades: aumento del módulo elástico (rigidez) y de la viscosidad.
- Riesgo de congelación del agua de amasado dentro de la mezcla.
- Merma de propiedades de los polímeros en los morteros modificados PCC.
- Riesgo de lechadas en superficie: merma de resistencias.

Para mejorar la aplicación en trabajos de reparación a bajas temperaturas:

- Medir la temperatura del soporte y ambiental con un termómetro adecuado.
- Almacenar los productos atemperados antes de su aplicación.
- Emplear agua templada para realizar la mezcla de los morteros.
- Trabajar en las franjas horarias donde la temperatura es más alta.
- Nunca aplicar sobre superficies congeladas.
- Calentar el soporte.
- En caso de calentar la superficie, esperar a que no haya agua líquida debida al deshielo.
- En caso de calentar con soplete, precaución de no microfisurar el hormigón.
- Prever la colocación de toldos o plásticos para resguardar la zona de trabajo.
- Usar morteros específicos para bajas temperaturas (rápidos).



4.- Reparación estructural: tipos de morteros según EN 1504-3

EN 1504-3 - Morteros de reparación estructural: R3 y R4

CARACTERÍSTICA	Requerimiento			
	Estructural		No Estructural	
	Clase R4	Clase R3	Clase R2	Clase R1
Resistencia a compresión	≥ 45 MPa	≥ 25 MPa	≥ 15 MPa	≥ 10 MPa
Contenido en cloruros	≤ 0.05 %		≤ 0.05 %	
Adherencia	≥ 2.0 MPa	≥ 1.5 MPa	≥ 0.8 MPa	
Resistencia a la carbonatación	dk ≤ hormigón control (MC0.45)		Sin requerimiento	
Módulo elástico	≥ 20 GPa	≥ 15 GPa	Sin requerimiento	
Compatibilidad térmica	ADHERENCIA tras 50 ciclos (a, b, o c)			Sin fisuras ni delaminación tras 50 ciclos
a. Hielo-Deshielo *	≥ 2.0 MPa	≥ 1.5 MPa	≥ 0.8 MPa	(ninguna fisura ≥ 0.1mm)
b. Choque térmico *	≥ 2.0 MPa	≥ 1.5 MPa	≥ 0.8 MPa	fisuración media ≤ 0.05 mm)
c. Ciclos calor seco *	≥ 2.0 MPa	≥ 1.5 MPa	≥ 0.8 MPa	
Absorción capilar	≤ 0.5 kg.m ⁻² .h ^{-0.5}		≤ 0.5 kg.m ⁻² .h ^{-0.5}	Sin requerim.

- Las distintas clases no indican mayor o menor calidad sino las **características mínimas** del mortero para poder clasificarlo.
- Es necesario analizar el tipo de hormigón a reparar y el tipo de ambiente para poder **seleccionar el mortero de reparación** más adecuado **independientemente de la clasificación R4 o R3 que tenga.**
- Cualquier **mortero R4 podría clasificarse como R3.**

4.- Reparación estructural: Nuevo Código Estructural

40.4.1 Morteros de reparación.

Los morteros que se utilicen para la reparación del hormigón deberán tener marcado CE conforme a la norma UNE-EN 1504-3, y en su Declaración de Prestaciones se deberán cumplir todos los requisitos esenciales indicados para este tipo de productos en el anexo ZA de la citada norma.

Se podrán utilizar morteros con cualquier tipo de ligante (de base cemento, orgánica o mixta), siempre y cuando cumplan los criterios y prestaciones indicados anteriormente.

Dentro de las clases incluidas en la tabla anteriormente indicada, solo podrán utilizarse morteros que cumplan las Clases R3 y R4 para reparación de hormigón estructural.

El criterio de elección entre las dos clases será la resistencia media del hormigón de la estructura a reparar, las condiciones de exposición y el tipo de sollicitación, de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 40.4.1.a Clase de mortero de reparación según UNE-EN 1504-3 en función de la resistencia media del hormigón, las condiciones de exposición y el tipo de sollicitación

Resistencia media del hormigón, condiciones de exposición y tipo de sollicitación	Clase de mortero
Estructuras con hormigón de resistencia media inferior a 20 N/mm ² en ambientes X0 y XC1 sometidas a acciones eminentemente estáticas.	R3.
Estructuras con hormigón de resistencia media igual o superior a 20 N/mm ² en ambientes X0 y XC1.	R3 o R4, debiendo superar la resistencia media del hormigón a reparar.
Estructuras en ambientes distintos a X0 y XC1, o sometidas a acciones dinámicas.	R4.

REAL DECRETO 470/2021 del CÓDIGO ESTRUCTURAL (CodE-21). Control de Recepción Obras.

AMBIENTES DE EXPOSICIÓN: DURABILIDAD

EHE-08	Descripción del ambiente.	CodE
Sin riesgo de corrosión o ataque.		
I	Elementos de hormigón en masa.	X0
	Hormigón armado en ambiente muy seco (HR<45%)	
	Hormigón armado en ambiente seco (HR<65%)	XC1
Corrosión inducida por carbonatación.		
IIa	Hormigón armado en ambiente permanentemente húmedo	XC1
	Hormigón armado en ambiente húmedo, rara vez seco.	XC2
	Hormigón armado en ambiente de humedad moderada (HR>65%)	XC3
IIb	Hormigón armado sometido a la acción del agua de lluvia.	XC4
	Hormigón armado sometido a ciclos de humedad y sequedad.	
Corrosión inducida por cloruros procedentes del agua de mar.		
IIIa	Exposición al aire que transporta sales marinas, pero sin contacto directo con el agua de mar.	XS1
IIIb	Sumergido permanentemente.	XS2
IIIc	Zonas sometidas a la marea, a la salpicadura y a la espuma de mar.	XS3
Corrosión inducida por cloruros de origen distinto al marino.		
IV	Moderadamente húmedo.	XD1
	Húmedo, rara vez seco.	XD2
	Ciclos de humedad y sequedad.	XD3

EHE-08	Descripción del ambiente.	CodE
Ataque químico.		
Qa	Ambiente químico débilmente agresivo, de acuerdo con la Tabla 2.	XA1
Qb	Ambiente químico moderadamente agresivo, de acuerdo con la Tabla 2.	XA2
Qc	Ambiente químico altamente agresivo, de acuerdo con la Tabla 2.	XA3
Ataque hielo-deshielo con o sin agentes de deshielo.		
H	Saturación de agua moderada, sin agentes de deshielo.	XF1
	Saturación de agua elevada, sin agentes de deshielo.	XF3
F	Saturación de agua moderada, con agentes de deshielo.	XF2
	Saturación de agua elevada, con agentes de deshielo o agua de mar.	XF4
Erosión.		
E	Elementos sometidos a erosión/abrasión moderada.	XM1
	Elementos sometidos a erosión/abrasión intensa.	XM2
	Elementos sometidos a erosión/abrasión extrema.	XM3

REAL DECRETO 470/2021 del CÓDIGO ESTRUCTURAL (CodE-21). Control de Recepción Obras.

AMBIENTES DE EXPOSICIÓN: DURABILIDAD

Regla nemotécnica

EXPOSICIONES AMBIENTALES EN EL CÓDIGO ESTRUCTURAL			
SIN RIESGO DE CORROSIÓN		X0	
CON RIESGO DE CORROSIÓN	por C arbonatación	XC1 - XC2 - XC3 - XC4	
	por cloruros	de origen Marino (S ea water)	XS1 - XS2 - XS3
		de origen D iferente al Marino	XD1 - XD2 - XD3
ATAQUE QUÍMICO	(chemical A ttack)	XA1 - XA2 - XA3	
ATAQUE HIELO/DESHIELO	(Freeze thaw attack)	con fundentes	XF2 - XF4
		sin fundentes	XF1 - XF3
EROSIÓN	(M echanical abrasion)	XM1 - XM2 - XM3	

Reparación, protección y refuerzo de estructuras

Ambientes de exposición



Designación de la clase	Descripción del entorno	Ejemplos donde pueden existir las clases de exposición	Tipo de hormigón (estructuras)	Tipo de mortero de reparación	Recomendación
Sin riesgo de ataque por corrosión					
X0	Para hormigón en masa: todas las exposiciones salvo donde haya ataque hielo/deshielo, abrasión o ataque químico. Para hormigón con armaduras en un ambiente muy seco.	Elementos de hormigón en interiores de edificios con una humedad muy baja. (HR<45%) 	< 20MPa sometidas a acciones estáticas	R3 Morteros R4 se pueden clasificar como R3 	▪ El mortero de reparación deberá ser coherente con el hormigón a reparar.
			> 20MPa	R3 o R4 (resistencia > a la del hormigón a reparar)	
Corrosión inducida por carbonatación					
XC1	Seco o permanentemente húmedo.	Elementos de hormigón armado o pretensado dentro de recintos cerrados (tales como edificios), con humedad del aire baja. (HR<65%) Elementos de hormigón armado o pretensado permanentemente sumergido en agua no agresiva.	< 20MPa sometida a acciones estáticas	R3 Morteros R4 se pueden clasificar como R3 	▪ No se puede generalizar por tipo de clase R3 o R4. ▪ Reparar con morteros demasiado rígidos da lugar a fisuras y delaminación (pérdida de adherencia).
			> 20MPa	R3 o R4 (resistencia > a la del hormigón a reparar)	
XC2	Húmedo, raramente seco.	Elementos de hormigón armado o pretensado permanentemente en contacto con agua o enterradas en suelos no agresivos (por ejemplo, cimentaciones).	Estructuras en ambientes distintos a X0 y X1 sometidas a acciones dinámicas (sismo, viento, impactos, vibraciones)	R4 ¿Tiene sentido reparar un hormigón < 20 MPa con un mortero R4 de alta rigidez (más aun sometido a acciones dinámicas)? 	
XC3	Humedad moderada.	Elementos de hormigón armado o pretensado dentro de recintos cerrados (tales como edificios), con humedad media o alta. (HR>65%) Elementos de hormigón armado o pretensado en el exterior, protegidos de la lluvia.			
XC4	Ciclos de sequedad y humedad.	Elementos de hormigón armado o pretensado en el exterior, expuestos al contacto con el agua, de forma no permanente (por ejemplo, la procedente de la lluvia)	Mayoría de las aplicaciones		

Reparación, protección y refuerzo de estructuras

Reparación estructural



MORTEROS TIXOTRÓPICOS DE FRAGUADO RÁPIDO



MORTEROS TIXOTRÓPICOS DE FRAGUADO RÁPIDO



Mapegrout Rapido



► Mortero de retracción controlada, fibrorreforzado, de fraguado y endurecimiento rápidos, para el saneamiento del hormigón.
 CONSUMO: 18 kg/m² por cm de espesor.
 APLICACIÓN: espátula lisa o paleta.



Mapegrout SV T



► Mortero tixotrópico, de retracción controlada, de fraguado y endurecimiento rápidos, para la reparación del hormigón y la fijación de pozos de inspección, tapas de registro en carreteras y mobiliario urbano.
 COLOR: disponible en color negro.
 CONSUMO: 20 kg/m² por cm de espesor.
 APLICACIÓN: espátula lisa o paleta.



Planitop 400



► Mortero tixotrópico, de fraguado rápido y retracción compensada, para la reparación cortical del hormigón, aplicable en espesores variables de 1 a 40 mm en una sola capa.
 CONSUMO: 18,5 kg/m² por cm de espesor.
 APLICACIÓN: espátula lisa o paleta.



Planitop Rasa & Ripara



► Mortero cementoso tixotrópico, de clase R2, fibrorreforzado, de fraguado rápido y retracción compensada, para la reparación y el enlucido del hormigón, aplicable en un espesor comprendido entre 3 y 40 mm, en una sola capa.
 CONSUMO: aprox. 15 kg/m² por cm de espesor.
 APLICACIÓN: espátula lisa o paleta.

Características	Mapegrout Rapido	Planitop 400	Mapegrout SV T	Planitop Rasa & Ripara	Planitop Rasa & Ripara R4
Clase de resistencia según EN 12620	R3	R3	R4	R2	R4
Espesor mínimo del mortero	1 mm	3,3 mm	2,5 mm	3,3 mm	3,3 mm
Relación de la mezcla	100% 100% de agua	100% 100% de agua	110% 110% de agua	100% 100% de agua	100% 110% de agua
Densidad de la mezcla	2100 kg/m ³	2100 kg/m ³	2000 kg/m ³	2000 kg/m ³	2000 kg/m ³
Temperatura de aplicación permitida	0 - +35°C - +35°C	0 - +35°C - +35°C	0 - +35°C - +35°C	0 - +35°C - +35°C	0 - +35°C - +35°C
Resistencia de la mezcla	aprox. 17	aprox. 17	aprox. 17	aprox. 14 (*)	aprox. 14 (*)
Resistencia a compresión	= 40 MPa a 28 días	= 35 MPa a 28 días	= 40 MPa a 28 días	= 40 MPa a 28 días	= 40 MPa a 28 días
Resistencia a tracción	= 3 MPa a 28 días	= 2 MPa a 28 días	= 3 MPa a 28 días	= 4 MPa a 28 días	= 3 MPa a 28 días
Módulo elástico a compresión	34 GPa a 28 días	34 GPa a 28 días	30 GPa a 28 días	30 GPa a 28 días	34 MPa a 28 días
Adhesión mínima del mortero según EN 12618	= 1,5 MPa a 28 días	= 1,5 MPa a 28 días	= 2 MPa a 28 días	= 1,5 MPa a 28 días	= 2 MPa a 28 días
Compatibilidad con la fibra de vidrio (según EN 12618)	= 1,5 MPa	= 1,5 MPa	= 2 MPa	= 1,5 MPa	= 2 MPa
Capacidad de adherencia a la fibra de vidrio (según EN 12618)	= 1,5 MPa	= 1,5 MPa	= 2 MPa	= 1,5 MPa	= 2 MPa
Espejismo máximo por capa	25 mm	40 mm	50 mm	40 mm	40 mm
Consumo	18 kg/m ² por cm de espesor	18,5 kg/m ² por cm de espesor	20 kg/m ² por cm de espesor	15 kg/m ² por cm de espesor	17 kg/m ² por cm de espesor

* La resistencia de la mezcla puede ser superior a la indicada, dependiendo de las condiciones de aplicación y de la calidad de los materiales. El consumo puede variar entre 15 y 20 kg/m² por cm de espesor.



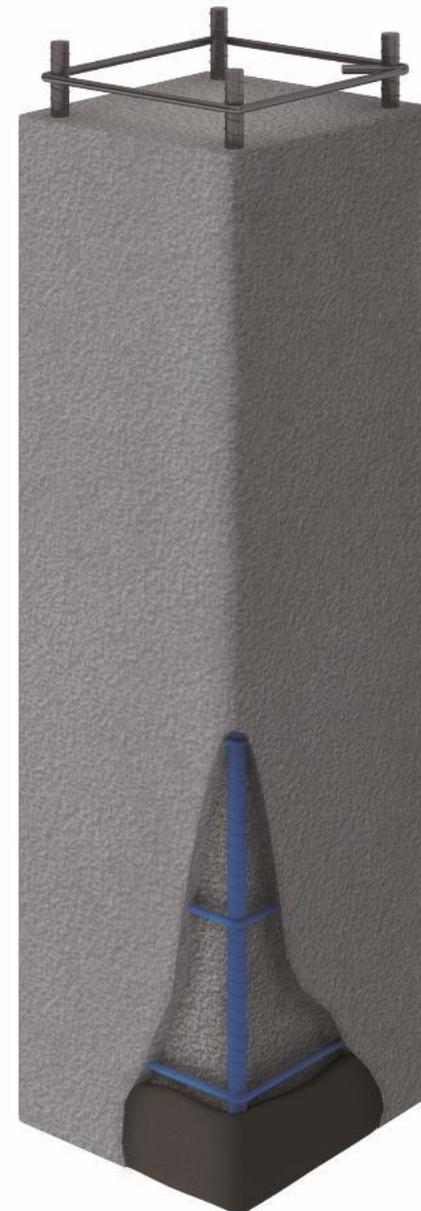
Planitop Rasa & Ripara R4



► Mortero cementoso, tixotrópico y estructural, de clase R4, fibrorreforzado, de fraguado rápido y retracción compensada, para la reparación y el enlucido del hormigón, aplicable en un espesor comprendido entre 3 y 40 mm, en una sola capa.
 CONSUMO: aprox. 17 kg/m² por cm de espesor.
 APLICACIÓN: espátula lisa o paleta.

Planitop Rasa & Ripara R4 Zero:

Versión Zero, aplicación manual, rápido, acabado fino, alta resistencia y clasificado además como protector del hormigón
Módulo elástico: 24GPa



MORTEROS FLUIDOS DE FRAGUADO NORMAL



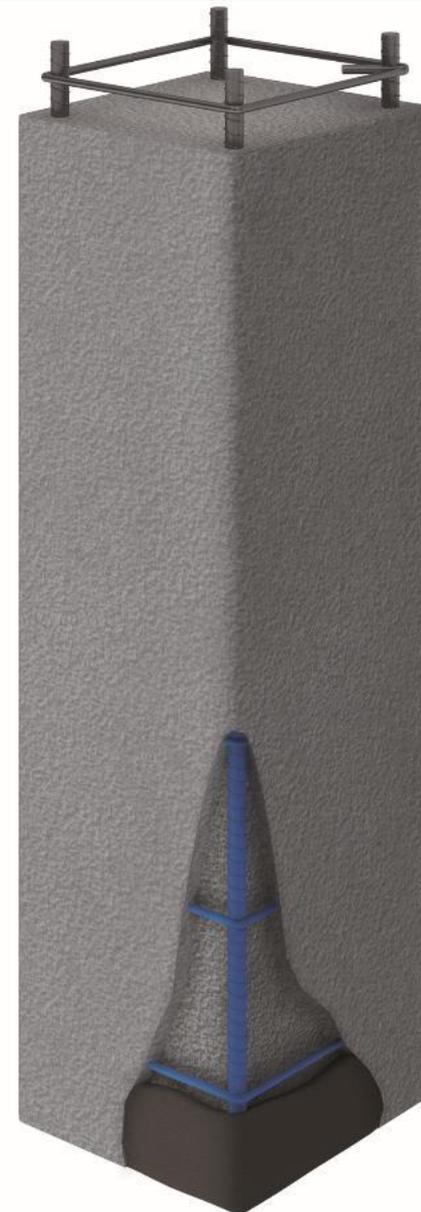
Mapegrout Colabile

► Mortero de retracción compensada, fibrorreforzado, para el saneamiento del hormigón.

CONSUMO: aprox. 21 kg/m² por cm de espesor.

APLICACIÓN: vertido en encofrado.

MORTEROS FLUIDOS DE FRAGUADO RÁPIDO



Características	Mapegrout Colabile	Mapegrout Colabile EF	Mapegrout Colabile TI 20
Clase a la que pertenece según la EN 1504-3	R4	R4	R4
Dimensión máxima del árido	2,5 mm	2,5 mm	2,5 mm
Relación de la mezcla	17% - 14% de agua	14% - 16% de agua	14% - 15% de agua
Densidad de la mezcla	2350 kg/m ³	2350 kg/m ³	2300 kg/m ³
Temperatura de aplicación permitida	de +5°C a +35°C	de +5°C a +35°C	de +5°C a +35°C
Duración de la mezcla	aprox. 1h	aprox. 1h	aprox. 1h
Resistencia a compresión	> 75 MPa a 28 días	> 65 MPa a 28 días	> 70 MPa a 28 días
Resistencia a flexión	12 MPa a 28 días	10 MPa a 28 días	> 16 MPa a 28 días
Módulo elástico a compresión	27 GPa a 28 días	27 GPa a 28 días	27 GPa a 28 días
Adherencia sobre el hormigón según la EN 1766	> 2 MPa a 28 días	> 2 MPa a 28 días	> 2 MPa a 28 días
Compatibilidad térmica a los ciclos de hielo-deshielo con sales de deshielo, medida como adherencia según la EN 1542	> 2 MPa	> 2 MPa	> 2 MPa
Espesor máximo por capa	40 mm	50 mm	50 mm
Consumo	aprox. 21 kg/m ² por cm de espesor	aprox. 21 kg/m ² por cm de espesor	aprox. 20 kg/m ² por cm de espesor

Mapegrout Colabile:
 Versión fluida R4 de altas prestaciones
Módulo elástico: 27GPa

Características	Mapegrout SF	Mapegrout SF Fiber
Clase a la que pertenece según la EN 1504-3	R4	R4
Dimensión máxima del árido	2,5 mm	2,5 mm
Relación de la mezcla	17% - 12% de agua	15,5% - 14,5% de agua
Densidad de la mezcla	2300 kg/m ³	2350 kg/m ³
Temperatura de aplicación permitida	de +5°C a +35°C	de +5°C a +35°C
Duración de la mezcla	de 15' a 1h	aprox. 20'
Resistencia a compresión	55 MPa a 28 días	70 MPa a 28 días
Resistencia a flexión	9 MPa a 28 días	20 MPa a 28 días
Módulo elástico a compresión	25 GPa a 28 días	29 GPa a 28 días
Adherencia sobre el hormigón según la EN 1766	> 2 MPa a 28 días	> 2 MPa a 28 días
Compatibilidad térmica a los ciclos de hielo-deshielo con sales de deshielo, medida como adherencia según la EN 1542	> 2 MPa	> 2 MPa
Espesor máximo por capa	50 mm	50 mm
Consumo	20 kg/m ² por cm de espesor	aprox. 20 kg/m ² por cm de espesor

Reparación y protección del hormigón en ambiente marino



Dixquímics

DISTRIBUCIÓ PER XARXA
DE PRODUCTES QUÍMICS, S.L.U.



Reparación, protección y refuerzo de estructuras

Reparación estructural



Hormigón afectado por corrosión inducida por carbonatación y cloruros



Recrecidos con mortero fluido Mapegrout Colabile y ánodos Mapeshield I



Protección del hormigón con Mapelastic

5.- Tratamiento de fisuras:

Las fisuras son puntos críticos que han de tratarse de forma adecuada y para esto es necesario tener perfectamente definidas su causa y su tipología (origen, fisura o grieta, estática o dinámica):

Fisuras estructurales

Relleno por vertido con resina epoxi Epojet o Eporip, o con lechada Stabilcem, etc.



Inyección con resina epoxi Epojet o Epojet LV, o con lechada cementosa Stabilcem



Fisuras no estructurales dinámicas

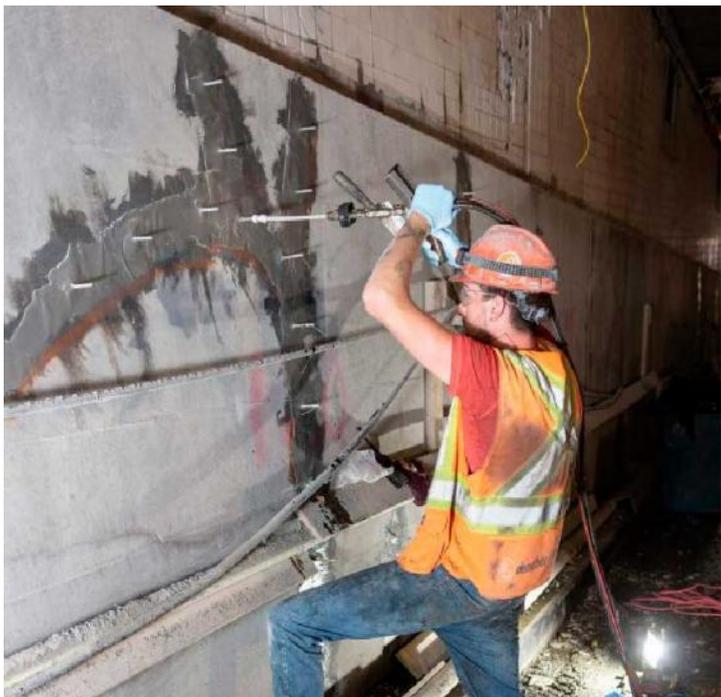
Sellado superficial con masilla elástica de poliuretano Mapeflex PU 45 FT, etc.



Membrana impermeable elástica armada con malla o velo de fibra de vidrio



5.- Tratamiento de fisuras: ¿Qué objetivo pretendemos con el tratamiento de la estructura?



Devolver monolitismo (estructural)

En cimentaciones o donde queramos evitar movimientos indeseables de elementos fijados, optaremos por inyectar con productos que devuelvan el monolitismo (estado inicial reforzado antes de fisura) y rigidicen el elemento.

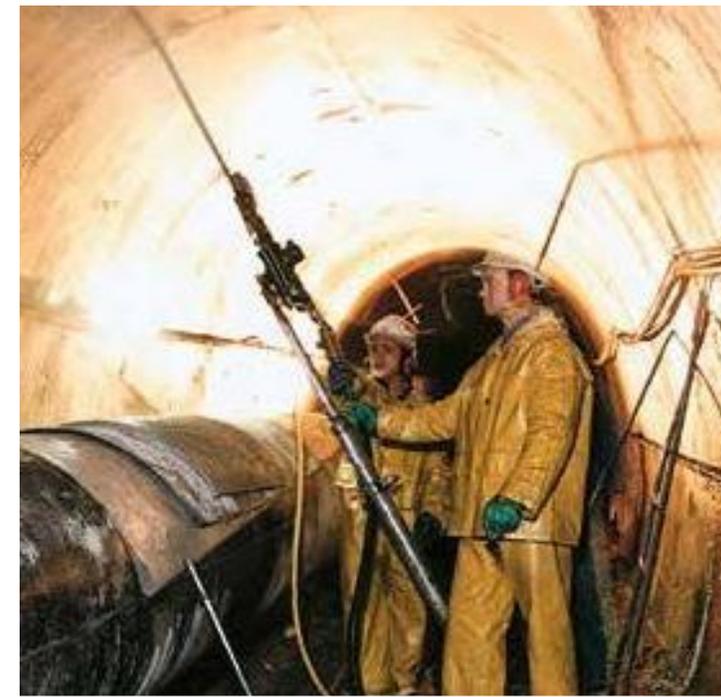
- Epojet, Epojet LV, Stabilcem



Impermeabilizar y/o proteger

En fisuras dinámicas no estructurales optaremos por inyectar con productos deformable que aseguren la estanqueidad. De forma alternativa podremos tratarlas como juntas y sellarlas con masillas o bandas.

- Mapeflex PU 45 FT, Mapeband TPE



Obturar o taponar vías de agua

En fisuras por donde se esté filtrando agua y pretendamos obturarla, optaremos por inyectar con resinas acuarreactivas (galerías, presas, fosos de ascensor, tuberías, en general estructuras enterradas).

- Resfoam 1KM, 1KM FLEX, IT

A close-up photograph of a construction worker wearing a yellow glove and a blue sleeve, using a trowel to apply a grey repair material into a rectangular hole in a concrete wall. The surrounding concrete is weathered and stained.

REPARACIÓN NO ESTRUCTURAL (COSMÉTICA)

Reparación, protección y refuerzo de estructuras

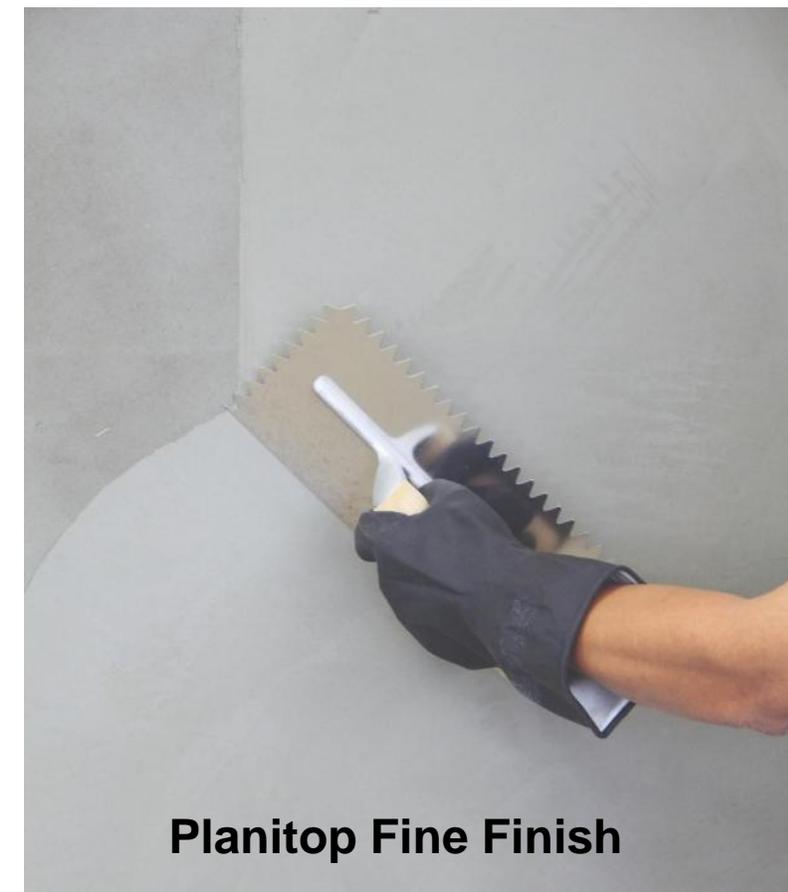
Reparación no estructural o cosmética



6.- Reparación no estructural:

Los elementos de hormigón no estructurales (donde no haya armadura) podrán repararse con morteros de enlucido o parcheo para reparaciones no estructurales tipo R2 o R1:

Características	MORTEROS PARA EL ENLUCIDO DEL HORMIGÓN												
	Planitop 100	Planitop 200	Planitop 207	Planitop 210	Planitop 217	Planitop 530	Planitop 540	Planitop Fast 330	Planitop Fine Finish	Monofinish	Mapefinish	Planitop Rasa & Ripara	Planitop Rasa & Ripara R4
Principios de certificación según la EN 1504-2	MC e IR	MC e IR	MC e IR	MC e IR	MC e IR	MC e IR	MC e IR	MC e IR	MC e IR	MC e IR	MC e IR	MC e IR	MC e IR
Dimensión máxima del árido	0,2 mm	0,4 mm	0,7 mm	0,4 mm	1 mm	0,4 mm	0,4 mm	1 mm	0,2 mm	0,4 mm	0,4 mm	0,4 mm	0,4 mm
Relación de la mezcla	26% - 27% de agua	20% - 23% de agua	17% - 19% de agua	21% - 24% de agua	19% - 22% de agua	24% - 27% de agua	24% - 26% de agua	18% - 20% de agua	40% - 42% de agua	18% - 19% de agua	Comp. A : Comp. B 4 : 1	17% - 19% de agua	16,5% - 17,5% de agua
Densidad de la mezcla	1650 kg/m ³	1600 kg/m ³	1800 kg/m ³	1740 kg/m ³	1650 kg/m ³	1600 kg/m ³	1600 kg/m ³	1750 kg/m ³	1600 kg/m ³	1700 kg/m ³	1800 kg/m ³	1800 kg/m ³	2000 kg/m ³
Temperatura de aplicación permitida	de +5°C a +35°C	de +5°C a +35°C	de +5°C a +35°C	de +5°C a +35°C	de +5°C a +35°C	de +5°C a +35°C	de +5°C a +35°C	de +5°C a +35°C	de +5°C a +35°C	de +5°C a +35°C	de +5°C a +35°C	de +5°C a +35°C	de +5°C a +35°C
Duración de la mezcla	20' - 30'	aprox. 1:30 h	aprox. 1 h	aprox. 1 h	aprox. 1 h	aprox. 1 h	aprox. 1 h	aprox. 20'	aprox. 45'	aprox. 1 h	aprox. 1 h	aprox. 15' (*)	aprox. 15' (*)
Resistencia a compresión	> 15 MPa a 28 días	> 20 MPa a 28 días	> 25 MPa a 28 días	> 16 MPa a 28 días	> 16 MPa a 28 días	> 6 MPa a 28 días	15 MPa a 28 días	> 20 MPa a 28 días	12 MPa a 28 días	25 MPa a 28 días	> 35 MPa a 28 días	≥ 18 MPa a 28 días	52 MPa a 28 días
Resistencia a flexión	> 5 MPa a 28 días	> 5 MPa a 28 días	-	> 4 MPa a 28 días	> 4 MPa a 28 días	-	-	-	3,5 MPa a 28 días	6,5 MPa a 28 días	> 10 MPa a 28 días	≥ 4 MPa a 28 días	8 MPa a 28 días
Adherencia sobre el hormigón según la EN 1766	≥ 2 MPa a 28 días	≥ 2 MPa a 28 días	> 2 MPa a 28 días	≥ 1 MPa a 28 días	≥ 1 MPa a 28 días	> 1 MPa a 28 días	> 1 MPa a 28 días	≥ 2 MPa a 28 días	≥ 1 MPa a 28 días	≥ 2 MPa a 28 días	≥ 2 MPa a 28 días	≥ 1,5 MPa a 28 días	≥ 2 MPa a 28 días
Compatibilidad térmica a los ciclos de hielo-deshielo con sales de deshielo, medida como adherencia según la EN 1542	≥ 2 MPa	≥ 1 MPa	-	≥ 1 MPa	≥ 1 MPa	-	-	-	≥ 1 MPa	≥ 2 MPa	≥ 2 MPa	≥ 1,5 MPa	≥ 2 MPa
Espesores de aplicación	de 1 a 3 mm	de 1 a 3 mm	de 1 a 3 mm	de 1 a 3 mm	de 1 a 3 mm	de 1 a 3 mm	de 1 a 3 mm	de 3 a 30 mm	hasta 3 mm	de 1 a 3 mm	de 1 a 3 mm	de 3 a 40 mm	de 3 a 40 mm
Consumo	1,3 kg/m ² por mm de espesor	aprox. 1,3 kg/m ² por mm de espesor	aprox. 1,5 kg/m ² por mm de espesor	aprox. 1,3 kg/m ² por mm de espesor	aprox. 1,3 kg/m ² por mm de espesor	aprox. 1,25 kg/m ² por mm de espesor	aprox. 1,2 kg/m ² por mm de espesor	1,45 kg/m ² por mm de espesor	aprox. 1,2 kg/m ² por mm de espesor	1,4 kg/m ² por mm de espesor	1,8 kg/m ² por mm de espesor	aprox. 1,5 kg/m ² por mm de espesor	aprox. 1,7 kg/m ² por mm de espesor



(*) La duración de la mezcla puede prolongarse de 15 a 20 min. mediante la adición de un frasco de 0,25 kg de **Mapetard ES** (aditivo retardante) por cada saco de 25 kg de **Planitop Rasa & Ripara** o **Planitop Rasa & Ripara R4**.

PROTECCIÓN DEL HORMIGÓN FRENTE A AGENTES AMBIENTALES



8.- Protección del hormigón frente a agentes ambientales: objetivo

Nuestro objetivo será mantener el hormigón lo más “aislado” posible de:

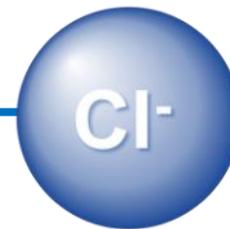
- **Agua:** provoca fenómenos de corrosión, roturas debidas a ciclos hielo-deshielo, erosión, dilución (lavado de finos), etc.



- **CO₂:** Presente mayormente en núcleos urbanos e industriales, favorece procesos de corrosión inducida por carbonatación.



- **Cloruros:** Presentes en zonas marinas e industriales, actúan como catalizadores de la reacción de corrosión.



- **Agentes químicos:** Altamente perjudiciales para el medio en caso de vertido y para el hormigón por lavar la pasta conglomerante.



8.- Protección del hormigón frente a agentes ambientales: métodos de protección

La norma EN 1504-9: Principios y métodos para la reparación y protección

Principio 1: métodos para protección del hormigón frente a la penetración.

- **1.1 Impregnación hidrofugante**
- **1.2 Impregnación**
- **1.3 Revestimiento superficial con o sin capacidad de puenteo de fisuras**
- 1.4 Fisuras con vendaje local
- 1.5 Relleno de fisuras
- 1.6 Convertir fisuras en juntas
- 1.7 Levantamiento de paneles exteriores
- 1.8 Aplicación de membranas preformadas



En el Capítulo 2; **EN 1504-2 “Sistemas de Protección superficial del hormigón”** se clasifican los distintos sistemas de protección como:

- **Hidrofugantes**
- **Impregnaciones**
- **Revestimientos**

8.- Protección del hormigón frente a agentes ambientales: revestimientos superficiales



8.- Protección del hormigón frente a agentes ambientales: revestimientos superficiales

Pinturas y membranas impermeables y anticarbonatación:

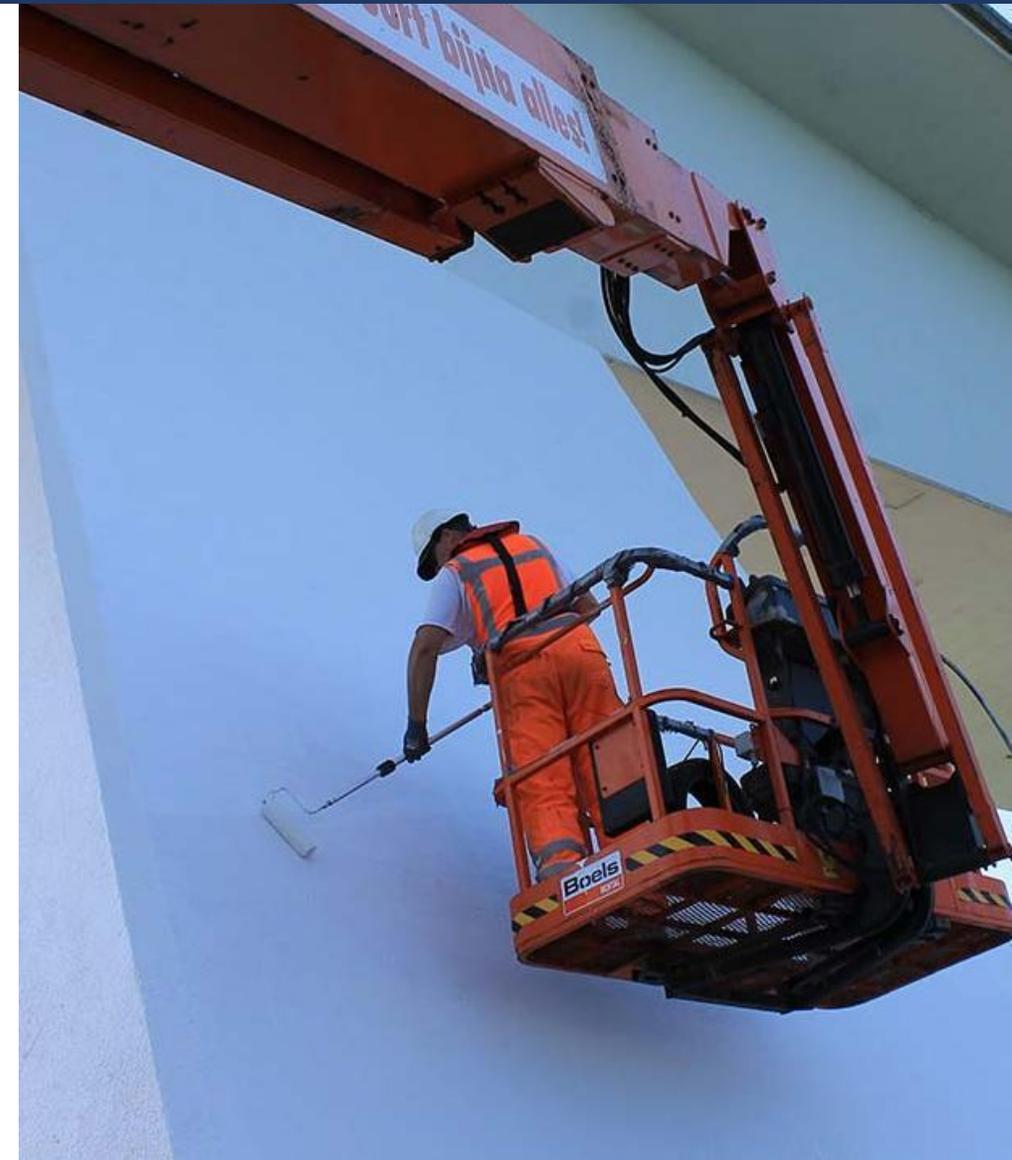
Para estructuras donde el frente de carbonatación no ha llegado a las armaduras y el contenido de cloruros es bajo. En caso contrario, además del revestimiento, se debería aplicar previamente protección catódica, etc., o incluso reducir el contenido de cloruros.

¿De qué depende la capacidad de protección del revestimiento?

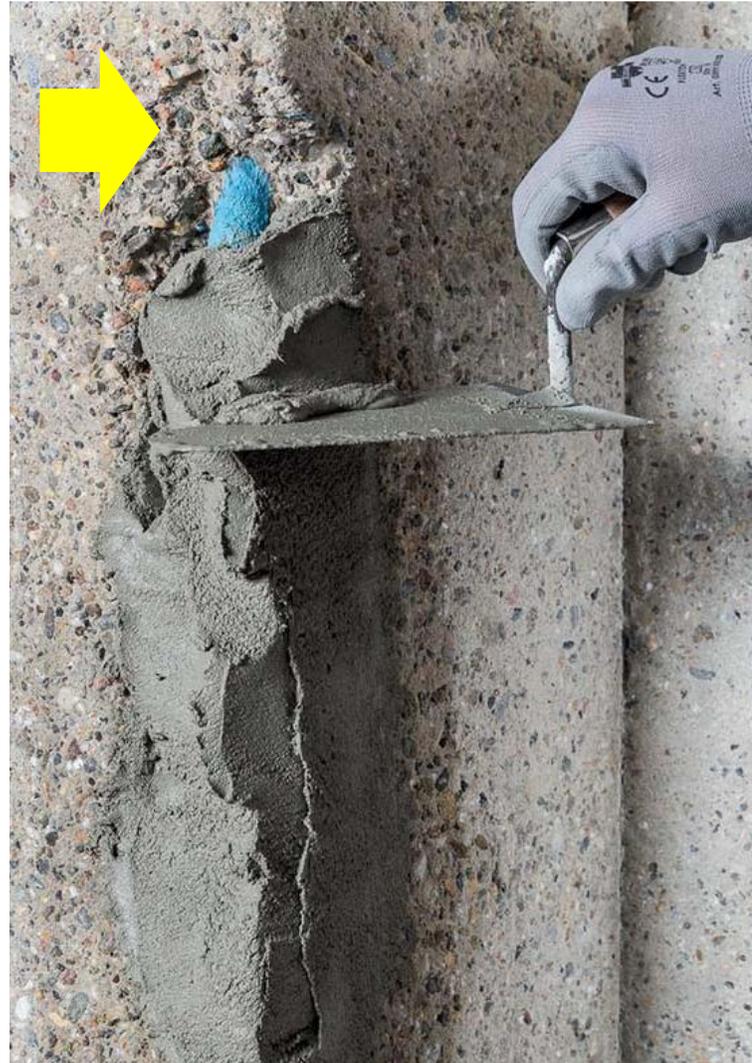
- Naturaleza y calidad del material (coeficiente de permeabilidad μ).
- Espesor de película seca aplicado (S).

Para proteger frente a los agentes ambientales aplicaremos criterios de permeabilidad frente al CO_2 y al vapor de agua:

- Baja permeabilidad al CO_2 (elevada μ_{CO_2}).
- Baja o alta permeabilidad al vapor de agua ($\mu_{\text{H}_2\text{O}}$) dependiendo del uso.



8.- Protección del hormigón frente a agentes ambientales: revestimientos superficiales



Es muy importante proteger toda la estructura después de reparar para proteger las armaduras del efecto de ánodo incipiente.

8.- Protección del hormigón frente a agentes ambientales: revestimientos superficiales



Coeficiente de permeabilidad (μ): dificultad de un gas para fluir a través de un determinado espesor de recubrimiento comparada con la del aire ($\mu_{\text{aire}} = 1$).

- Es una propiedad de cada material y se ensaya para cada tipo de gas (μ_{CO_2} , $\mu_{\text{H}_2\text{O}}$, etc.). Permite comparar distintos materiales para un mismo espesor.
- Para un mismo espesor de película, a mayor μ , menor paso del gas.



Espesor de aire equivalente (S_d): dificultad de un gas de una determinada μ para fluir a través de un determinado espesor de recubrimiento. Permite comparar soluciones de membranas o revestimientos de protección que van asociadas a un espesor de película.

$$S_d = \mu * s$$

- μ : coeficiente de permeabilidad
- s : espesor de película seca del recubrimiento (depende de la densidad y del consumo)

8.- Protección del hormigón frente a agentes ambientales: revestimientos superficiales

EN 1504 – 2: Requerimientos para los revestimientos de protección del hormigón

Características	Ensayos	Requerimientos (Espesor de aire equivalente)
Coeficiente permeabilidad al CO ₂	EN 1062-6	Sd _{CO2} > 50 m
Coeficiente de permeabilidad al vapor de agua	EN ISO 7783-1	Clase I: Sd _{H2O} < 5 m (permeable al vapor de agua)
	EN ISO 7783-2	Clase II: 5 m ≤ Sd _{H2O} ≤ 50 m
		Clase III: Sd _{H2O} > 50 m (impermeable al vapor de agua)

Coeficiente de permeabilidad al CO₂: nos interesaran valores elevados (anticarbonatación).

Coeficiente de permeabilidad al vapor de agua: depende...

- Membranas con elevada permeabilidad al vapor de agua favorecen la penetración de agua y de otras moléculas perjudiciales como los cloruros (fenómeno de corrosión).
- Membranas con muy reducida permeabilidad al vapor de agua pueden generar condensaciones, encapsular cloruros presentes en el hormigón y presentar pérdida de adherencia cuando haya presión indirecta.



8.- Protección del hormigón frente a agentes ambientales: revestimientos superficiales

Pintura anticarbonatación Elastocolor Pittura SP

Revestimiento en capa fina a modo de pintura (<1mm) con amplia gama de colores.

El espesor de aire equivalente para el CO₂ para 150µm

$$Sd_{CO_2} = \mu_{CO_2} \cdot S$$

Siendo:

μ_{CO_2} : Coeficiente de difusión al CO₂

S: espesor de película seca en metros

Sd_{CO_2} : Espesor de aire equivalente

$$Sd_{CO_2} = 2.238.501 \cdot 0,00015 = \underline{\underline{335,77 \text{ metros}}} \quad (Sd_{CO_2} > 50m)$$



8.- Protección del hormigón frente a agentes ambientales: revestimientos superficiales

Membranas cementosas elásticas (2mm) Mapelastic / Mapelastic Guard / Mapelastic Smart

Revestimientos en capa gruesa (>2mm) en color gris o gris claro. Bicomponentes de elevada protección frente a carbonatación y entrada de cloruros, y elevada durabilidad.

El espesor de aire equivalente para el CO₂ para 2mm

$$Sd_{CO_2} = \mu_{CO_2} \cdot S$$

Siendo:

μ_{CO_2} : Coeficiente de difusión al CO₂

S: espesor de película seca en metros

Sd_{CO_2} : Espesor de aire equivalente

Mapelastic / Mapelastic Guard:

$Sd_{CO_2} = 200.000$ (aprox.) $\cdot 0,002 =$ **400 metros** ($Sd_{CO_2} > 50m$)

Mapelastic Smart:

$Sd_{CO_2} = 400.000$ (aprox.) $\cdot 0,002 =$ **800 metros** ($Sd_{CO_2} > 50m$)



8.- Protección del hormigón frente a agentes ambientales: revestimientos superficiales

Protección del hormigón mediante revestimientos: $Sd_{CO_2} = \mu_{CO_2} \cdot S$

Parámetro	Revoco de cemento	Hormigón de buena calidad	Pintura anticarbonatación Elastocolor Pittura SP	Membrana cementosa elástica Mapelastic / Guard	Membrana cementosa elástica Mapelastic Smart
μ_{CO_2}	64	400	2.238.501	200.000	400.000
Para conseguir un Sd_{CO_2} aire de 50m					
S (espesor)	78cm	12,5cm	22,33 μm	0,25 mm	0,125 mm
S según ficha			150 μm	2 mm	2 mm
Sd_{CO_2} aire > 50m			335,77 m	400 m	800 m
μ_{H_2O}			3.830	1.160	
$Sd_{H_2O} < 5m$			0,8 m	2,1 m	< 5 m

En cuanto a protección frente a la carbonatación:

Elastocolor Pittura SP: 22,33 μm equivalen a 12,5cm, por tanto, **150 μm equivalen a 83,9cm de recubrimiento de hormigón**

Mapelastic / Guard: 0,25 mm equivalen a 12,5cm, por tanto, **2 mm equivalen unos 100 cm de recubrimiento de hormigón**

Mapelastic Smart: 0,125 mm equivalen a 12,5cm, por tanto, **2 mm equivalen unos 200 cm de recubrimiento de hormigón**

Reparación, protección y refuerzo de estructuras

Protección del hormigón frente a los agentes ambientales



8.- Protección del hormigón con Mapelastic Smart: Puente Quinto Centenario (Sevilla)



Mapelastic Smart:
2 mm equivalen unos 200 cm de recubrimiento de hormigón como protección frente a la carbonatación

Reparación, protección y refuerzo de estructuras

Protección del hormigón frente a los agentes ambientales



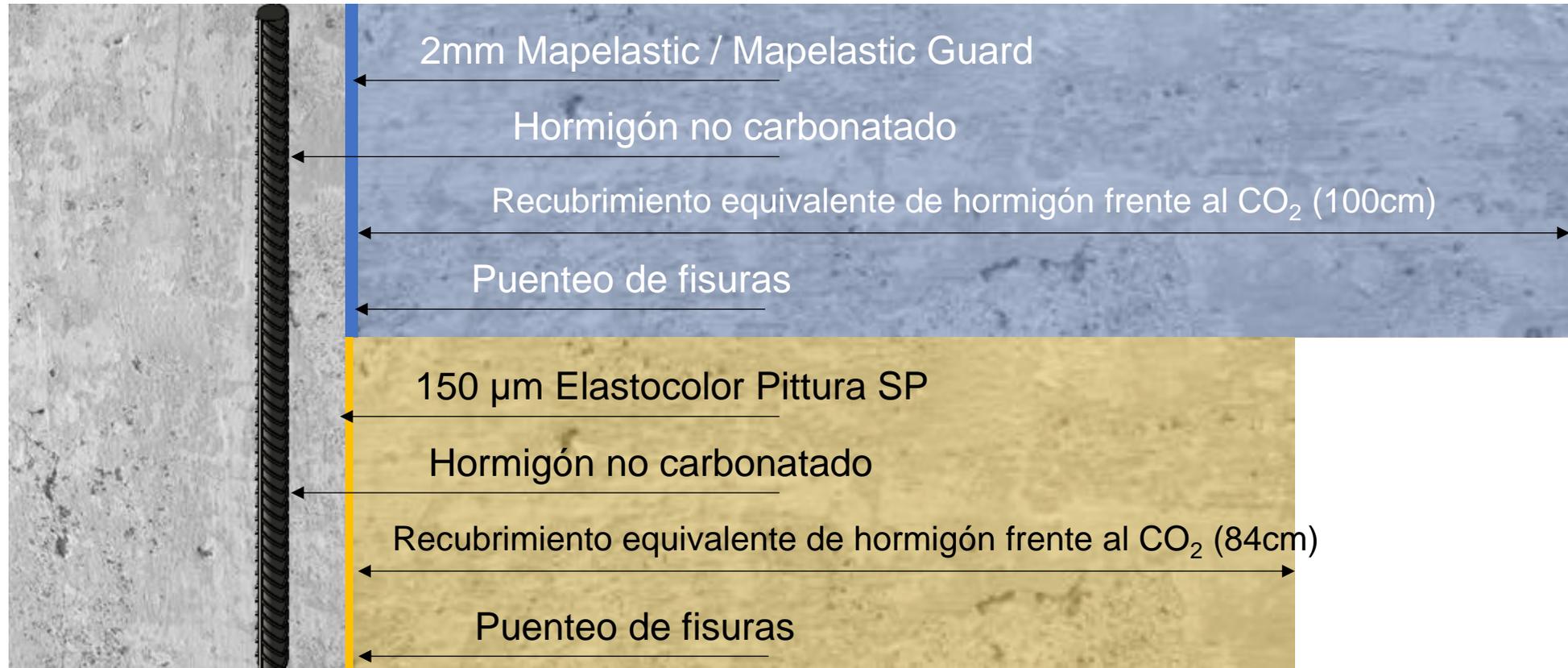
8.- Protección del hormigón frente a agentes ambientales: revestimientos superficiales

Parámetro	Hormigón de buena calidad	Pintura anticarbonatación Elastocolor Pittura	Pintura anticarbonatación Elastocolor Pittura SP	Membrana cementosa elástica Mapelastic / Guard	Membrana de poliuretano Purtop Easy DW	Membrana de poliurea Purtop 1000 N	Revestimiento epoxi Mapecoat EPN 24
μ_{CO_2}	400	1.272.581	2.238.501	200.000	234.000	101.500	221.153
S (espesor) para conseguir Sd_{CO_2} de 50m	12,5cm	39,29 μm	22,33 μm	0,25 mm	0,21 mm	0,49 mm	0,22 mm
S según ficha		250 μm	150 μm	2 mm	2 mm	2 mm	0,52 mm
$Sd_{CO_2, \text{aire} > 50\text{m}}$		318,14 m	335,77 m	400 m	468 m	203 m	115 m

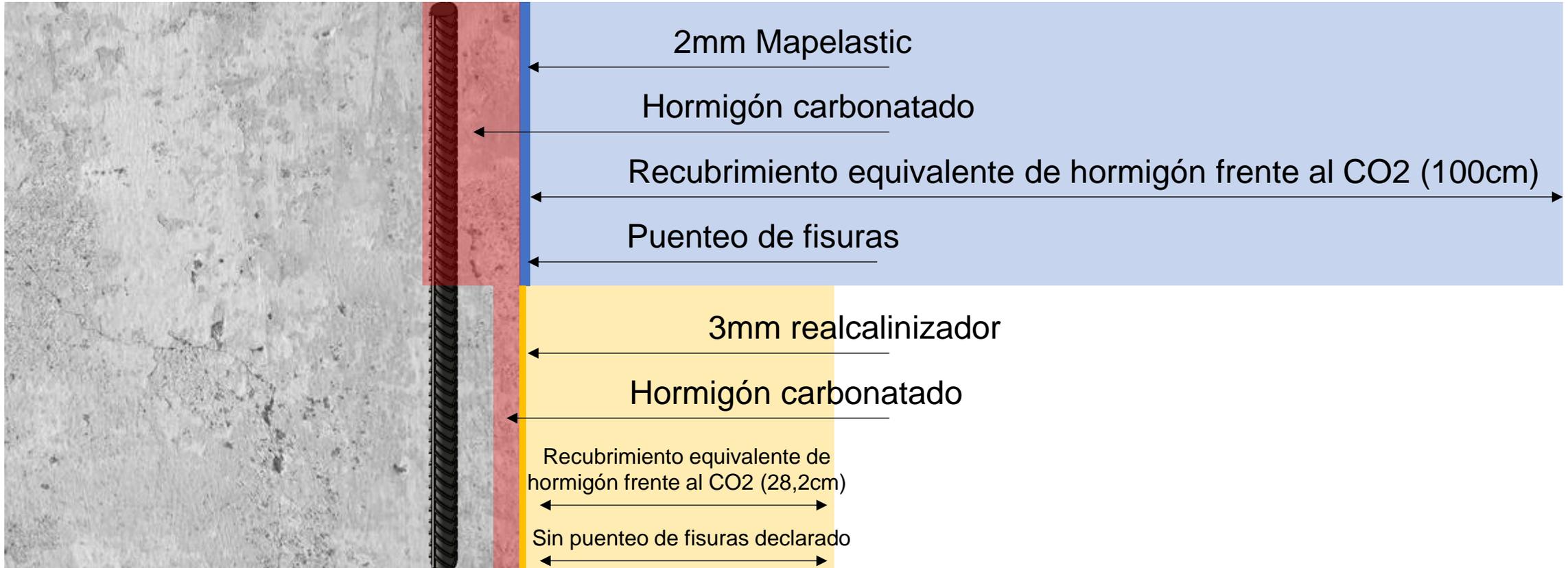
Equivalencia entre aplicación de distintas protecciones frente a carbonatación y cm de recubrimiento de hormigón estándar de buena calidad

Elastocolor Pittura $318,14 = \mu_{CO_2} * 0,00025$ $\mu_{CO_2} = 1.272.581$	Elastocolor Pittura SP $335,77 = \mu_{CO_2} * 0,00015$ $\mu_{CO_2} = 2.238.501$	Mapelastic / Guard $400 = \mu_{CO_2} * 0,002$ $\mu_{CO_2} = 200.000$	Purtop Easy DW $468 = \mu_{CO_2} * 0,002$ $\mu_{CO_2} = 234.000$	Purtop 1000 N $203 = \mu_{CO_2} * 0,002$ $\mu_{CO_2} = 101.500$	Mapecoat EPN 24 $115 = \mu_{CO_2} * 0,00052$ $\mu_{CO_2} = 221.150$
39,29 μm de Elastocolor Pittura equivalen a 12,5 cm, por tanto, 250 μm equivalen a 79,5 cm de recubrimiento de hormigón	22,33 μm de Elastocolor Pittura SP equivalen a 12,5 cm, por tanto, 150 μm equivalen a ≈ 83,9 cm de recubrimiento de hormigón	0,25 mm de Mapelastic / Guard equivalen a 12,5 cm, por tanto, 2 mm equivalen a ≈ 100 cm de recubrimiento de hormigón	0,21 mm de Purtop Easy DW equivalen a 12,5 cm, por tanto, 2 mm equivalen a ≈ 119 cm de recubrimiento de hormigón	0,49 mm de Purtop 1000 N equivalen a 12,5 cm, por tanto, 2 mm equivalen a ≈ 51 cm de recubrimiento de hormigón	0,22 mm de Mapecoat EPN 24 equivalen a 12,5 cm, por tanto, 0,52 mm equivalen a ≈ 29 cm de recubrimiento de hormigón

8.- Protección del hormigón frente a agentes ambientales: revestimientos superficiales



8.- Protección del hormigón frente a agentes ambientales: revestimientos superficiales



8.- Protección del hormigón frente a agentes ambientales: hidrofugantes

Líquidos transparentes que se aplican sobre la superficie de hormigón y que penetran para ejercer una protección sin crear capa (no alteran la superficie sobre la que se aplican). Generalmente se usan para proteger hormigones vistos donde prime mantener el acabado estético.

Aumentan la tensión superficial del hormigón reduciendo la absorción de agua y manteniendo la permeabilidad al vapor de agua (recubren el poro sin rellenarlo).

No sirven para impermeabilizar frente a presión de agua.

- **Antipluviol:** Impregnación en solución acuosa, muy penetrante y fácil de aplicar, con efecto gota
- **Antipluviol W:** Innovador sistema al agua, con buena penetración, alta durabilidad y buen efecto gota
- **Antipluviol S:** Sistema de altas prestaciones, con disolvente, muy penetrante, de gran durabilidad y efecto gota óptimo, especialmente indicado para soportes de baja porosidad



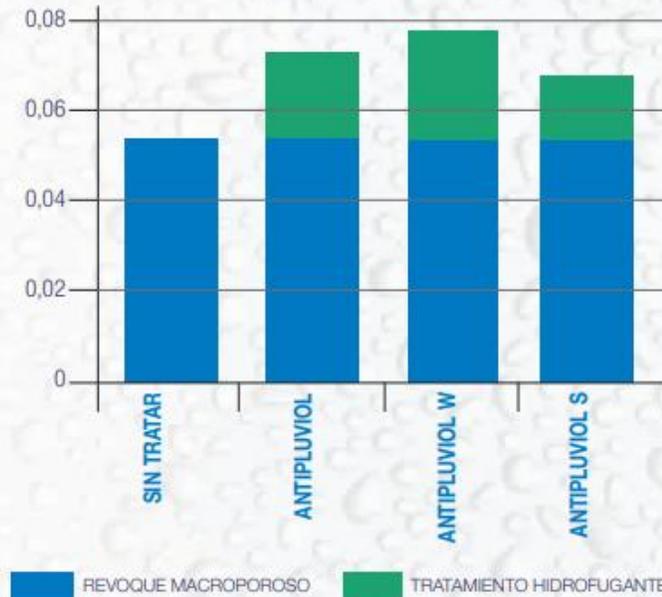
8.- Protección del hormigón frente a agentes ambientales: hidrofugantes

Permeabilidad al vapor de agua

La permeabilidad al vapor de agua se expresa como espesor equivalente (s_D) indicado en metros. El gráfico muestra valores inferiores a 0.14 m, que se clasifican como clase I, correspondientes a una alta transpirabilidad, conforme a la normativa UNI EN ISO 7783-2.

PERMEABILIDAD AL VAPOR DE AGUA

Espesor equivalente s_D (m)



PERMEABILIDAD AL VAPOR DE AGUA SOBRE UN REVOQUE MACROPOROSO

Espesor equivalente s_D (m)

Sin tratar	0.052
Antipluviol	0.072
Antipluviol W	0.078
Antipluviol S	0.068

8.- Protección del hormigón frente a agentes ambientales: protección catódica



Compuesto por 99% de zinc puro con un núcleo multicapa de gran superficie.
Recubierto con una pasta conductora especial que mantiene el sistema activo a lo largo de los años.
Cumpliendo con lo prescrito por la norma EN ISO 12696



Compuesto por una placa de zinc puro al 99,9% de 250 μm de espesor, acoplada a un gel adhesivo que también es un excelente indicador iónico.
La corriente generada provoca un aumento del nivel de pH (realcalinización del hormigón).
Cumpliendo con lo prescrito en la norma EN ISO 12696



Método 100% efectivo indistintamente del ambiente (cloruros)
Realcaliniza el hormigón y es capa de expulsar cloruros de la zona de armadura



MAPESHIELD SOFTWARE DESIGN

- El software es online y gratuito, requiere registrarse en el área myMapei.
- El equipo de Asistencia Técnica y de especialistas de MAPEI está disponible para cualquier soporte técnico necesario.

Mapeshield Software Design

Software desarrollado por MAPEI para dimensionar **sistemas de protección catódica galvánica** utilizando ánodos internos y externos.

Características principales:

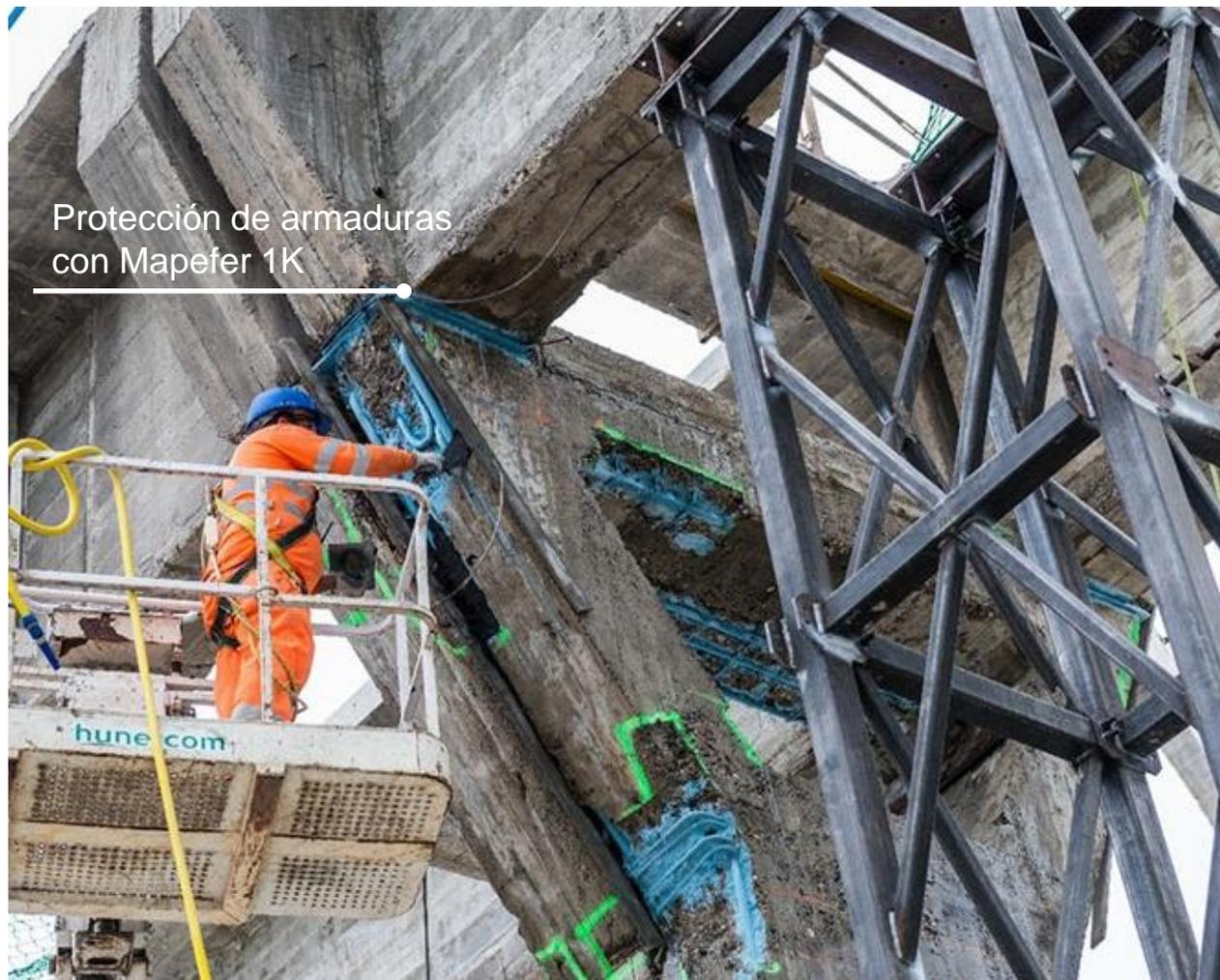
- La interfaz gráfica completa y fácil de usar permite ingresar datos rápidamente y calcular los resultados de manera inmediata.
- Una vez procesados los datos, se genera un informe final que resume la descripción del sistema, todos los parámetros insertados para su diseño y los resultados del cálculo.

Nave Industrial Intelhorce (Centro Logístico MAYORAL): La Catedral Industrial de Málaga



Reparación, protección y refuerzo de estructuras

Nave Industrial Intelhorce (Centro Logístico MAYORAL): La Catedral Industrial de Málaga



Protección de armaduras con Mapefer 1K



Mortero de reparación estructural tixotrópico rápido Mapegrout SV T

Mortero de reparación estructural tixotrópico Mapegrout Easy Flow



Pavimento final de hormigón de retracción compensada y reducción de juntas mediante sistema Mapecrete System; complementando el hormigón con agente de expansión controlada Expancrete, aditivo reductor de la retracción Mapecure SRA 25 (reducción de fisuras por retracción higrométrica hasta en un 50%), y aditivos plastificantes Dynamon Floor 3 y Mapefluid AC 40.





Reparación, protección y refuerzo de estructuras

Puente de Rande



REFUERZO DE ESTRUCTURAS



¿En qué casos es necesario reforzar las estructuras?

- **Degradación de los materiales:** corrosión, hormigón dañado, degradación de la albañilería, etc.
- **Cambio de uso previsto:** incremento de cargas, etc.
- **Aumentar coeficientes de seguridad.**
- **Acciones accidentales:** fuego, sismo, impactos, etc.
- **Fallos de diseño y/o puesta en obra.**

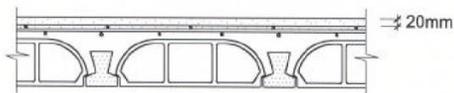
¿Qué conseguimos mediante la correcta reparación y refuerzo de una estructura?

- **Alargamos la vida útil de la estructura:** Tanto con el mismo uso como con uno nuevo.
- **Reducimos su impacto ambiental:** Reutilizando edificaciones ya existentes y evitando la demolición y construcción de nuevas estructuras.
- **Rehabilitamos y conservamos el patrimonio.**

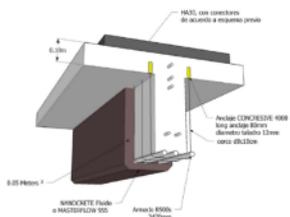


Refuerzos estructurales tradicionales:

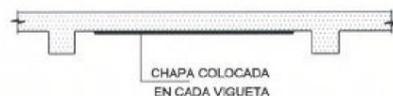
Capas de compresión



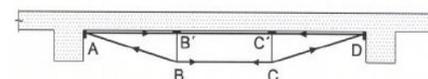
Recrecido de nervios entre pilares



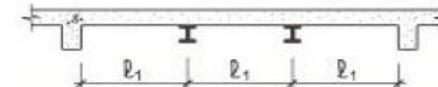
Adhesión de platabandas metálicas



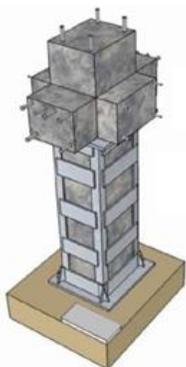
Pretensado



Perfilería metálica



Zunchado metálico empesillado / continuo



Encamisado con hormigón o mortero



Ventajas:

- Algunas de estas técnicas permiten gran capacidad de refuerzo y en ocasiones son la única solución para sustituir la capacidad total del elemento.

Inconvenientes:

- Elevados tiempos de ejecución y puesta en servicio.
- Disminución de la superficie y/o altura libre.
- Susceptibles de deterioro (corrosión).



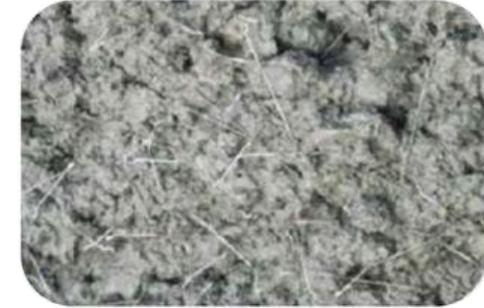
Refuerzo de estructuras de hormigón



Refuerzo de estructuras de albañilería



Refuerzo de estructuras de madera



Refuerzo con morteros de altísima resistencia HPC



FRP SYSTEM

Sistemas de refuerzo con fibra de carbono



FRG SYSTEM

Sistemas de refuerzo con geopolímero



HPC SYSTEM

Sistemas de refuerzo con mortero de alta resistencia reforzados con fibras



EQ SYSTEM

Sistemas de refuerzo para elementos no estructurales en zonas de sismo

Refuerzo estructural del Hormigón

FRP SYSTEM

Sistemas de refuerzo con fibra de carbono



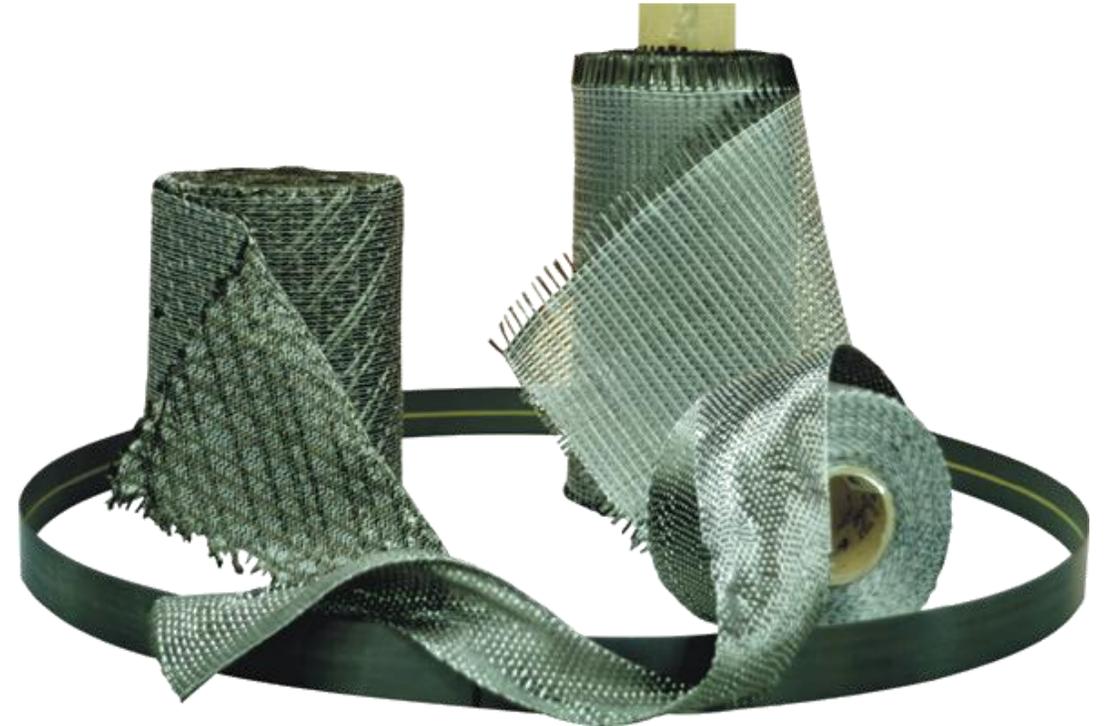
HPC SYSTEM

Sistemas de refuerzo con mortero de alta resistencia reforzados con fibras



Refuerzo estructural del Hormigón

Sistemas de refuerzo FRP con fibra de carbono



Los compuestos FRP con fibra de carbono permiten reforzar:

1. Viguetas y losas macizas a flexión
2. Vigas a flexión y cortante
3. Pilas y pilares a confinamiento y flexocompresión
4. Nudos viga-pilar

Tipos de refuerzos con fibra de carbono:

1. Laminados
2. Tejidos
3. Conectores
4. Mallas



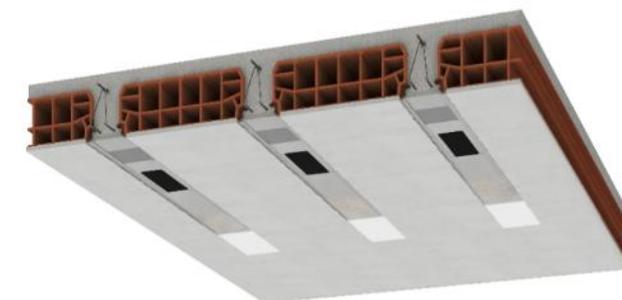
Carboplate:

Laminados de fibra de carbono embebidos en matriz epoxi que se adhieren con adhesivos epoxi, para refuerzos de flexión en vigas y viguetas.

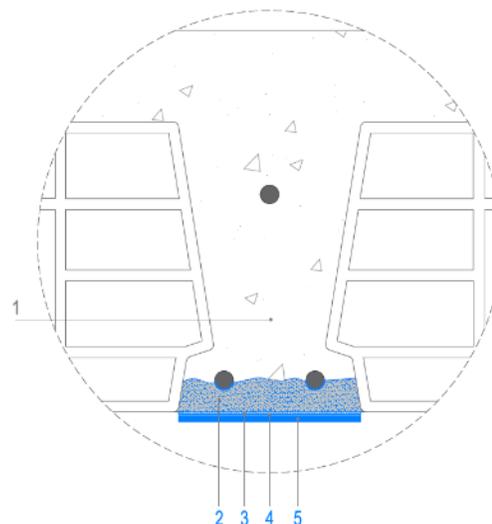
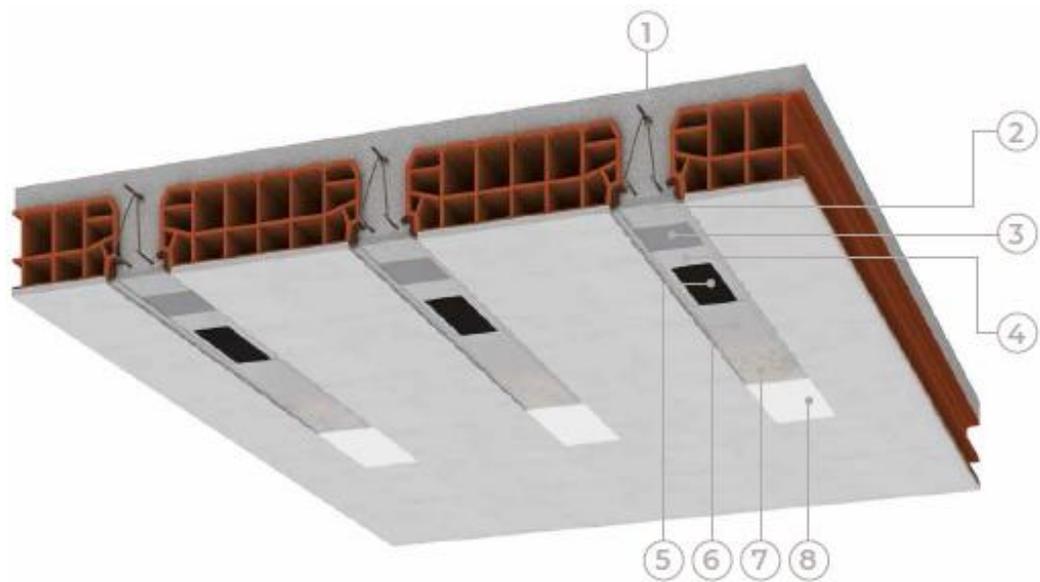
LAMINADOS Carboplate	E 170 W		E 200* W		E 250* W	
Módulo de elasticidad medio	170 GPa		200 GPa		250 GPa	
Ancho (mm)	50	80	100	120	150	
Espesor (mm)	1,2	1,4	1,2	1,4	1,4	1,4

*No estándar, bajo pedido

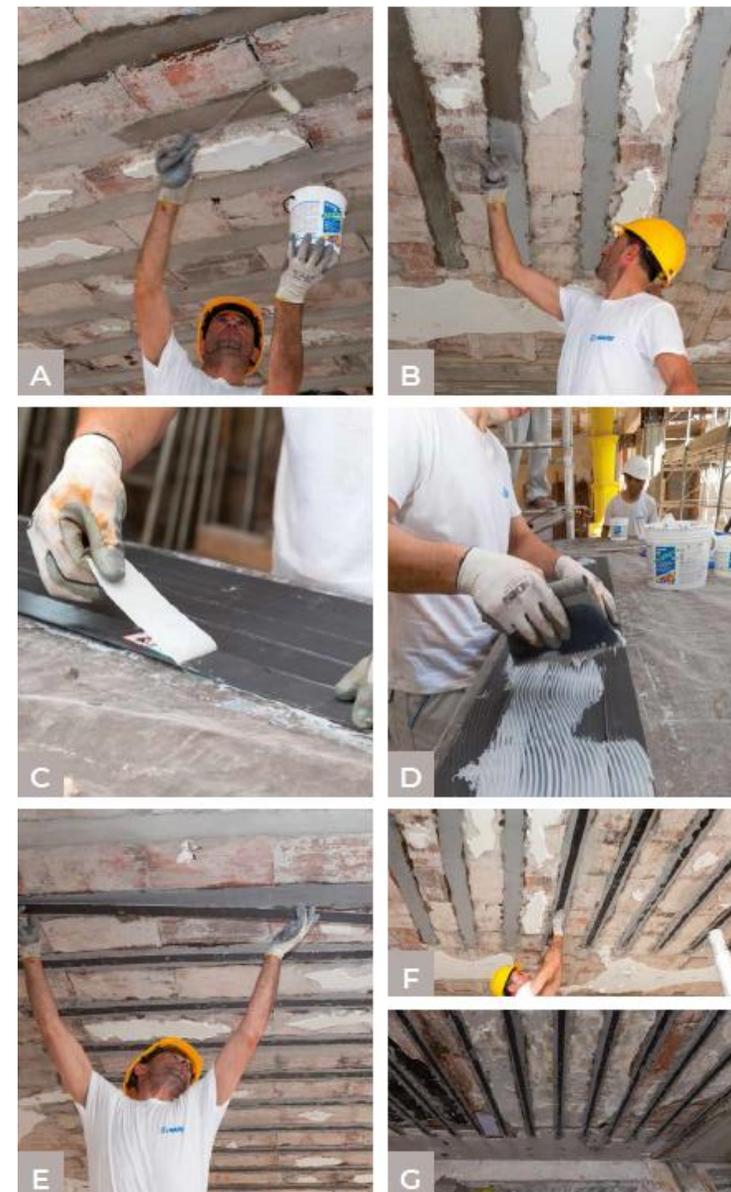
ADHESIVOS	Adesilex PG1	Adesilex PG2
Adherencia a hormigón	> 3 MPa (Rotura en el hormigón)	
Tiempo abierto (23 °C)	40 minutos	60 minutos
Endurecimiento (23 °C)	3 h – 3 ½ h	4 h – 5 h



Refuerzo a flexión de viguetas con laminados Carboplate



1. Vigueta de hormigón
2. Reparación del hormigón con **Mapefer 1K y Mapegrout/Planito Rasa & Ripara R4 Zero**
3. Imprimación **Mapewrap Primer 1** (si fuera necesario)
4. Adhesivo **Adesilex PG1**
5. Laminado **Carboplate**



Forjados de viguetas unidireccionales



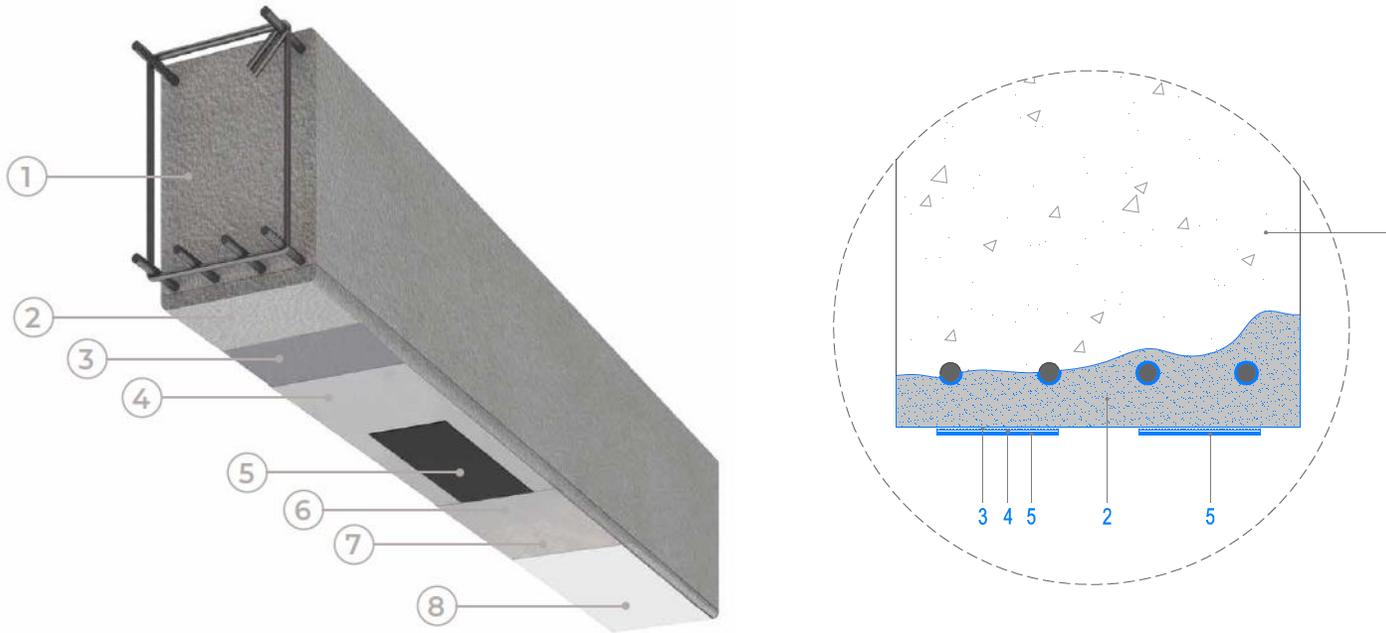
Forjados losa maciza



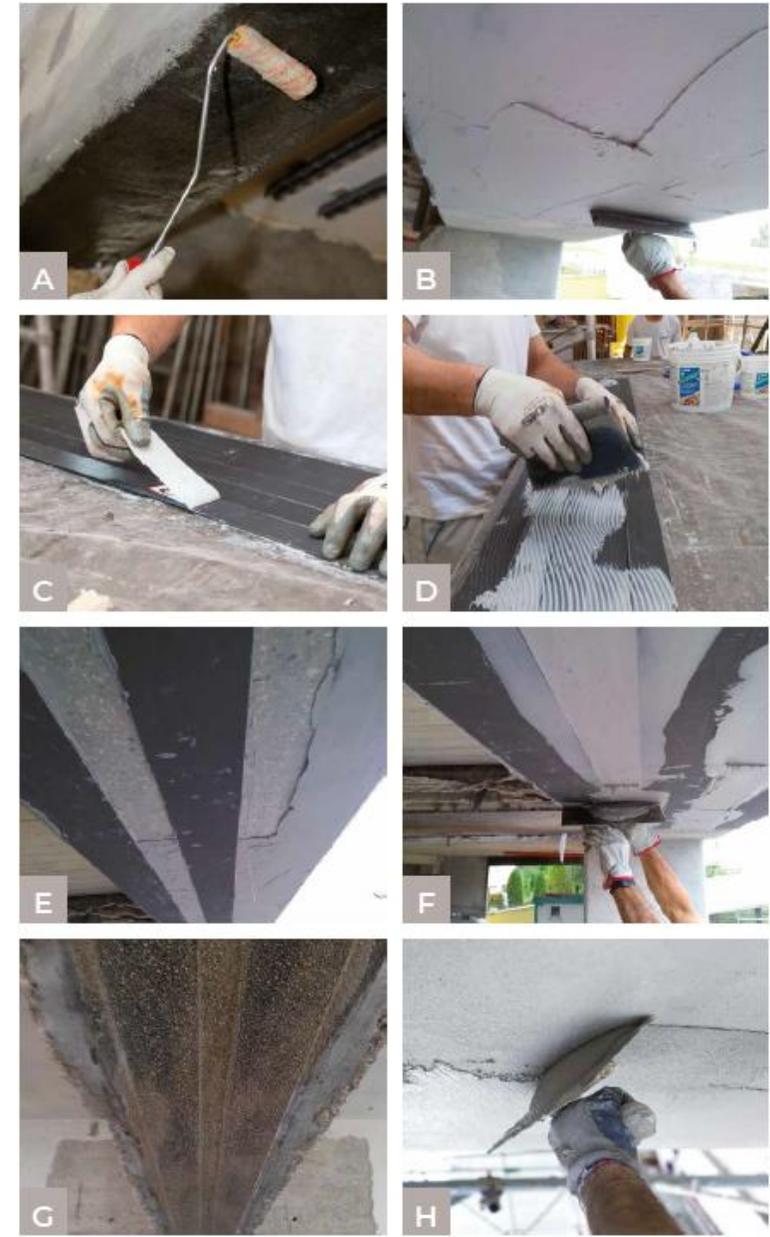
Forjados reticulares



Refuerzo a flexión de vigas con laminados Carboplate



1. Viga de hormigón
2. Reparación del hormigón con **Mapefer 1K y Mapegrout/Planitop Rasa & Ripara R4 Zero**
3. Imprimación **Mapewrap Primer 1** (si fuera necesario)
4. Adhesivo **Adesilex PG1**
5. Laminado **Carboplate**



Reparación, protección y refuerzo de estructuras

Refuerzo de estructuras: FRP System con fibra de carbono



Reparación, protección y refuerzo de estructuras

Refuerzo de estructuras: FRP System con fibra de carbono

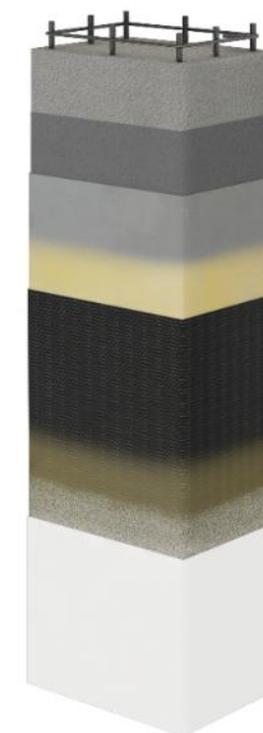
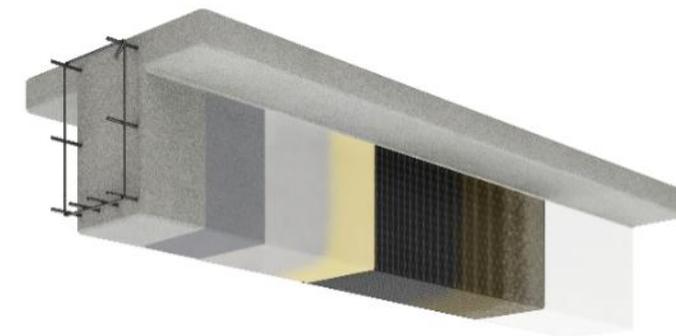
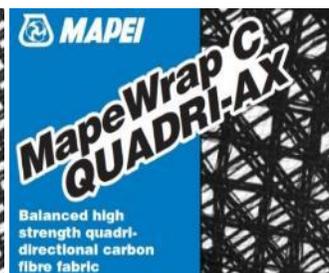
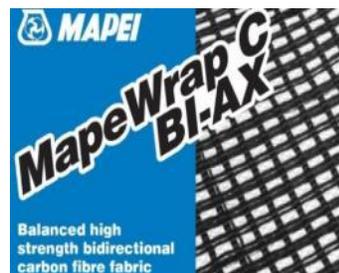


Mapewrap:

Tejidos de fibra de carbono para refuerzos a momentos positivos y cortantes en vigas y viguetas, y para para axil y confinamiento en pilares.

TEJIDOS Mapewrap C	UNI-AX	UNI-AX HM*	BI-AX*	QUADRI-AX*
Dirección de las fibras	UNI-Direccional 0°		BI-Direccional 0°, 90°	QUADRI- Direccional 0°, 90°, ±45°
Módulo elástico (GPa)	252	390	230	380
Gramaje (g/m ²) y anchos (cm)	<u>240</u> – 30cm <u>300</u> – 10, 20 y 40cm <u>600</u> – 10, 20 y 40cm	<u>300</u> <u>600</u>	<u>300</u>	<u>380</u>

*No estándar, bajo pedido
Rollos de 50ml

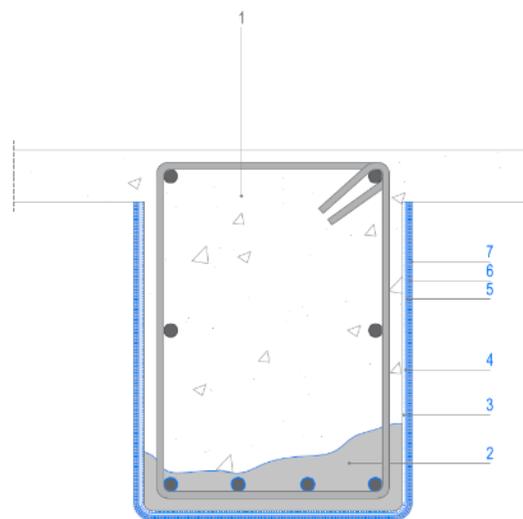
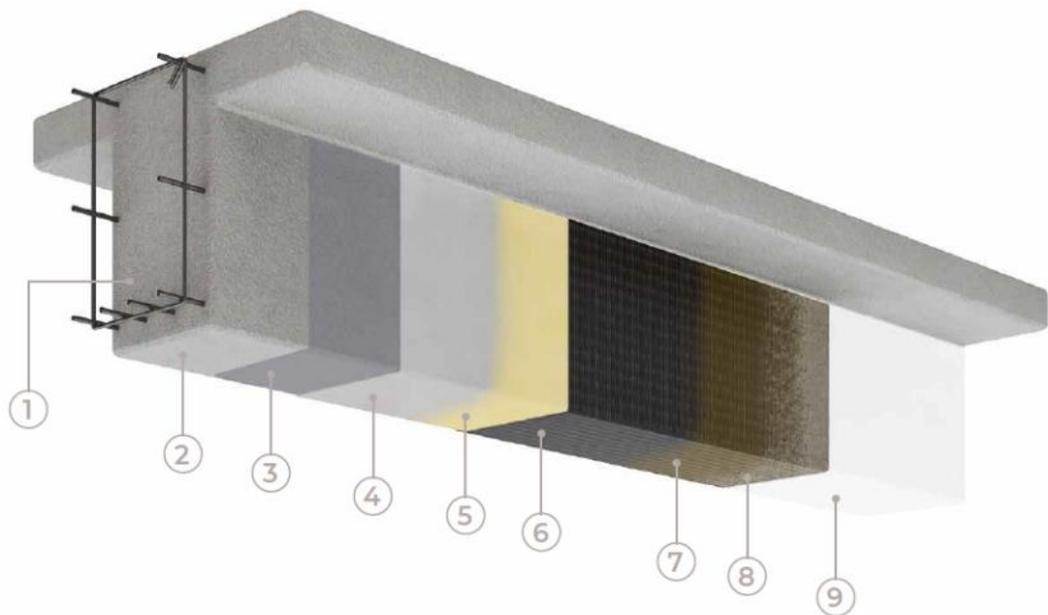


Mapewrap:

Imprimaciones, niveladores y saturantes epoxi para la colocación de tejidos Mapewrap.

Imprimación	Nivelación		Impregnación	
<p><u>MAPEWRAP PRIMER 1</u> Consolidación de superficie</p>	<p><u>MAPEWRAP 11</u> Pasta tixotrópica fraguado normal</p>	<p><u>MAPEWRAP 12</u> Pasta tixotrópica fraguado lento</p>	<p><u>MAPEWRAP 31</u> Sistema seco</p>	<p><u>MAPEWRAP 21</u> Sistema húmedo</p>
				

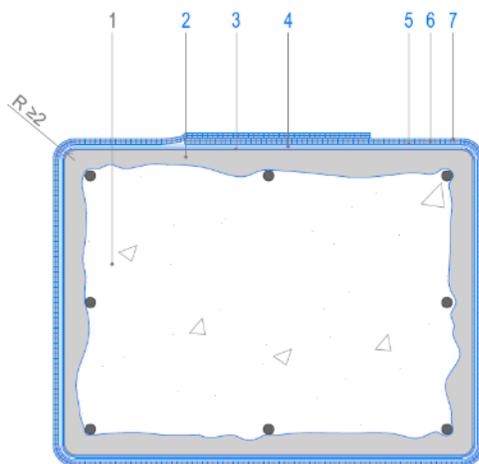
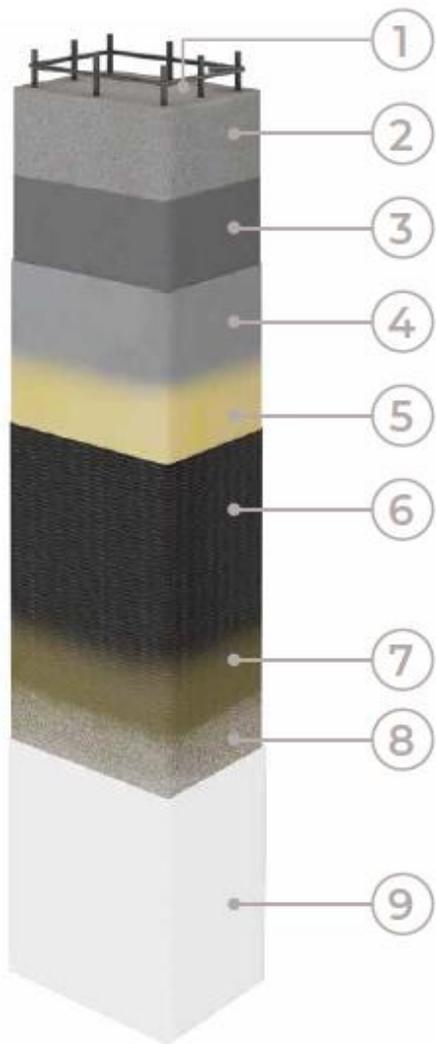
Refuerzo a cortante de vigas con tejidos Mapewrap



1. Viga de hormigón
2. Reparación del hormigón con **Mapefer 1K y Mapegrout/Planito Rasa & Ripara R4 Zero**
3. Imprimación **Mapewrap Primer 1**
4. Nivelación **Mapewrap 11/12** (si fuera necesario)
5. Saturante **Mapewrap 31**
6. Tejido **Mapewrap C UNI-AX**
7. Adhesivo **Mapewrap 31**



Refuerzo de pilar por confinamiento con tejido Mapewrap



1. Pilar de hormigón
2. Reparación del hormigón con **Mapefer 1K y Mapegrout/Planito Rasa & Ripara R4 Zero**
3. Imprimación **Mapewrap Primer 1**
4. Nivelación **Mapewrap 11/12** (si fuera necesario)
5. Adhesivo **Mapewrap 31**
6. Tejido **Mapewrap C UNI-AX**
7. Saturante **Mapewrap 31**
8. Arenado en fresco
9. Protección



Reparación, protección y refuerzo de estructuras

Refuerzo de estructuras: FRP System con fibra de carbono



Reparación, protección y refuerzo de estructuras

Refuerzo de estructuras: FRP System con fibra de carbono



Tejido: Mapewrap C UNI-AX W
Conectores: Mapewrap C FIOCCO
Imprimación: Mapewrap Primer 1
Nivelación: Mapewrap 11
Adhesión sistema seco: Mapewrap 31



Mapewrap Fiocco y Connector:

Cordones y conectores de fibra de carbono que permiten conectar el refuerzo.



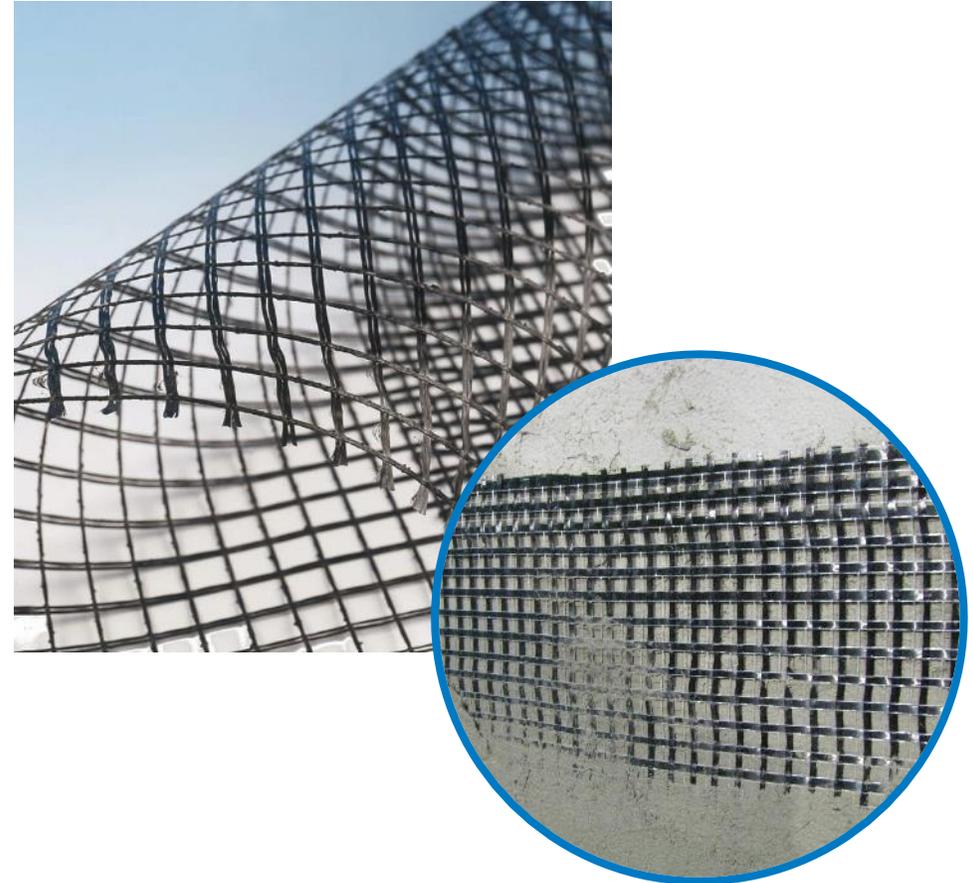
MAPEWRAP EQ NET

Tejido bidireccional de fibra de vidrio, con apresto, para la protección antisísmica de los elementos no estructurales de los edificios.



MAPEGRID

Malla de fibra de carbono o de vidrio para refuerzo de estructuras de fábrica y para armar morteros.



Certificaciones y guías de diseño:

fib
CEB-FIP
Bulletin 90

Externally applied FRP reinforcement
for concrete structures

Technical Report
Task Group 5.1

May 2019

CNR – Comité Asesor de recomendaciones técnicas para la construcción

CONSEJO NACIONAL ITALIANO DE INVESTIGACION (CNR)
COMITÉ ASESOR DE RECOMENDACIONES TÉCNICAS PARA LA CONSTRUCCIÓN

Guía para el Diseño y Construcción
de Sistemas FRP Pegados Externamente
para el Reforzamiento de Estructuras Existentes

Materiales, Estructuras de Concreto Reforzado, Estructuras de
Concreto Presforzado y Estructuras de Mampostería

CNR-DT 200 R1/2014

ROMA – CNR 10 de Octubre 2013 – versión del 14 de Julio 2015

Eurocódigo 2

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.
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

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

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

EN 1504-4: Adhesión estructural (afecta a los productos que se usan para fijar el refuerzo)

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)	

Mapefix EP



CFRP: Carboplate/Mapewrap



FRC: HPC System



Epojet



CONDICIONANTES PREVIOS A LA APLICACIÓN:

- El soporte debe prepararse siempre mecánicamente.
- La resistencia a compresión mínima del hormigón tiene que ser superior a 15 MPa.
- La resistencia al arrancamiento del soporte mediante ensayo de tracción directa según la UNE 1542 deberá ser superior a 1,5 MPa.
- La falta de planimetría de la superficie ha de ser inferior a 10 mm bajo regla de 2 m.
- La humedad de la superficie debe ser inferior al 4%.
- Las superficies deberán estar limpias y exentas de partículas, revetimientos, etc., que puedan comprometer la adherencia.

COMPORTAMIENTO FRENTE AL FUEGO DE LOS REFUERZOS FRP:

Las fibras de carbono aguantan temperaturas altas, pero los adhesivos epoxi comienzan a perder propiedades a partir de los 50-80 °C, por lo que podemos encontrarnos con 2 escenarios.



- **Refuerzos FRP sin protección contra el fuego:**

En caso de fallo completo del refuerzo existe equilibrio entre las nuevas cargas de uso sin mayorar y la sección antes de refuerzo sin minorar ($FS \geq 1.0$).

- **Refuerzos FRP con protección frente al fuego:**

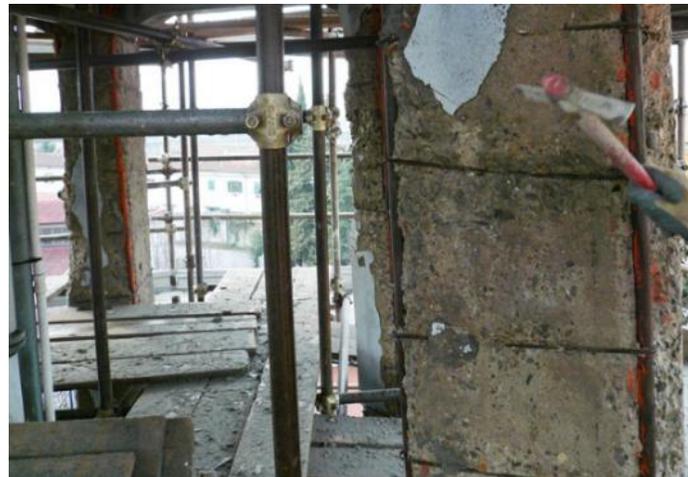
Puede realizarse con mortero, yeso, perlita-vermiculita, etc., y evita que la temperatura supere la T_g del adhesivo (temperatura en la que comienza a ser ahulado o blando). Código Técnico – UNE EN 13501-1.



Preparación del soporte (común)

Actuaciones necesarias y comunes previas a la aplicación de laminados o tejidos:

- 1.- Eliminación del hormigón deteriorado.
- 2.- Limpiar las armaduras y pasivarlas con [Mapefer 1K](#).
- 3.- Recuperar la sección con morteros de reparación [Mapegrout](#) (consultar).
- 4.- Inyección de fisuras con resinas [Epojet](#) o lechadas [Stabilcem](#).



Aplicación de laminados Carboplate

5.- Aplicación del imprimador [MapeWrap Primer 1](#).

6.- Adhesión de la placa con adhesivo estructural [Adesilex PG1](#) o [PG2](#) aplicado tanto sobre el soporte como sobre el laminado.



Aplicación de tejidos Mapewrap



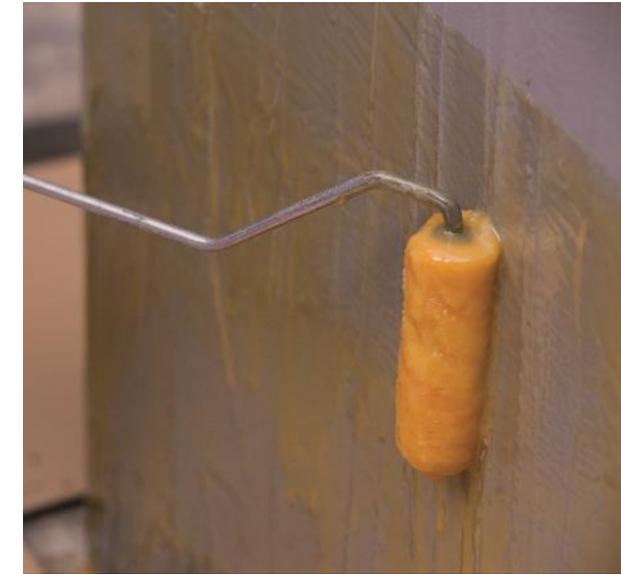
5.- Redondear aristas en un radio de curvatura no inferior a 2 cm.



6.- Impregnación del hormigón con [Mapewrap Primer 1](#).



7. Aplicación si fuera necesario de emplastecido con [Mapewrap 11/12](#).



8.- Impregnación del hormigón con resina epoxi fluida [Mapewrap 31](#).

Aplicación de tejidos Mapewrap



9.- Colocación del tejido ejerciendo presión con un rodillo acanalado.



10.- Impregnación del tejido con segunda capa de [Mapewrap 31](#).



Espolvoreo (opcional) de cuarzo en caso de tener que cubrir.

Refuerzo estructural del Hormigón

Sistemas de refuerzo HPC con morteros de ultra alta resistencia reforzados con fibras estructurales



Morteros Planitop HPC / HPC Floor:

Morteros fluidos cementosos de retracción compensada, reforzados con fibras estructurales de acero, con elevadísimas prestaciones mecánicas, para el refuerzo de estructuras en bajo espesor.

- Recogidos en el Anejo 7 del Código Estructural. Con finalidad estructural.
- Fibras de acero cortas, discretas y aleatoriamente distribuidas que permiten sustituir de manera total la armadura.
- Ultra-alta resistencia reforzados con fibras (UHPFERC): $f_{ck} > 100$ MPa
- Elevada resistencia a cargas cíclicas, a la abrasión y a los impactos.
- Gran ductilidad.
- Impermeables al agua.
- Excelente adherencia al hormigón y a las armaduras de acero.
- Cumplen con la norma UNE-EN 1504-3.
- Mejor comportamiento el fuego que los sistemas de refuerzo de carbono.



- **Planitop HPC + Fibre HPC**

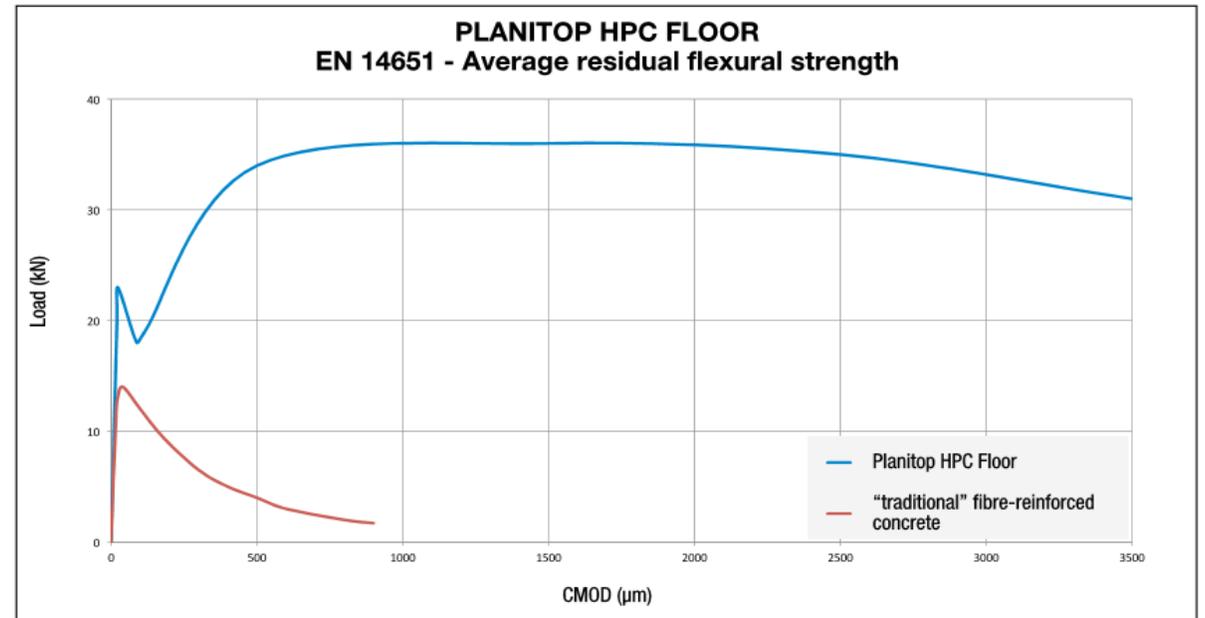
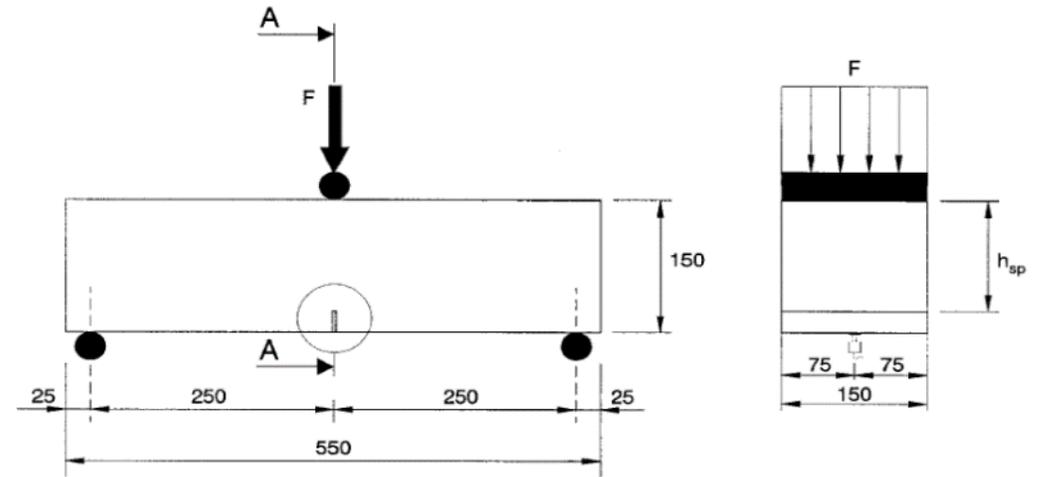
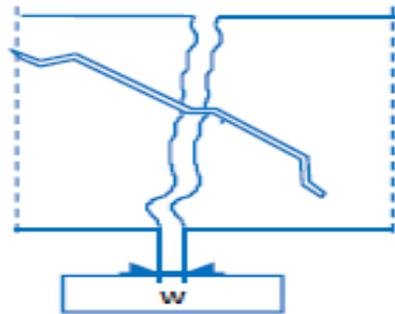
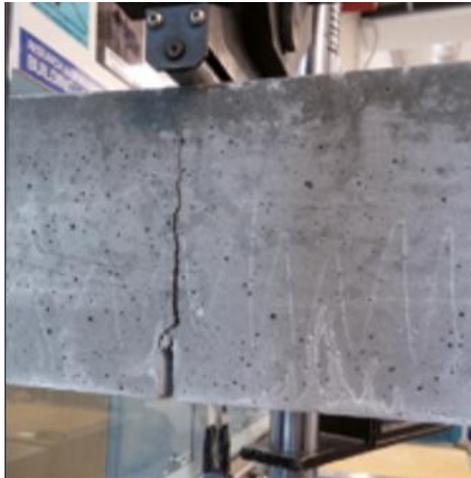
Fibras DRAMIX aparte de 13mm

- **Planitop HPC Floor**

Fibras DRAMIX de 30mm

Morteros Planitop HPC / HPC Floor:

Resistencia a la tracción por flexión EN 14651



Typical residual flexural strength behaviour in compliance with EN 14651

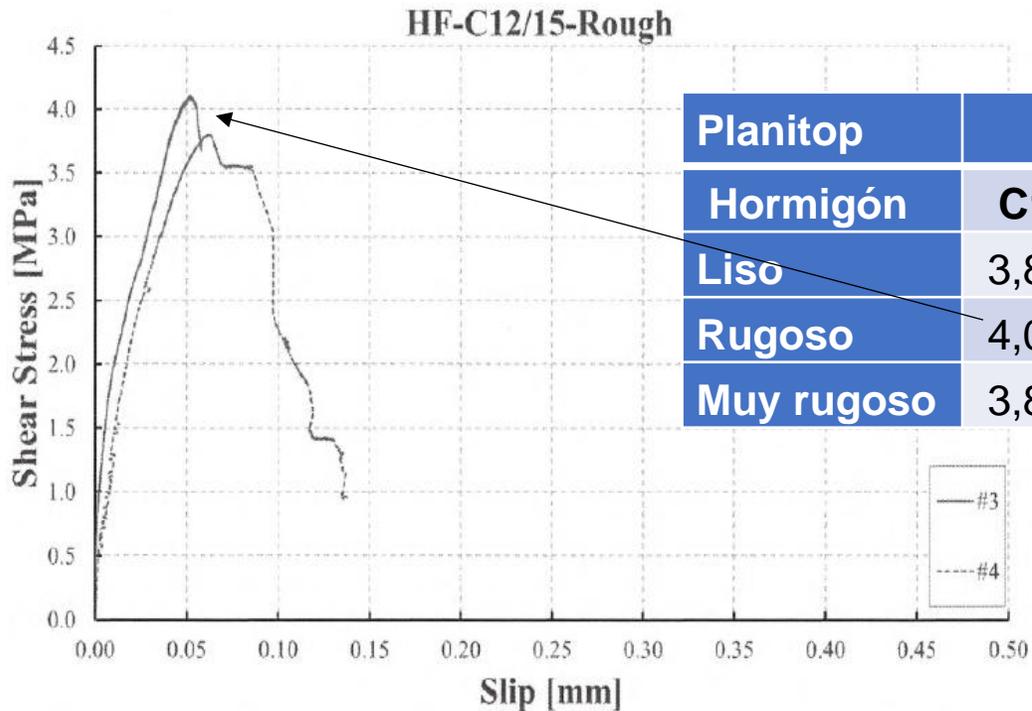
ID	$f_{ct,L}$ (MPa)	f_{R1} (MPa)	f_{R2} (MPa)	f_{R3} (MPa)	f_{R4} (MPa)
$f_{ct,m}$	7,34	12,55	12,70	11,46	9,91
$f_{ct,k}$	6,11	9,70	10,48	9,33	8,03

$f_{ct,R} = 3,11 \text{ MPa}$

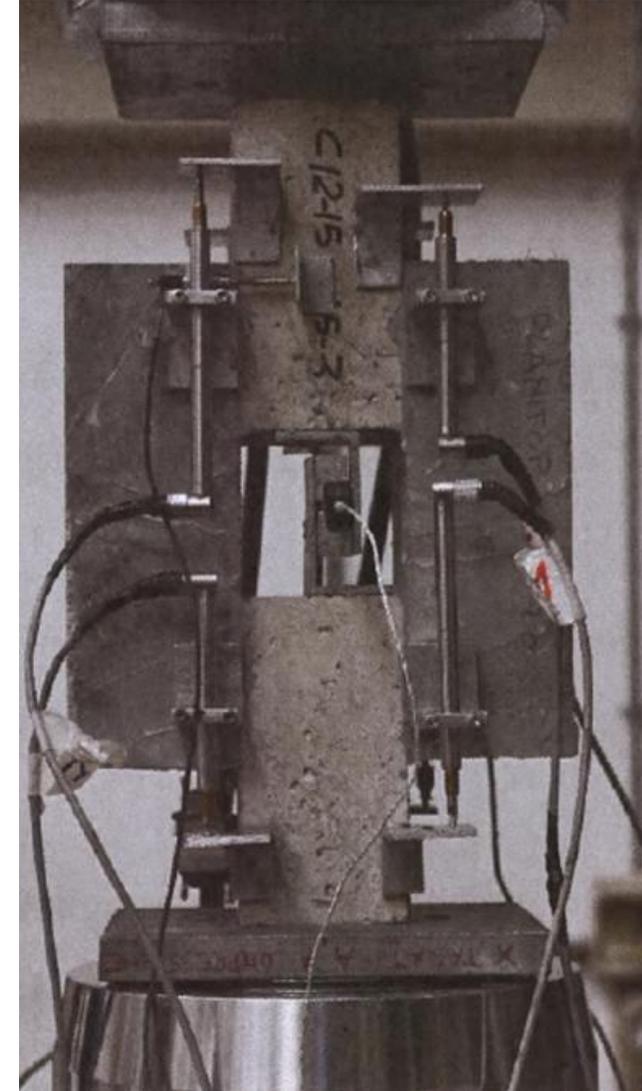
Morteros Planitop HPC / HPC Floor

Resistencia a rasante hormigón - mortero:

- Tipos de hormigón: C12/15 – C16/20 – C20/25
- Tipos de preparación de la superficie: Lisa – Rugosa – Muy Rugosa



Planitop	HPC Floor			HPC
Hormigón	C12/15	C16/20	C20/25	C16/20
Liso	3,8 MPa	3,9 MPa	4,5 MPa	-
Rugoso	4,0 MPa	3,8 MPa	4,8 MPa	4,0 MPa
Muy rugoso	3,8 MPa	3,9 MPa	4,2 MPa	-



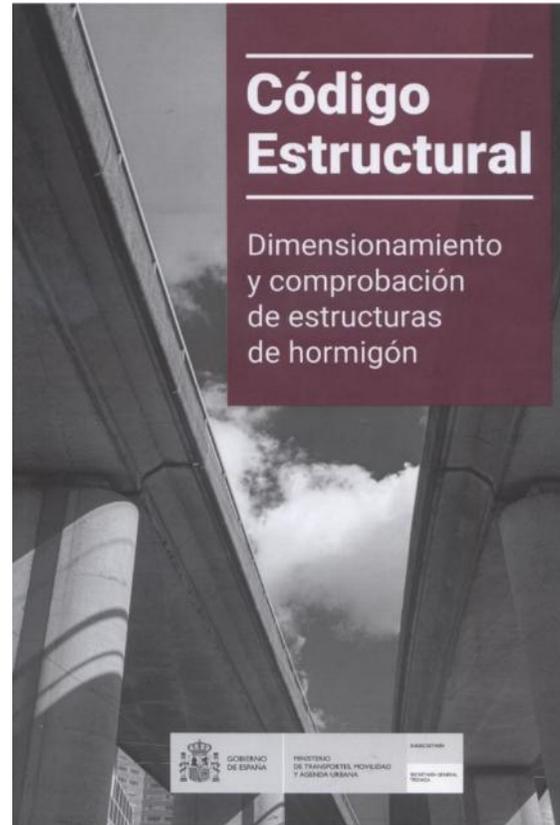
Reparación, protección y refuerzo de estructuras

Refuerzo de estructuras: HPC System con morteros de ultra alta resistencia



Congregato Espinosa de Leres, Pallás, Javierre, Ferrer, Lombard, Pla, 2º

CERTIFICATO DI VALUTAZIONE TECNICA ai sensi del Cap.11, punto 11.1 lett. c) del D.M. 17.1.2018	
Denominazione commerciale del Prodotto	PLANITOP HPC PLANITOP HPC FLOOR PLANITOP HPC FLOOR T PLANITOP HPC FLOOR 46 PLANITOP HPC FLOOR 46 T
Oggetto della certificazione e campo di impiego	Calcestruzzo fibrorinforzato (FRC) <i>Malte e betoncini per il ripristino ed il rinforzo strutturale.</i>
Titolare del Certificato	MAPEI S.p.A. Via Cafiero, 22 20158 - MILANO
Centro di distribuzione e Stabilimento di produzione	Stabilimento di Mediglia, Strada Provinciale 159, 20060 Robbiano di Mediglia (MI) Stabilimento di Latina, Via Mediana S.S. 148 km 81, 3 - 04100 Latina (LT)
Validità del Certificato	Anni 5 a decorrere dalla data di protocollo sopraindicata
Il presente Certificato è emesso in formato digitale ed è riproducibile solo nella sua interezza	
 <p>VIA NOMENTANA 2 - 00141 ROMA Tel. 06.4412.5450 www.mapei.it</p>	



DAU

20/117 A

Documento de adecuación al uso

Denominación comercial

Planitop HPC

Titular del DAU

MAPEI SPAIN SA
Valencia 11
Polígono Industrial Can Oller
ES-08130 Santa Perpètua de Mogoda (Barcelona)
Tel. 933 43 50 50
www.mapei.com

DAU

20/118 A

Documento de adecuación al uso

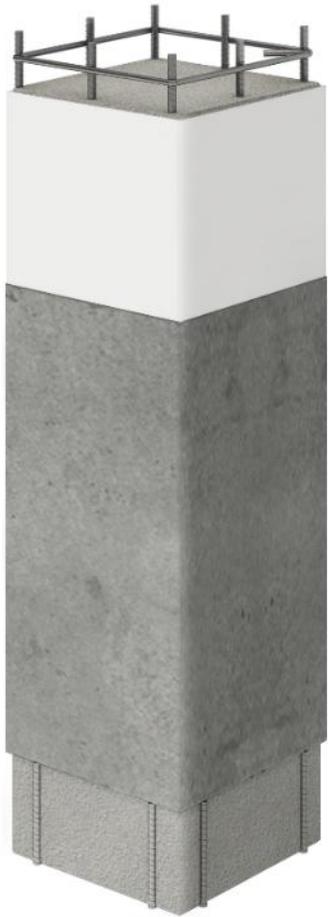
Denominación comercial

Planitop HPC Floor

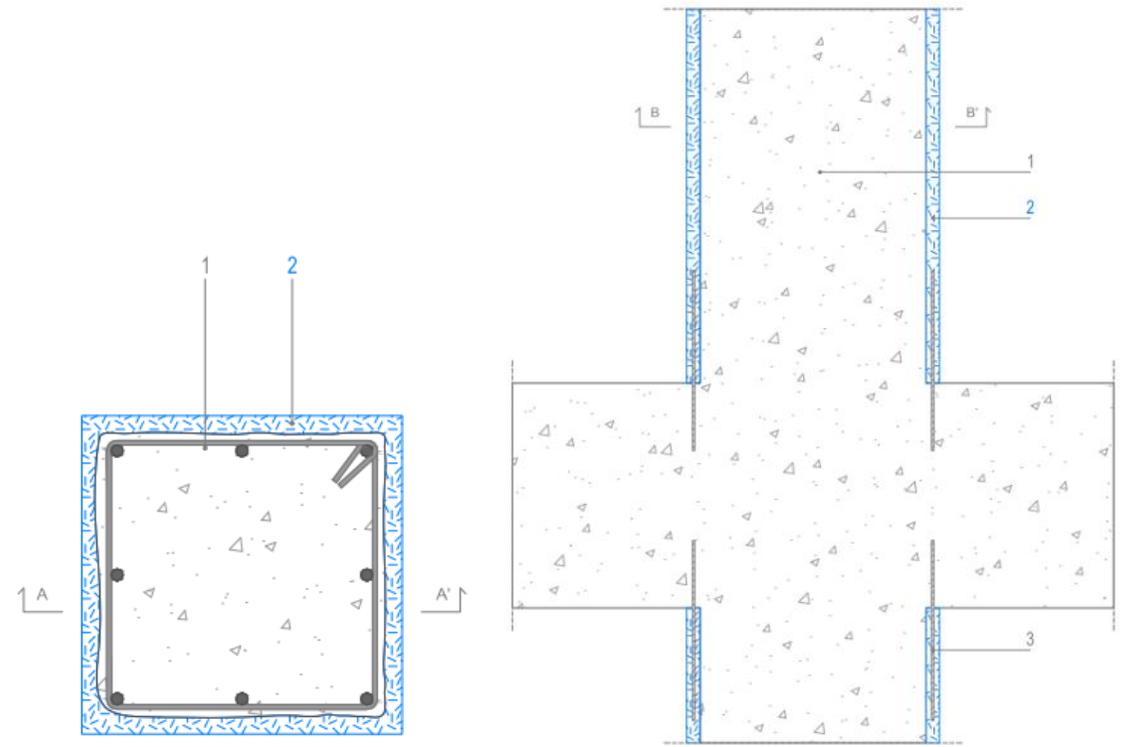
Titular del DAU

MAPEI SPAIN SA
Valencia 11
Polígono Industrial Can Oller
ES-08130 Santa Perpètua de Mogoda (Barcelona)
Tel. 933 43 50 50
www.mapei.com

Planitop HPC: Refuerzo de pilares



1. Planitop HPC/HPC TIXO
2. Planitop 200 mortero de enlucido R2 (opcional)



Planitop HPC:
Refuerzo de pilares



Planitop HPC: Refuerzo de pilares – Puesta en obra

Amasado (12 minutos)



Basculado



Planitop HPC: Refuerzo de pilares – Puesta en obra



Reparación, protección y refuerzo de estructuras

Refuerzo de estructuras: HPC System con morteros de ultra alta resistencia



Reparación, protección y refuerzo de estructuras

Refuerzo de estructuras: HPC System con morteros de ultra alta resistencia



Referencia de obra: Industria textil Adobinve

Refuerzo Estructural de depósito de agua elevado
con Sistema Planitop HPC acabado Elastocolor Pittura



Reparación, protección y refuerzo de estructuras

Refuerzo de estructuras: HPC System con morteros de ultra alta resistencia



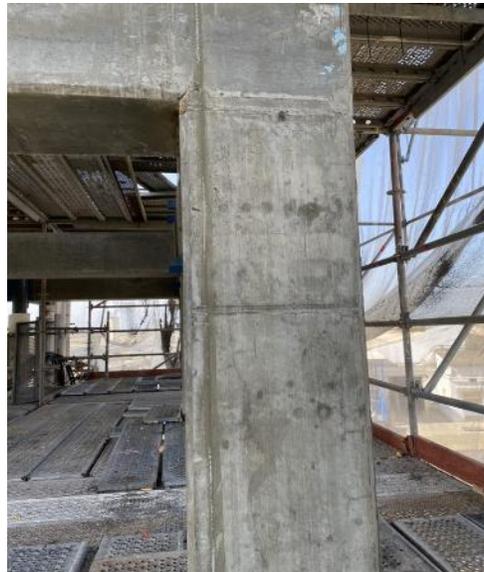
Reparación, protección y refuerzo de estructuras

Refuerzo de estructuras: HPC System con morteros de ultra alta resistencia



Reparación, protección y refuerzo de estructuras

Refuerzo de estructuras: HPC System con morteros de ultra alta resistencia



Reparación, protección y refuerzo de estructuras

Refuerzo de estructuras: HPC System con morteros de ultra alta resistencia



Reparación, protección y refuerzo de estructuras

Refuerzo de estructuras: HPC System con morteros de ultra alta resistencia



PLANITOP HPC FLOOR: Refuerzo de forjados

- Refuerzo de **forjados unidireccionales** de vigueta de hormigón, metálicas o de madera, de **losas** de hormigón y de **forjados reticulares**.
- **Adecuación antisísmica**: forjados sometidos a elevadas sollicitaciones que requieran de gran ductilidad.
- **Reparación de pavimentos** y soleras de hormigón (industriales, viarios y aeroportuarios) tras escarificación de zonas deterioradas.



Espesor de 1,5 a 4 cm



Aumento de peso y rigidez limitado



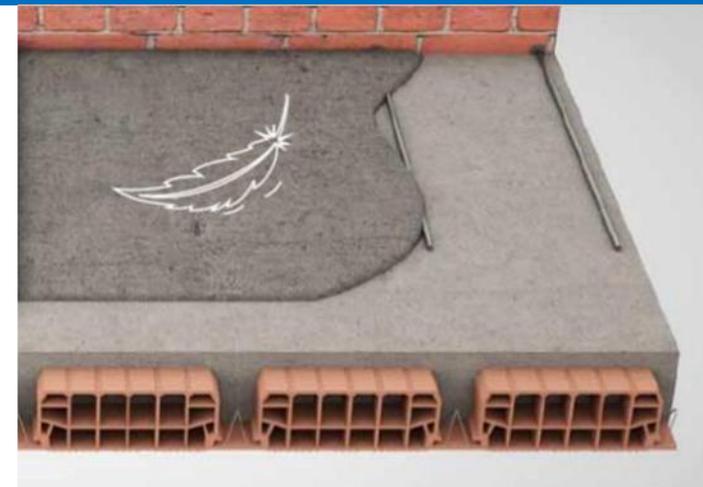
Compatibilidad arquitectónica



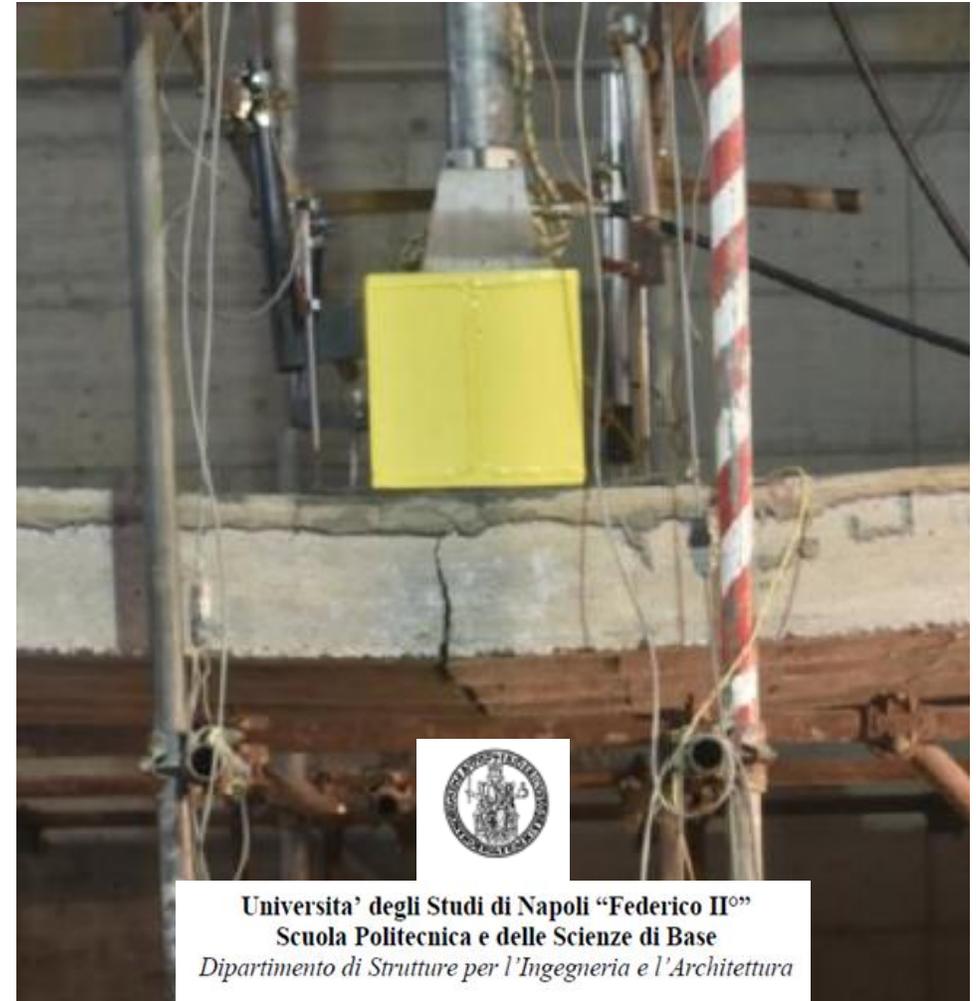
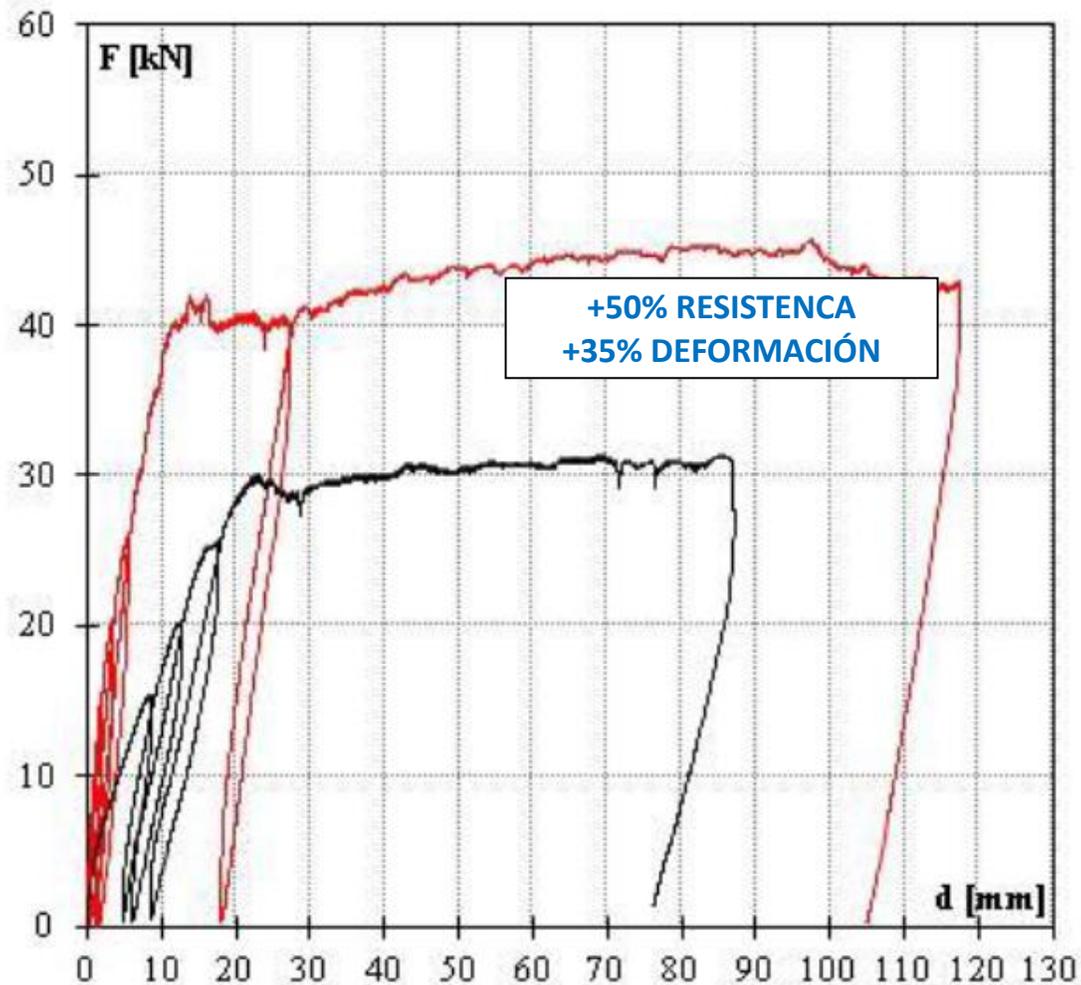
Sin necesidad de conexiones mecánicas



Sin armadura de refuerzo ni mallazos



Planitop HPC Floor: Resistencia a flexión del forjado




Universita' degli Studi di Napoli "Federico II"
Scuola Politecnica e delle Scienze di Base
Dipartimento di Strutture per l'Ingegneria e l'Architettura

Planitop HPC Floor: Puesta en obra



Preparación del soporte



Estado final con la rugosidad requerida

Planitop HPC Floor: Puesta en obra



Extendido del producto



Extendido con control de espesores

Planitop HPC Floor: Reparación de losa



Planitop HPC Floor: Reparación de losa



Planitop HPC Floor: Reparación y refuerzo de losa en zona almacenamiento bobinas metálicas





**MAPEI
STRUCTURAL
DESIGN**

Clic aquí

MAPEI STRUCTURAL DESIGN

- El software es online y gratuito, requiere registrarse en el área myMapei.
- El equipo de Asistencia Técnica y de especialistas de MAPEI está disponible para cualquier soporte técnico necesario.

MAPEI Structural Design

Software desarrollado por MAPEI para realizar cálculo de **refuerzos estructurales** utilizando sistemas de FRP o morteros de ultra alta resistencia aplicados a estructuras existentes.

Características principales:

- Cálculo de refuerzo en estructuras de hormigón armado, mampostería, madera y metálicas.
- El software se actualiza automáticamente para incluir las últimas normativas y técnicas de construcción.
- Disponible en varios idiomas y bajo varias normativas.
- Incluye manuales y tutoriales en vídeo.
- Permite descargar un informe con la justificación del cálculo.

MAPEI STRUCTURAL DESIGN

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

- ✓ *Permite el cálculo de refuerzos de elementos de hormigón (vigas, viguetas, pilares, forjados y nudos), obra de fábrica, vigas de madera, metálicas y elementos secundarios.*

Crear nuevo proyecto

Seleccione tipo



Seleccionar elemento



¿Cómo acceder? Registro en la web www.mapei.com/es

← → ↻ mapei.com/es

Aplicaciones ★ Bookmarks Google BASE DE PRECIOS... Instrucción EAE ver... Gracias por confiar... www.adiquimica.co... www.bm-gmbh.co... CARBONO - carbon... Licitaciones en Sevil... ABRASIVOS Y MAQ... Mapei Structural De... » Lista de lectura

ADHESIVOS - SELLADORES - PRODUCTOS QUÍMICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN

NOTICIAS Y EVENTOS BLOG CONTÁCTENOS

[MyMapei](#) INICIO DE SESIÓN

Buscar

*Campos obligatorios

Registrar

Rellene todos los campos obligatorios y haga clic en REGISTRAR.

Correo* Introduzca su dirección de correo de nuevo*

La contraseña debe tener al menos 7 caracteres.

Contraseña*

Confirme contraseña*

Nombre* Apellido*

¿Cómo acceder? Ir a HERRAMIENTAS – Software de cálculo

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



El mundo de la construcción es como una gran obra en constante evolución. Las innovaciones en las técnicas de construcción y la creación de nuevos requisitos de normas y el diseño se deben actualizar constantemente. Por este motivo, los programas de software de Mapei son útiles herramientas de cálculo y contienen las últimas actualizaciones, desarrolladas para los expertos del sector que necesitan verificar el trabajo de diseño directamente en la obra.



Mapei Structural Design

Herramienta MAPEI para el cálculo de los sistemas de refuerzo MAPEI aplicados en estructuras existentes

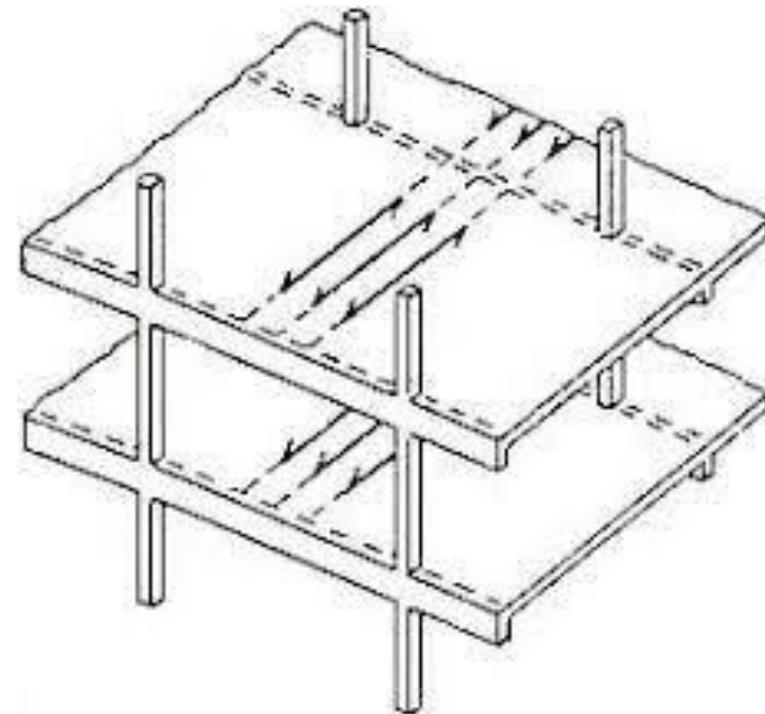
[IR A LA HERRAMIENTA](#)

MAPEI STRUCTURAL DESIGN

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

Refuerzo de estructuras de hormigón:

- **Forjado de viguetas:** Flexión
- **Vigas:** Flexión y Cortante
- **Pilares:** Flexo-compresión



▪ Forjado de viguetas: Flexión con laminados o tejidos

Viga en T:

Geometría

$H = 260 \text{ mm}$

$B = 120 \text{ mm}$

$h_1 = 40 \text{ mm}$

$b_1 = 700 \text{ mm}$

Armaduras

$A_{inf} = 2 \varnothing 10$

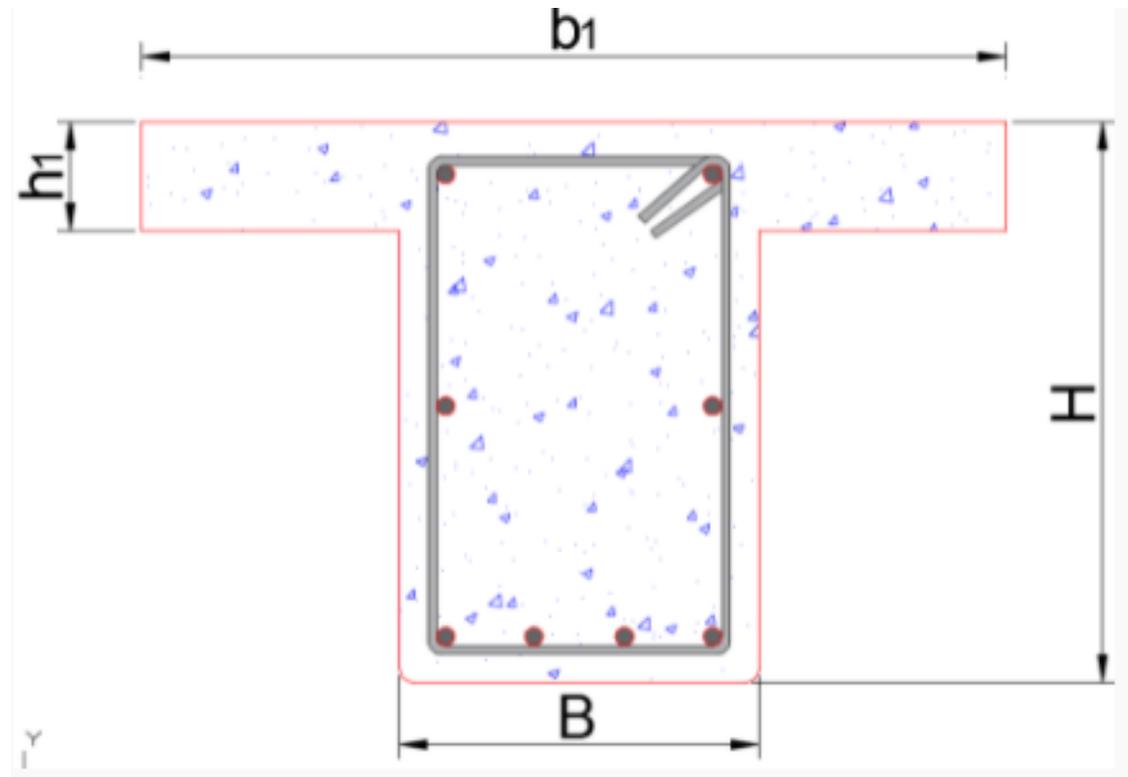
Recubrimiento = 25 mm

Materiales

Hormigón: $f_{cm} = 20 \text{ MPa}$;

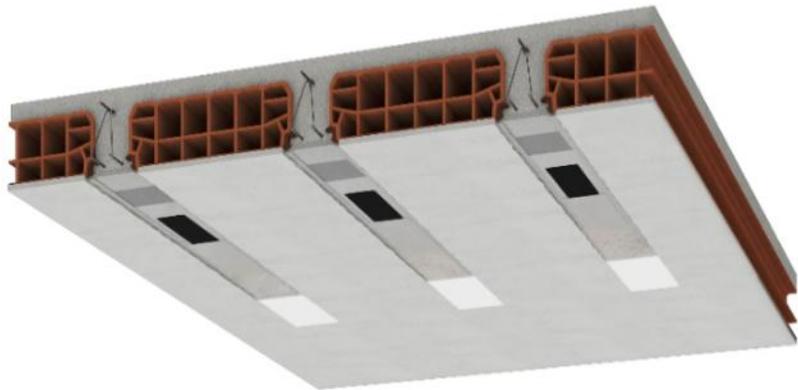
Acero: $f_{ym} = 500 \text{ MPa}$;

Factor de confianza = 1,0



■ Forjado de viguetas: Flexión

- Refuerzo con FRP – Refuerzo a flexión con FRP
- Carboplate E 170 (por defecto con espesor de 1,4mm)
- Carga distribuida
- Coeficientes exposición: interna (0,95), externa y ambiente agresivo (0,85)
- Ancho del laminado: 50mm y n° de capas: 1



MOMENTO	$M_{Rd,x+}$	$M_{Rd,x-}$
Sección existente	18.23 kNm	-0.62 kNm
Sección reforzada	23.35 kNm	-0.62 kNm
Incremento	28.09 %	0.00 %

▪ Refuerzo pilar: Flexocompresión

Geometría

$h = 400 \text{ mm}$

$b = 300 \text{ mm}$

Armaduras

$A_{\text{esq}} = \phi 16$ ($r = 25 \text{ mm}$ en las dos direcciones)

$A_{\text{cara,y}} = 1\phi 12$

Armadura transversal

Nº ramas en dirección X e Y: 2 en cada una

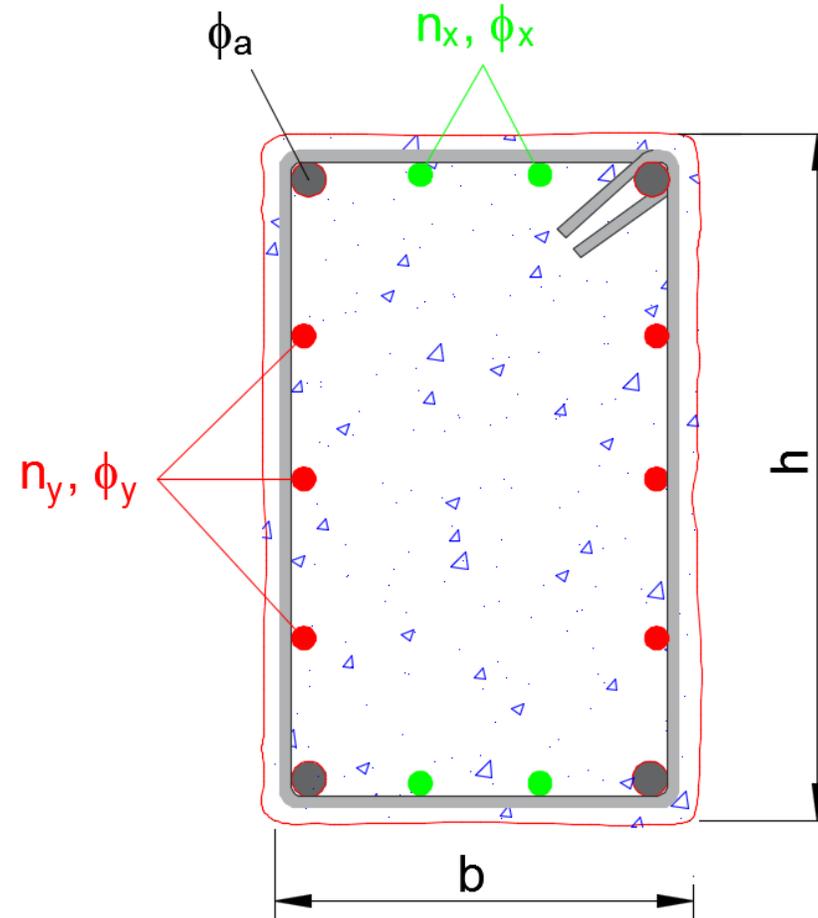
Estribo: $\phi 6$ cada 200mm

Materiales

Hormigón: $f_{\text{cm}} = 15 \text{ MPa}$;

Acero $f_{\text{yk}} = 400 \text{ MPa}$;

Factor de confianza = 1



Recrido con 20 mm de Planitop HPC + Fibre HPC

▪ Refuerzo pilar:

Flexocompresión con Planitop HPC

- Espesor 20mm en cada cara
- Refuerzo longitudinal adicional en caso de que se quiera meter armadura. Desmarcamos ya que Planitop HPC no requiere armadura.

ESFUERZOS
NORMALES

N_{max}

Sección existente

2212 kN

Sección reforzada

3720 kN

**Incremento
del 68%ⁱⁱⁱ**

Diagrama de Interacción N-My

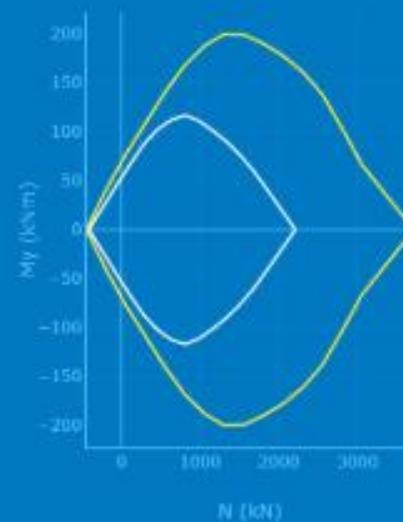
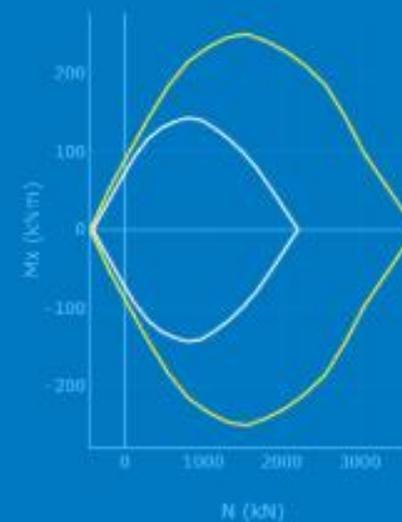


Diagrama de Interacción N-Mx

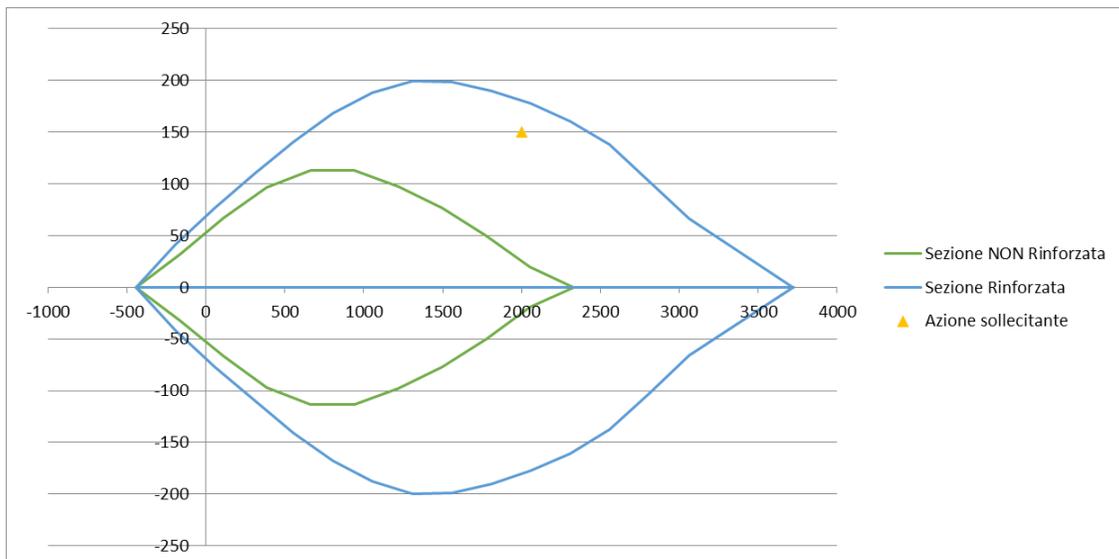


▪ Refuerzo pilar:

Flexocompresión con Planitop HPC

En el Excel: podemos meter las sollicitaciones de nuestro pilar para ver si cumple

Azione sollecitante	
N	My
2000	150



EVALUACIÓN DE LA SECCIÓN REFORZADA

MEJORA DEBIDO AL REFUERZO: Capacidad a carga Axil

$$N_{max,rinf} = 3719.98kN > N_{max} = 2212.18kN$$

La mejora de la resistencia debido al sistema de refuerzo es **68.16%**.

MEJORA DEBIDO AL REFUERZO: Capacidad a cortante dirección "X"

$$V_{Rd,x,rinf} = 35.49kN > V_{Rd,x} = 24.34kN$$

La mejora de la resistencia debido al sistema de refuerzo es **45.82%**.

MEJORA DEBIDO AL REFUERZO: Capacidad a cortante dirección "Y"

$$V_{Rd,y,rinf} = 48.4kN > V_{Rd,y} = 33.19kN$$

La mejora de la resistencia debido al sistema de refuerzo es **45.82%**.

✓ Informes detallados con el proceso de cálculo paso a paso.

RELAZIONE DI CALCOLO RINFORZO CON SISTEMA FRP	
Inquadramento	2
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	5
Dimensionamento del rinforzo	6
Verifica della sezione rinforzata	9



SOMMARIO	
Inquadramento	2
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	5
Dimensionamento del rinforzo	6
Verifica della sezione rinforzata	9

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 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 $M_{Ed,ult}$	50,0 kNm
Le sollecitazioni agenti allo S.L.E. sono:	
Momento massimo agente $M_{Ed,lim}$	50,0 kNm

VERIFICA DELLA SEZIONE ESISTENTE	
Le deformazioni agenti allo S.L.U. sulla sezione esistente sono:	
Deformazione fibre di calcestruzzo ϵ_c	0,0035
Deformazione armatura compressa ϵ'_s	-0,0066
Deformazione armatura tesa ϵ_s	0,14395
Le tensioni agenti allo S.L.U. sulla sezione esistente sono:	
Tensione armatura compressa σ'_s	-500,0 MPa
Tensione armatura tesa σ_s	500,0 MPa
Le caratteristiche resistenti allo S.L.U. della sezione esistente sono:	
Momento massimo positivo $M_{Rd,ult,lim}$	115,33 kNm
Momento massimo negativo $M_{Rd,ult,imp}$	-51,59 kNm
Taglio massimo resistente V_{Rd}	106,21 kN

TIPOLOGIA DI RINFORZO

Il rinforzo con sistema FRP è costituito da:

- laminati in fibra di tipo CARBOPOLATE E 170 della Mapei S.p.A.;
- primer per il consolidamento delle superfici tipo MAPEWRAP PRIMER 1 della Mapei S.p.A.;
- stucco apposito per la regolarizzazione del supporto e l'eventuale incollaggio del sistema FRP tipo MAPEWRAP 11/MAPEWRAP 12/MAPEWRAP 311 della Mapei S.p.A.;
- resina apposita per l'incollaggio dei tessuti tipo MAPEWRAP 21/MAPEWRAP 31 della Mapei S.p.A.

CARATTERISTICHE MECCANICHE DEL RINFORZO	
Lamina CARBOPOLATE E 170 per il rinforzo a flessione	
Spessore equivalente t_f	1,4 mm

Tensione caratteristica di rottura f_{tk}	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 k_f	1-0,95

DIMENSIONAMENTO DEL RINFORZO

RINFORZO A FLESSIONE

DIMENSIONAMENTO DEL RINFORZO ALLO S.L.U.

Ipotesi:

- Conservazione delle sezioni piane;
- Perfetta aderenza dei materiali;
- Resistenza a trazione del calcestruzzo nulla;
- Legami costruttivi del calcestruzzo e dell'acciaio conformi alle normative vigenti;
- Legame costitutivo del composito elastico lineare fino a rottura.

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

- deformazione calcestruzzo $\epsilon_{cu} = 0,035$
- deformazione del composito fibrorinforzato $\epsilon_{f,ult} = \min \left\{ \epsilon_{fu} \frac{E_c}{E_f}, \epsilon_{fu} \right\}$

dove:

ϵ_{cu} è la deformazione di calcolo dell'armatura pre-esistente

$\epsilon_{f,ult}$ è la deformazione pre-esistente all'applicazione del rinforzo in corrispondenza del lembo teso ed è pari a

$$f_{rel,ult} = \frac{k_1}{\gamma_{f,d}} \sqrt{\frac{E_c}{E_f} \left(\frac{2 \cdot k_2 \cdot k_{1,2}}{\gamma_c} \sqrt{f_{ctm}} \right) \sqrt{f_{ctm}}}$$

dove:

$k_1 = 0,10$ mm è un coefficiente correttivo

$k_2 = 1,25$ per carichi distribuiti e $k_2 = 1,00$ per carichi concentrati

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

Deformazione composito $\epsilon_f = \frac{M_{Ed}}{I} (h-x) = \epsilon_{fu} \leq \epsilon_{f,ult}$

Deformazione calcestruzzo compresso $\epsilon_c = \epsilon_{cu}$

Deformazione acciaio in compressione $\epsilon'_s = \epsilon_{cu} \frac{x-d}{x}$

Deformazione acciaio in trazione $\epsilon_s = \epsilon_{cu} \frac{x-d}{x} + \epsilon_{fu} \frac{h-x}{x}$

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 $\epsilon_f = \epsilon_{fu}$

Deformazione calcestruzzo compresso $\epsilon_c = (\epsilon_{cu} + \epsilon_f) \frac{x}{h-x} \leq \epsilon_{cu}$

Deformazione acciaio in compressione $\epsilon'_s = (\epsilon_{cu} + \epsilon_f) \frac{x-d}{h-x}$

Deformazione acciaio in trazione $\epsilon_s = (\epsilon_{cu} + \epsilon_f) \frac{d-x}{h-x}$

dove:

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

$$\epsilon_{cu} = \frac{M_{Ed} \cdot (h - x_{pre})}{I_{pre} \cdot E_c}$$

dove:

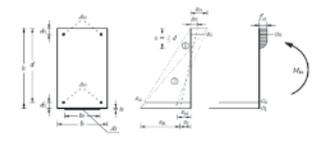
asse neutro $\frac{b \cdot h^3}{12} + n_s \cdot A_s \cdot (x_s - x)^2 - n_c \cdot A_c \cdot (d - x_s)^2 = 0 = x_s$

momento di inerzia $I_{pre} = 0,1 \frac{b \cdot h^3}{12} + n_s \cdot A_s \cdot (x_s - x)^2 + n_c \cdot A_c \cdot (d - x_s)^2$

dove:

A_c è il momento iniziale agente prima dell'applicazione del rinforzo

x_s è il modulo di inerzia del calcestruzzo esistente come da NTC



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

$$\sigma'_s \cdot A'_s + \sigma'_c \cdot A_c = \sigma_s \cdot A_s + \sigma_f \cdot A_f \Rightarrow A'_s \cdot \sigma'_s + A_c \cdot \sigma'_c = A_s \cdot \sigma_s + A_f \cdot \sigma_f \Rightarrow 0$$

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

$$M_{Ed} = \frac{1}{\gamma_{f,d}} \left[n_s \cdot A_s \cdot \sigma_s \cdot (d - x) + A_c \cdot \sigma'_c \cdot \left(d - x \right) + A_s \cdot \sigma_s \cdot x + A_f \cdot \sigma_f \cdot x \right]$$

Con $\gamma_{f,d} = 1,00$, $\sigma_f = 0,909 \cdot \epsilon_f \cdot E_f = 0,415$

REFUERZO ESTRUCTURAL

 [Clic aquí](#)



La Guía de Refuerzo Estructural de MAPEI recoge todos los casos de refuerzo que podemos abordar con sistema FRP, HPC, morteros reforzados con mallas, etc.

FICHAS DE REFUERZO | REFUERZO DE EDIFICIOS DE HORMIGÓN ARMADO

REFUERZO DE PILARES

ENCAMISADO MEDIANTE HPC SYSTEM: PLANITOP HPC

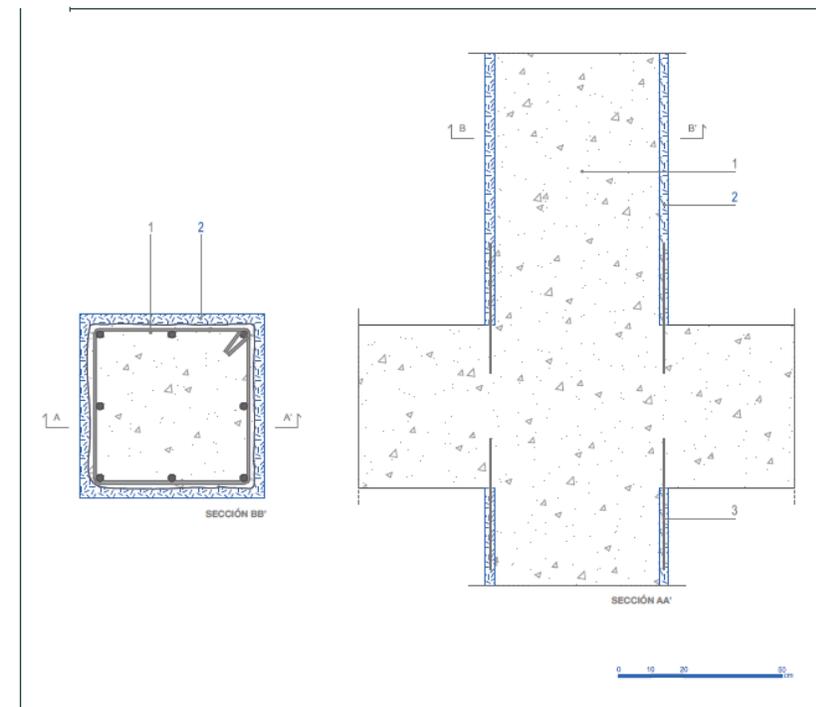
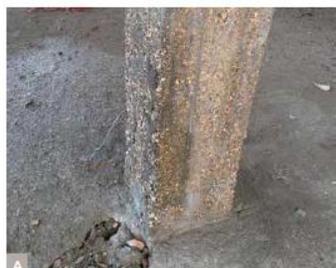


- 1 | PILAR EXISTENTE
- 2 | PLANITOP HPC
- 3 | BARRAS DE CONEXIÓN
- 4 | PLANITOP 200

PROCEDIMIENTO TÉCNICO DE INTERVENCIÓN

La intervención de refuerzo de pilares de hormigón armado puede realizarse mediante encamisado con el microhormigón **PLANITOP HPC** del modo siguiente:

- ➔ Desbastar la superficie de los pilares mediante escarificación mecánica o hidroescarificación, con el fin de obtener una rugosidad suficiente para garantizar la adherencia entre el hormigón de base y el hormigón fibrorreforzado. Se recomienda una superficie con una rugosidad de al menos 5 mm (foto A).
- ➔ Aspirar las superficies a restaurar para eliminar por completo cualquier fragmento presente.
- ➔ En presencia de hierros de la armadura a la vista, proceder a su cepillado y posterior pasivación mediante la aplicación a brocha de una doble capa de mortero cementoso anticorrosivo monocomponente **MAPEFER 1K** o bicomponente **MAPEFER** para prevenir nuevos fenómenos de corrosión.
- ➔ Realizar un encofrado estanco de los pilares y dejar la superficie a reparar saturada con agua, aunque superficialmente seca (foto B).
- ➔ Mezclar **PLANITOP HPC** en una hormigonera con vaso.
- ➔ Verter **PLANITOP HPC** en el encofrado.
- ➔ Esperar al menos 72 horas antes de proceder al desencofrado (foto C).
- ➔ Una vez endurecido el mortero, enlucir con los enlucidos cementosos de la línea **PLANITOP**.



NOTAS

1. A través del software **MAPEI HPC FORMULA**, de conformidad con las instrucciones del CNR DT 204 italiana, es posible definir el espesor de **PLANITOP HPC** necesario.
2. La intervención de refuerzo con el **PLANITOP HPC** no requiere necesariamente el uso de una armadura tradicional.
3. **PLANITOP HPC** cumple los requisitos mínimos de la norma UNE EN 1504-3 para los morteros estructurales de la clase R4.

ENFOCA EL CÓDIGO QR y descárgate la ficha de refuerzo, las fichas técnicas, el dwg, el software de cálculo y otras informaciones de utilidad o bien **DESCÁRGATELOS DESDE LA PÁGINA WEB www.rinforzo-structurale.it**



1. Introducción a la reparación y protección

- Campo de aplicación
- EN 1504 Reparación y protección de estructuras de hormigón
- Tipos de daños en las reparaciones y por qué

2. La corrosión en el hormigón armado

3. La reparación estructural

- Preparación del soporte
- Desoxidación de armaduras
- Protección de armaduras
- Morteros de reparación estructural

4. La reparación no estructural o cosmética

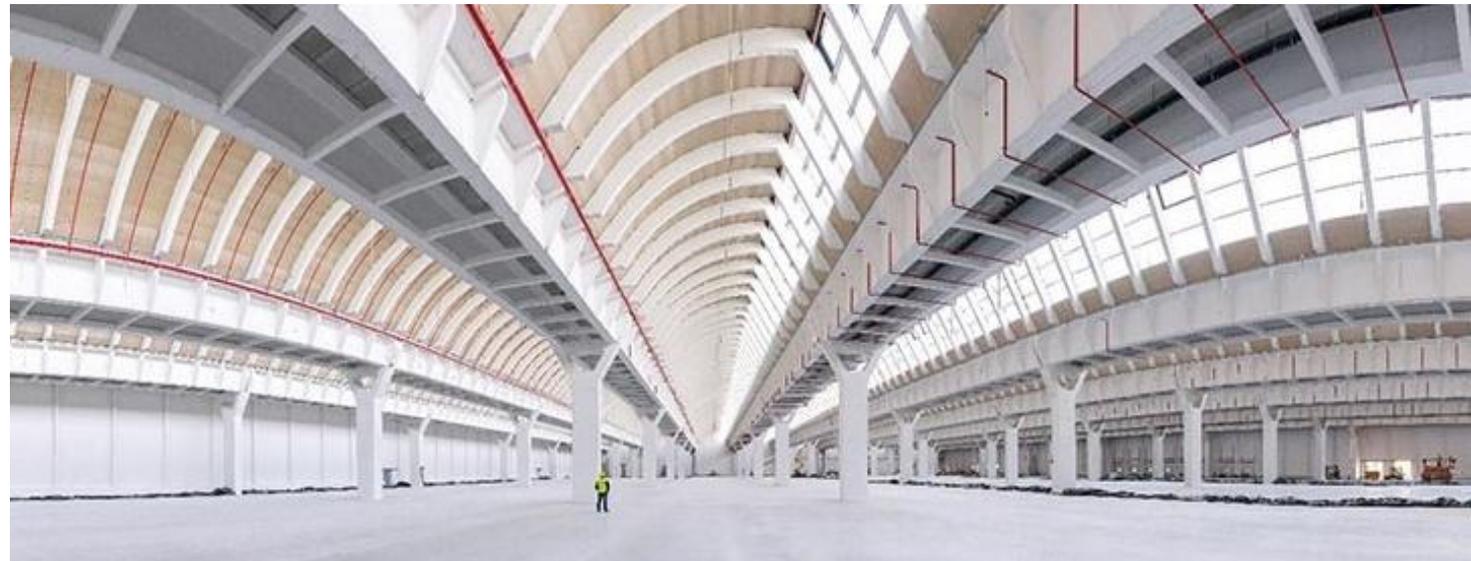
5. Tratamiento de fisuras

6. Protección del hormigón frente a agentes ambientales

- Revestimientos anticarbonatación
- Agentes hidrófugos
- Protección catódica

7. Refuerzo de estructuras de hormigón

- Refuerzos con fibra de carbono
- Refuerzos con morteros de alta resistencia
- Software de cálculo



DEPARTAMENTO DE ASISTENCIA TÉCNICA



DEPARTAMENTO DE ASISTENCIA TÉCNICA MAPEI

Soporte técnico al servicio del profesional de la construcción



Desde el **DEPARTAMENTO TÉCNICO** de **MAPEI** damos soporte en proyectos y obras: informes técnicos, partidas de precios, detalles técnicos, documentación, formación, visitas a obra, etc., con el objetivo de alcanzar la excelencia en los trabajos desde la fase de proyecto.



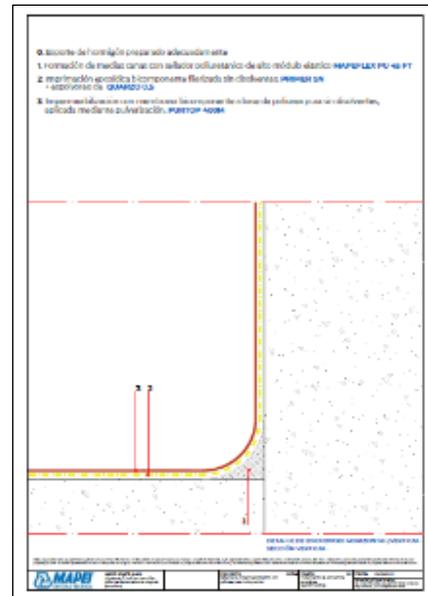
	Reparación y protección de estructuras de hormigón: protección de armaduras, morteros, inyecciones		Sistemas de Aislamiento Térmico Exterior SAT: acabados con cerámico		Pavimentos continuos de resinas y autovinilantes: cementosos, epoxy, poliuretano, poliuretano-cemento		Productos para la Industria marina
	Refuerzo estructural: laminados, telcos, conectores, mallas de carbono o vidrio, morteros, resina de anclaje		Aislamiento Acústico de losas y suelos: láminas parainsonorizar frente a impactos y pisadas		Pavimentos para pistas deportivas, carriles bici y estadios deportivos		Aditivos para Hormigón
	Impermeabilización: depósitos, EDARs, piscinas, cuartos de baño		Rehabilitación de edificios y obras civiles de mampostería con morteros de cal: humedades, consolidación, inyección, reparación, fachadas		Productos para pavimentos resistentes, textiles y parquet		Construcción Subterránea
	Sellado de juntas y adhesivos: masilla y bandas		Adhesivos y morteros para revestimientos de cerámica, piedra, adoquinado, etc.		Perfiles para revestimientos de suelos y paredes, rodapiés, baños modernos y sistemas de suelos elevados		Aditivos de Molienda



Informes Técnicos de Prescripción



Documentación técnica



Detalles técnicos

ACTIVIDAD	CRITERIO DE VERIFICACIÓN	Check
1. CONTROL DE RECEPCIÓN DEL MATERIAL		
1.1. Protección	El material tiene que ser debidamente embalado, paralizado y refrendado con cobertura superior. Se indica el tipo de envase y las medidas.	
1.2. Aspecto y estado general	Verificar que no hay roturas, deformes ni abolladuras en los envases. Verificar que no hay manchas.	
1.3. Identificación	Los envases tienen que ser etiquetados con el nombre del producto y del componente.	
1.4. Marcado	Verificar que los envases vienen con el lote y fecha de fabricación precisos.	
1.5. Cantidad	Verificar que la cantidad recibida es correspondiente con el albarán correspondiente.	
2. DOCUMENTACIÓN		
2.1. Fichas técnicas accesibles	Las fichas técnicas de TODOS los productos tienen que estar accesibles.	
2.2. Fichas de seguridad	Las fichas de seguridad de TODOS los productos tienen que estar accesibles.	
2.3. Marcado CE	Verificar la documentación y la ficha técnica. Indicar aquellos productos que tienen declaración de prestaciones de producto o otras certificaciones o normativas ISO o UNE-EN.	
3. ALMACENAMIENTO GENERAL		
3.1. Cobertura	El almacén debe estar cubierto, a resguardo del sol. El material protegido de la lluvia, incluido lateral y del rostro.	
3.2. Separación del suelo	El material debe estar separado del suelo, sin posibilidad de que esté en contacto permanente.	
3.3. Humedad	Ambiente seco. No se tienen que formar condensaciones en el plástico entrecubierto.	
3.4. Temperatura	Verificar en la ficha técnica e indicar las temperaturas de almacenaje de cada uno de los productos.	
3.5. Ventilación	El aire tiene que renovarse permanentemente.	

Programa de puntos de inspección

Id. Proyecto	Capítulo	Detalle del presupuesto	Unidad	Cantidad	Valor
000001	01	Sistema de protección contra la erosión de pavimentos por agentes climáticos, MAPEI Purtop 1000	m ²	100	1000
000002	02	Sistema de protección contra la erosión de pavimentos por agentes climáticos, MAPEI Purtop 1000	m ²	200	2000
000003	03	Sistema de protección contra la erosión de pavimentos por agentes climáticos, MAPEI Purtop 1000	m ²	300	3000
000004	04	Sistema de protección contra la erosión de pavimentos por agentes climáticos, MAPEI Purtop 1000	m ²	400	4000
000005	05	Sistema de protección contra la erosión de pavimentos por agentes climáticos, MAPEI Purtop 1000	m ²	500	5000
000006	06	Sistema de protección contra la erosión de pavimentos por agentes climáticos, MAPEI Purtop 1000	m ²	600	6000
000007	07	Sistema de protección contra la erosión de pavimentos por agentes climáticos, MAPEI Purtop 1000	m ²	700	7000
000008	08	Sistema de protección contra la erosión de pavimentos por agentes climáticos, MAPEI Purtop 1000	m ²	800	8000
000009	09	Sistema de protección contra la erosión de pavimentos por agentes climáticos, MAPEI Purtop 1000	m ²	900	9000
000010	10	Sistema de protección contra la erosión de pavimentos por agentes climáticos, MAPEI Purtop 1000	m ²	1000	10000

Partidas de precios para proyecto

DEPARTAMENTO DE PRESCRIPCIÓN y ASISTENCIA TÉCNICA MAPEI

Soporte técnico al servicio de los profesionales de la construcción



FORMACIÓN TÉCNICA

Reparación y refuerzo de estructuras de hormigón

- Martes 25 de Febrero 17:00 a 19:00
- C/ Rafael García Plazo, es Osma, 36 (Córdoba)
- Miércoles 26 de Febrero 17:00 a 19:00
- Hotel Rio - Sección Puente Nuevo (Bacabot)

Jornada técnica en colaboración con:

caminos Extremadura

Ponente: **Javier Suárez**, Director Técnico Prescripción Mapei Spain, S.A.U. Edificación, Obra Civil e Industria

Pedro A. Madrazo, Product Specialist Refuerzo Estructural Mapei Spain, S.A.U.

Actuaciones en obras hidráulicas: depósitos, presas, EDARs, etc.

Martes 26 de Noviembre de 11:30 a 13:00

Formato: presencial y streaming

Jornada técnica en colaboración con:

caminos Castilla-La Mancha

Ponente: **Eva Valdivieso Coca**, Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, Promotora de Prescripción Mapei Spain, S.A.U. Edificación, Obra Civil e Industria

Saneamiento de estructuras de fábrica

Jueves 16 de enero. Formato híbrido. De 10:00 a 12:00 horas.

Jornada técnica en colaboración con:

COAT VALENCIA

Ponente: **Beatriz Pozo Muñoz**, Prescripción de la zona Levante-Canarias, Ingeniero Químico, Edificación, Obra Civil e Industria

Impermeabilización de cubiertas

Sistemas líquidos vs membranas preformadas

Fecha: Jueves 21 de Noviembre - 19:00 a 21:00

Formato: Presencial (abierto y gratuita)

Lugar: C/te María Curie, 3. 41092 Sevilla

Ponente: **Javier Suárez**, Director Técnico Prescripción Mapei Spain, S.A.U. Edificación, Obra Civil e Industria

FIDAS

Actuaciones integrales en piscinas

Rehabilitación, puntos singulares, impermeabilizaciones y acabados

Málaga - Miércoles 2 de Octubre de 16:30 a 18:30
Paseo del Limonar, 41. 29016

Marbella - Jueves 3 de Octubre de 16:30 a 18:30
Calle Las Marías, Edificio On Line, local 5. 29660

Ponente: **Javier Suárez**, Director Técnico Prescripción Mapei Spain, S.A.U. Edificación, Obra Civil e Industria

Aparejadores MÁLAGA

Rehabilitación y eficiencia energética

Sistemas de aislamiento térmico exterior (SATE)

Jueves 28 de Noviembre - 11:00 a 13:00

Presencial (Av. del Gran Capitán, 32, Córdoba)

Colegio Oficial de Arquitectos de Córdoba

Ponente: **Javier Suárez**, Director Técnico Prescripción Mapei Spain, S.A.U. Edificación, Obra Civil e Industria

Criterios de selección de pavimentos continuos en industria

Jueves 28 de noviembre de 19:30 a 21:00

Formato: presencial, seguido de vino español al finalizar la ponencia

Jornada técnica en colaboración con:

INSTITUTO ESPAÑOL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE BURGOS

Ponente: **Paula de la Iglesia Peña**, Promotora Prescripción Zona Norte Mapei Spain, S.A.U. Edificación, Obra Civil e Industria

Soluciones para Construcción industrializada

JÖDUL

Ponente: **Javier Suárez**, Director Técnico Prescripción Mapei Spain, S.A.U. Edificación, Obra Civil e Industria

Reparación y refuerzo de estructuras de hormigón

- Viernes 15 de Noviembre de 12:30 a 14:30
- Avda. Severo Ochoa S/N 18071, Granada

Jornada técnica en colaboración con:

Departamento de Construcciones Arquitectónicas, Universidad de Granada, Campus de Fuentenueva

Ponente: **Javier Suárez**, Director Técnico Prescripción Mapei Spain, S.A.U. Edificación, Obra Civil e Industria

Pedro A. Madrazo, Product Specialist Refuerzo Estructural Mapei Spain, S.A.U.

SPECIFICATIONS AND TECHNICAL ASSISTANCE DEPARTMENT

Giving support to designers and construction professionals



2024

144 Formaciones Técnica
Más de 2.500 asistentes

- Ingenieros Industriales
- Ingenieros civiles
- Arquitectos y Aparejadores
- Colegios Profesionales
- Universidades



FORMACIÓN TÉCNICA



PRESCRIPCIÓN

La Asistencia Técnica de MAPEI al Servicio del Projectista

Acceso a contenido técnico para proyectos de Edificación, Obra Civil e Industria



Guía de soluciones



Fichas técnicas



Memorias descriptivas de Sistemas Mapei



Bancos de precios



Detalles constructivos y BIM



Herramientas digitales



Cursos de formación



Contacta con tu prescriptor



Agenda de eventos



Asociaciones



Sostenibilidad



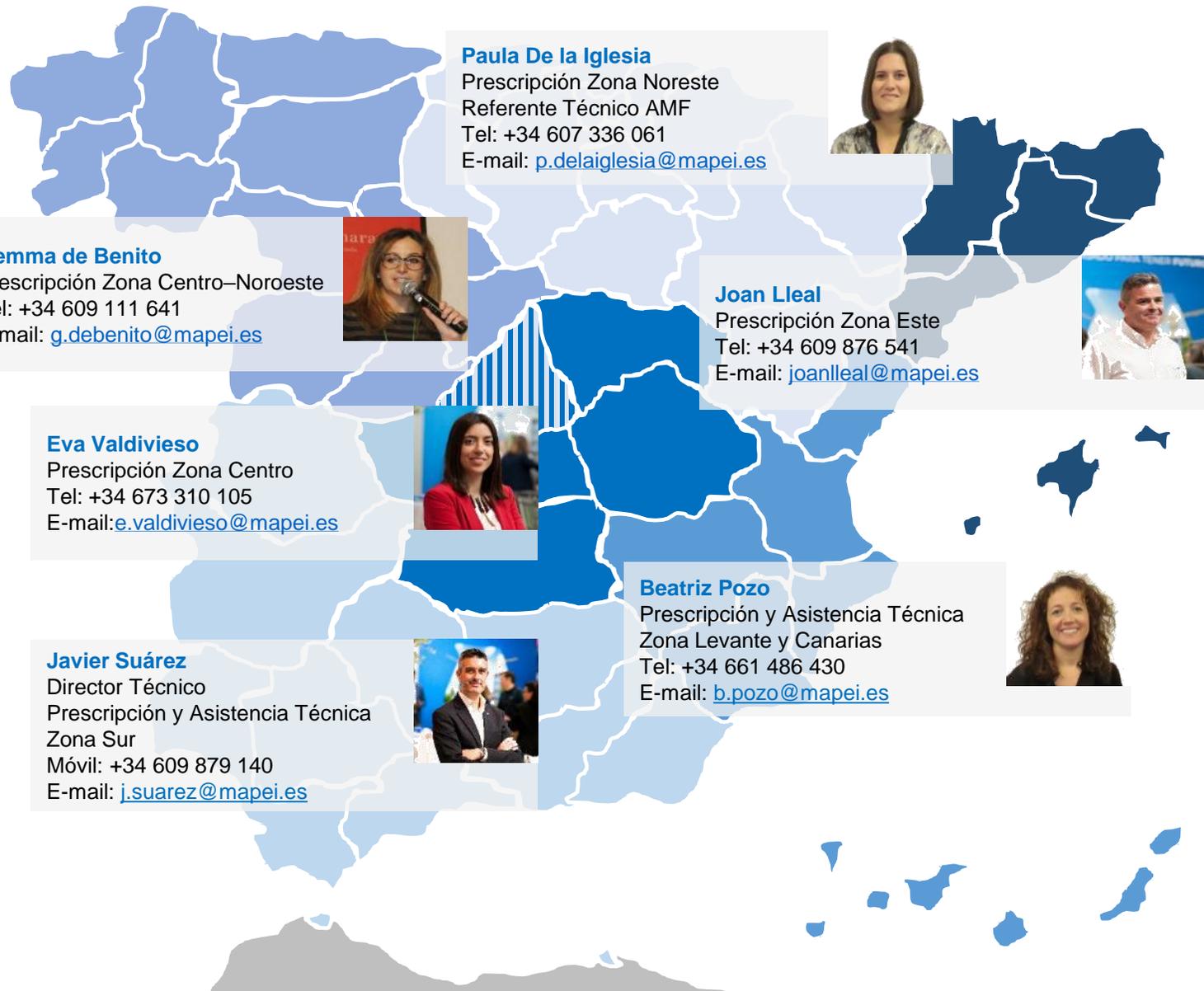
Certificaciones

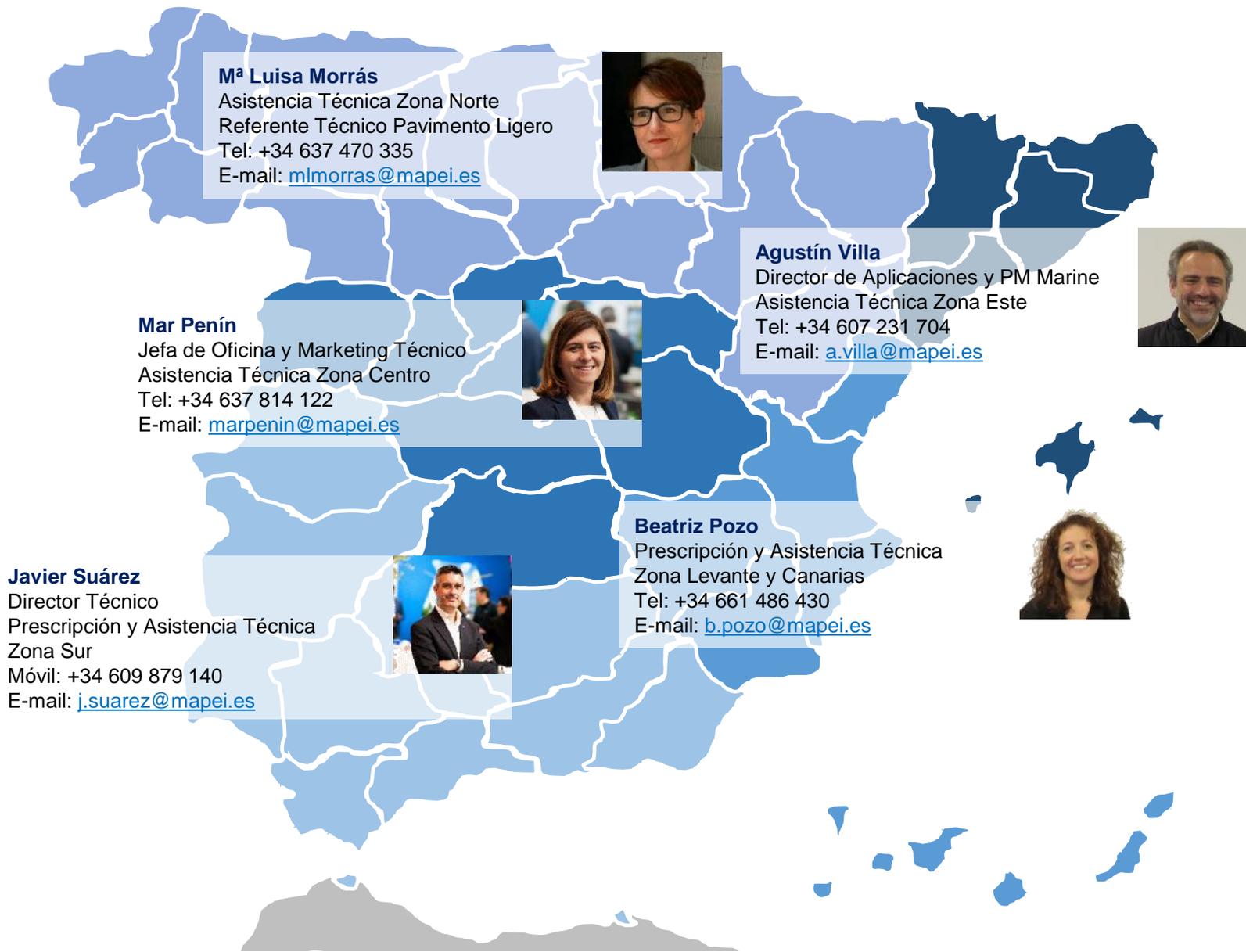
<https://www.mapei.com/es/es/prescripcion>

Departamento de Prescripción

Desde el Departamento de Prescripción de MAPEI damos soporte a ingenierías, estudios de arquitectura, propiedades, y equipos técnicos de aplicadores, distribuidores y constructoras a nivel de:

- Documentos Técnicos (DT)
- Informes Técnicos de Prescripción (ITP)
- Gestión de detalles técnicos con Oficina Técnica
- Partidas valoradas a nivel de proyecto (Presto, BC3, ACAE, Excel)
- Visitas a obra
- Jornadas técnicas en Colegios Profesionales, Ingenierías, Estudios de Arquitectura, Propiedades y equipos técnicos de clientes



**M^a Luisa Morrás**

Asistencia Técnica Zona Norte
Referente Técnico Pavimento Ligero
Tel: +34 637 470 335
E-mail: mlmorras@mapei.es

**Agustín Villa**

Director de Aplicaciones y PM Marine
Asistencia Técnica Zona Este
Tel: +34 607 231 704
E-mail: a.villa@mapei.es

**Mar Penín**

Jefa de Oficina y Marketing Técnico
Asistencia Técnica Zona Centro
Tel: +34 637 814 122
E-mail: marpenin@mapei.es

**Beatriz Pozo**

Prescripción y Asistencia Técnica
Zona Levante y Canarias
Tel: +34 661 486 430
E-mail: b.pozo@mapei.es

**Javier Suárez**

Director Técnico
Prescripción y Asistencia Técnica
Zona Sur
Móvil: +34 609 879 140
E-mail: j.suarez@mapei.es



Departamento Técnico

Desde el Departamento de Asistencia de MAPEI damos soporte a aplicadores, distribuidores y constructoras a nivel de:

- Documentos Técnicos (DT)
- Informes Técnicos (IAT)
- Informes Técnicos de Prescripción (ITP)
- Visitas a obra
- Jornadas técnicas para aplicadores, distribuidores, constructoras y universidades, estudios, ingenierías y propiedades
- Gestión de incidencias

Cinzia Maggio

Coordinadora de Oficina Técnica y Sostenibilidad
Tel: +34 673 077 037
E-mail: c.maggio@mapei.es

Lidia Santamaría

Oficina y Marketing Técnico
Tel: +34 607 335 570
E-mail: l.santamaria@mapei.es



Preguntas y consultas



Ponente:



Javier Suárez
Director Técnico Construcción Mapei Spain, S.A.U.
Edificación, Obra Civil e Industria
609879140 / j.suarez@mapei.es

Encuesta valoración jornada:

