

Conceptos de reparación y protección de estructuras de hormigón

11 de Febrero de 2021

Victoriano Casas.

Dto. Técnico y Especificación zona sur Master Builders Solutions

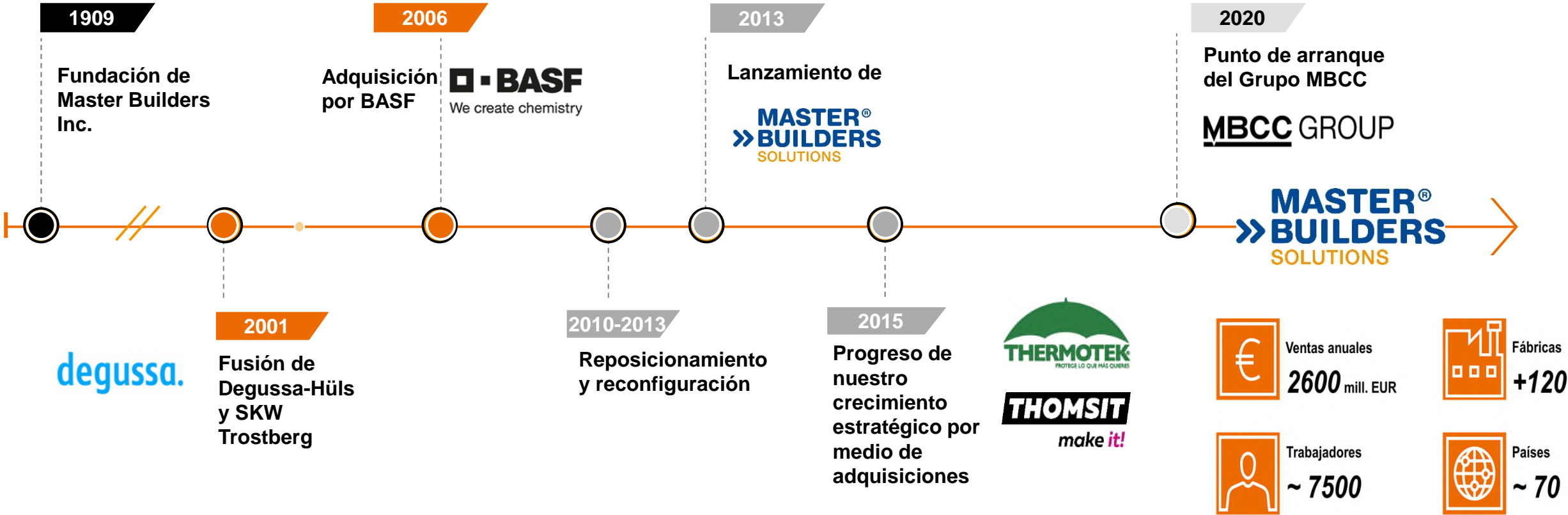
Soluciones para construcción en



Master Builders Solutions – Más de 110 años de historia

¿Quiénes somos? MBCC Group

Grupo MBCC – Nuestro recorrido



Soluciones para la edificación, obra civil, e industria

- Protección de armaduras
- Puentes de unión
- Morteros de reparación
- Inyección de fisuras
- Refuerzo de carbono
- Adhesivos epoxi
- Grout y productos de relleno
- Revestimientos anticarbonatación
- Realcalinizador para el hormigón
- Inhibidor de corrosión migratorio
- Hidrofugantes
- Resinas de anclaje químico

- Membranas impermeables: depósitos, canales, cubiertas
- Membranas de protección química: cubetos secundarios, silos, depósitos
- Sellado de juntas

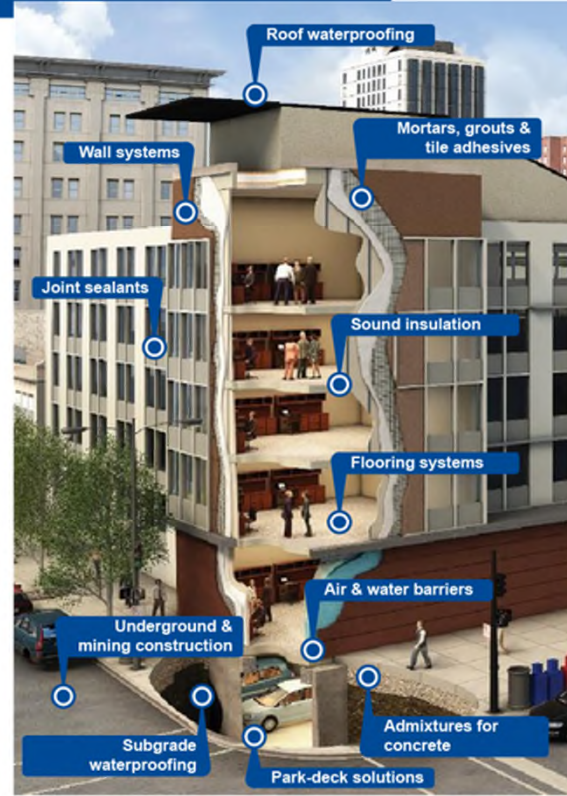
- Morteros cola
- Morteros de rejuntado
- Autonivelantes cementosos
- Ligantes hidráulicos
- Pavimentos industriales
- Pavimentos decorativos



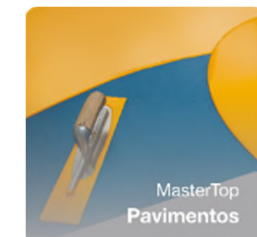
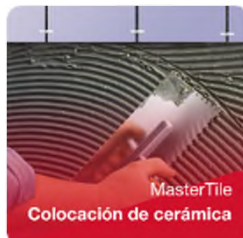
Residencial



Comercial / Industrial

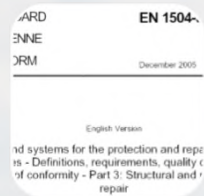


Infraestructura / Obra civil



■ Conceptos de reparación y protección del hormigón

INDICE



1.- Introducción.

Norma UNE EN 1504. Reparación y protección del hormigón
Principales patologías del hormigón

2.- Reparación del hormigón.

Tratamiento de armaduras y morteros de reparación.

3.- Protección del hormigón.

Inhibidor de corrosión migratorio.

4.- Herramientas digitales para el proyectista.

Online Planning Tool (OPT) y Solunaut.

1. Introducción.

- La norma EN 1504: Reparación y Protección del Hormigón.
- Principales patologías de hormigón.

➤ Introducción.

- Uno de los aspectos que preocupa a los profesionales de la construcción, es lo referido a la conservación de las características de una estructura a lo largo del tiempo.



➤ Introducción.



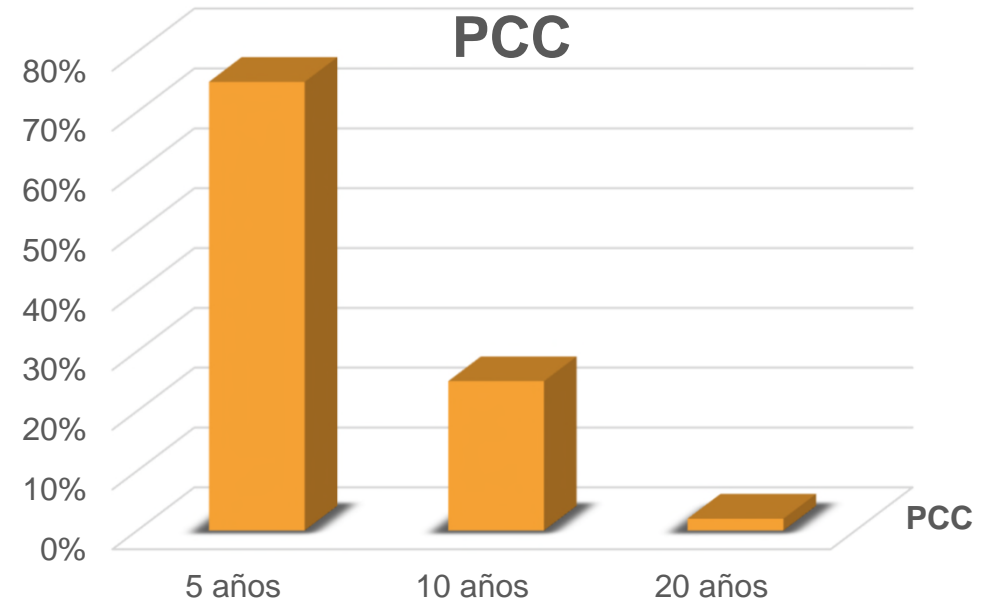
- Mediante un buen mantenimiento y una **CORRECTA** reparación y protección del hormigón el objetivo es aumentar su vida útil.

Introducción.

Proyecto de investigación independiente a escala mundial en 2004 (Fuente: CON REP NET) para medir el grado de satisfacción de los clientes de estructuras reparadas.

**Más del
60% de las
reparaciones
falla antes
de 10 años...**

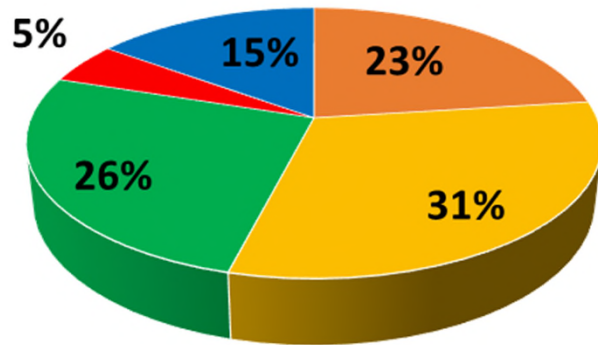
Grado de satisfacción con estructuras reparadas



**1 de cada 4 reparaciones falla antes de 5 años
2 de cada 3 reparaciones falla antes de 10 años**

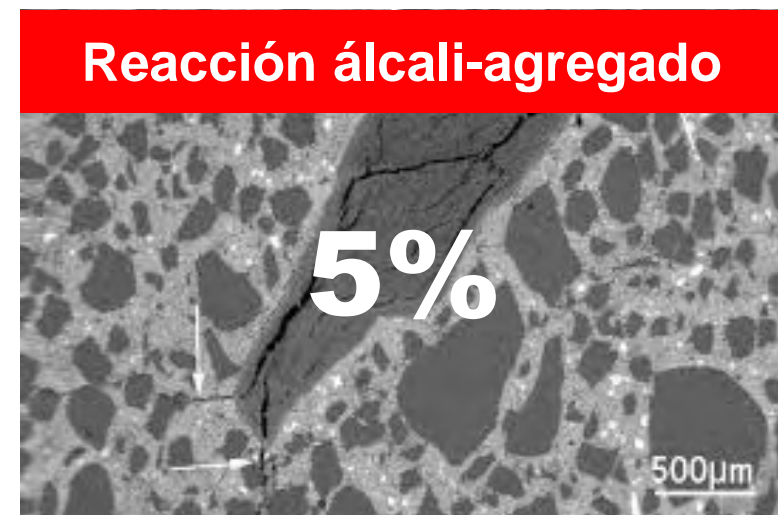
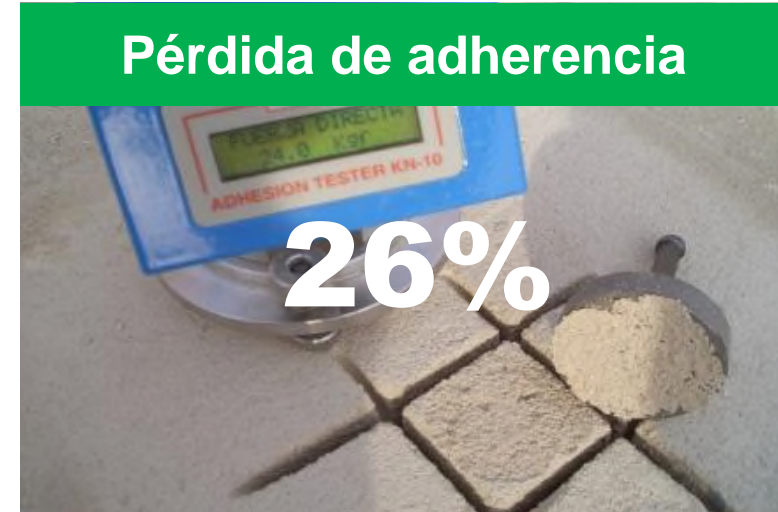
➤➤ Introducción.

Los fallos de las reparaciones



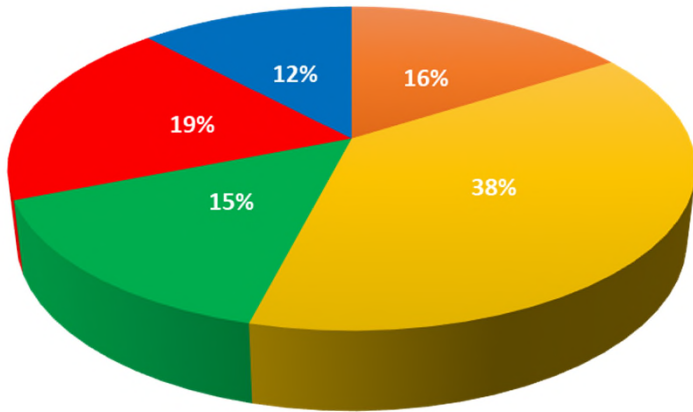
- Corrosión
- Fisuras
- Pérdida adherencia
- AAR

Fuente: CON REP NET



» Introducción.

Las causas de los fallos de las reparaciones



- Incorrecto diagnóstico de las causas del daño
- Elección incorrecta del método de reparación
- Elección incorrecta de los productos de reparación y protección
- Mala ejecución de los trabajos
- Otros factores

Fuente: CON REP NET

**Solución incorrecta
de reparación**

38%

**Aplicación
incorrecta**

19%

**Mal diagnóstico del
origen de los daños**

16%

**Productos no
adecuados**

15%

» Introducción.

Norma EN 1504: Reparación y protección del hormigón.

Variedad de normas locales

Falta de criterios de evaluación de productos

Poca efectividad de los trabajos



European Committee for Standardization
Comité Européen de Normalisation
Europäisches Komitee für Normung

EUROPEAN STANDARD	EN 1504-3
NORME EUROPÉENNE	
EUROPÄISCHE NORM	December 2005
ICS 91.080.40; 01.040.91	
English Version	
Products and systems for the protection and repair of concrete structures - Definitions, requirements, quality control and evaluation of conformity - Part 3: Structural and non-structural repair	

Capítulos **Parte 1:** Términos y definiciones.

Parte 2: Protección superficial del hormigón: **Hidrofugantes y membranas**

Parte 3: Reparación estructural y no estructural: **Morteros de reparación**

Parte 4: Adhesión estructural: **Puentes de unión y adhesivos para refuerzos**

Parte 5: Inyecciones en hormigón: **Resinas y lechadas de inyección**

Parte 6: Anclaje de barras de armado: **Resinas y morteros de anclaje y relleno**

Parte 7: Protección de armaduras frente a corrosión: **Protectores de armaduras**

Parte 8: Control de calidad y evaluación de conformidad de los productos.

Parte 9: Principios para el uso de productos y sistemas de reparación y protección.

Parte 10: Aplicación en obra de productos y control de calidad de los trabajos.

Objeto de la norma:

- Normalizar los trabajos de reparación
- Obtener reparaciones duraderas
- Aumentar la satisfacción del cliente

De obligatorio cumplimiento, afecta a todos los productos de **reparación y protección** de estructuras de hormigón.

» Introducción.

Norma EN 1504: Reparación y protección del hormigón.

EN 1504 parte 9

Tabla 1 – Principios y métodos para protección y reparación de estructuras de hormigón

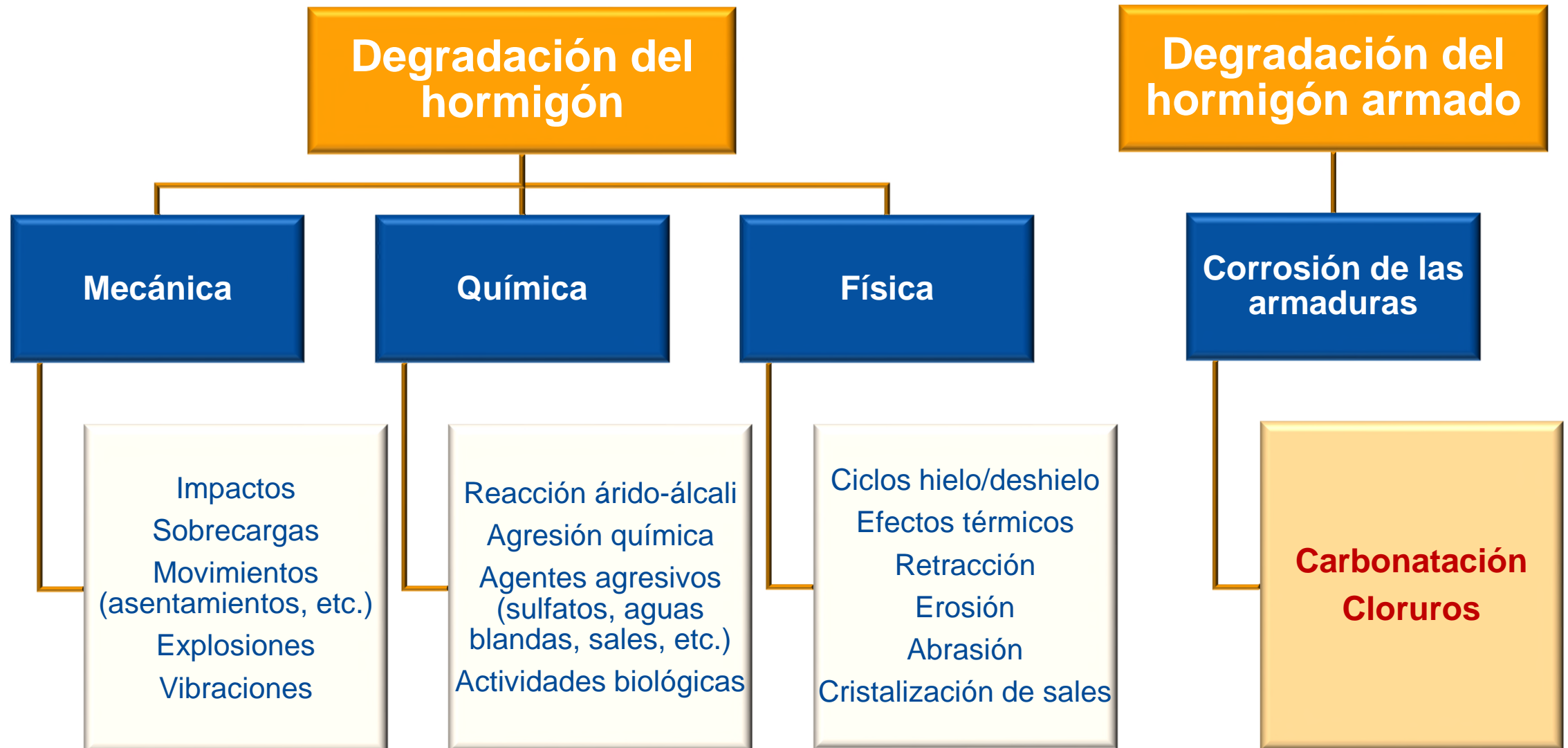
Principio	Ejemplos de métodos basados en los principios	Parte correspondiente de la Norma EN 1504 (en caso necesario)
Principios y métodos relativos a los defectos en el hormigón		
1. Protección contra la penetración	1.1 Impregnación hidrófoba	2
	1.2 Impregnación	2
	1.3 Revestimiento	2
	1.4 Vendaje superficial de las fisuras	
	1.5 Relleno de las fisuras	5
	1.6 Transformación de fisuras en juntas	
	1.7 Levantamiento de paneles exteriores ^a	
	1.8 Aplicación de membranas ^a	
2. Control del grado de humedad	2.1 Impregnación hidrófoba	2
	2.2 Impregnación	2
	2.3 Revestimiento	2
	2.4 Levantamiento de paneles externos	
	2.5 Tratamiento electroquímico	
3. Restauración del Hormigón	3.1 Aplicación manual de mortero	3
	3.2 Relleno con hormigón o mortero	3
	3.3 Proyección de hormigón o mortero	3
	3.4 Reemplazo de elementos	
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)	
5. Incremento de la resistencia física	5.1 Revestimiento	2
	5.2 Impregnación	2
	5.3 Adición de mortero u hormigón	3
6. Resistencia a los productos químicos	6.1 Revestimiento	2
	6.2 Impregnación	2
	6.3 Adición de mortero o de hormigón	3
Principios y métodos relativos a la corrosión de la armadura		
7. Preservación o restauración de la pasividad	7.1 Aumento del recubrimiento con mortero u hormigón adicional	3
	7.2 Reemplazo del hormigón contaminado o carbonatado	3
	7.3 Realcalinización electroquímica del hormigón carbonatado	
	7.4 Realcalinización del hormigón carbonatado por difusión	
	7.5 Extracción electroquímica de cloruros	
8. Incremento de la resistividad	8.1 Impregnación hidrófoba	2
	8.2 Impregnación	2
	8.3 Revestimiento	2
9. Control catódico	9.1 Limitación del contenido en oxígeno (al nivel del cátodo) por saturación o por revestimiento superficial	
10. Protección catódica	10.1 Aplicación de un potencial eléctrico	
11. Control de las zonas anódicas	11.1 Revestimiento activo de la armadura	7
	11.2 Revestimiento de protección de la armadura	7
	11.3 Aplicación de inhibidores de corrosión en o sobre el hormigón	

^a Estos métodos pueden aplicarse también a otros principios.

➤➤ Introducción.

Norma EN 1504: Reparación y protección del hormigón.

EN 1504 parte 9



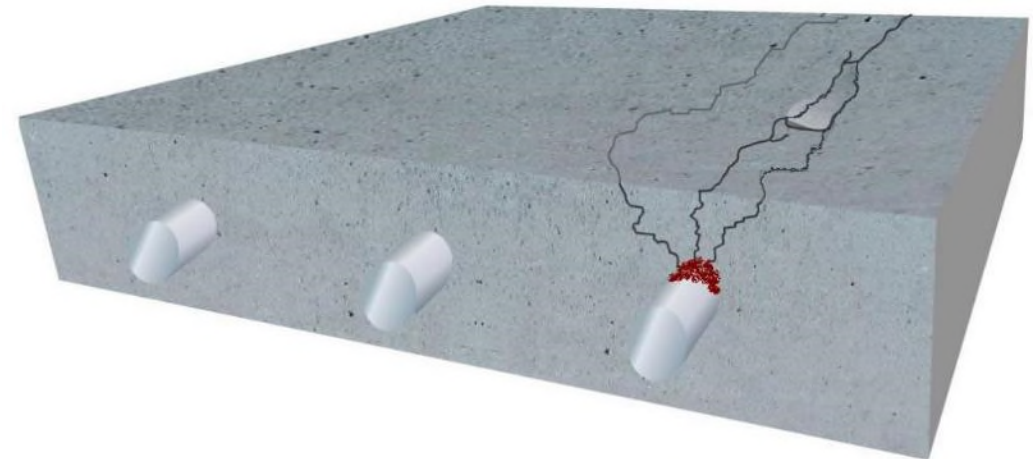
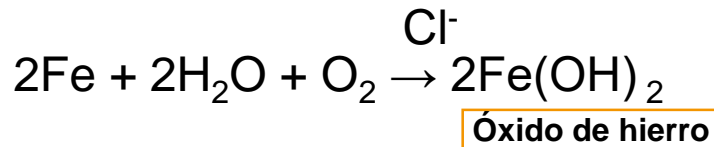
» Introducción.

Principales patologías en estructuras de hormigón armado.

El fenómeno de la oxidación de las armaduras

» Para que se de el fenómeno de la oxidación es necesario que intervengan varios elementos:

- Hierro
- Oxígeno
- Agua
- Opcional: Cloruros (como catalizadores)



» Efectos de la corrosión en el hormigón armado:

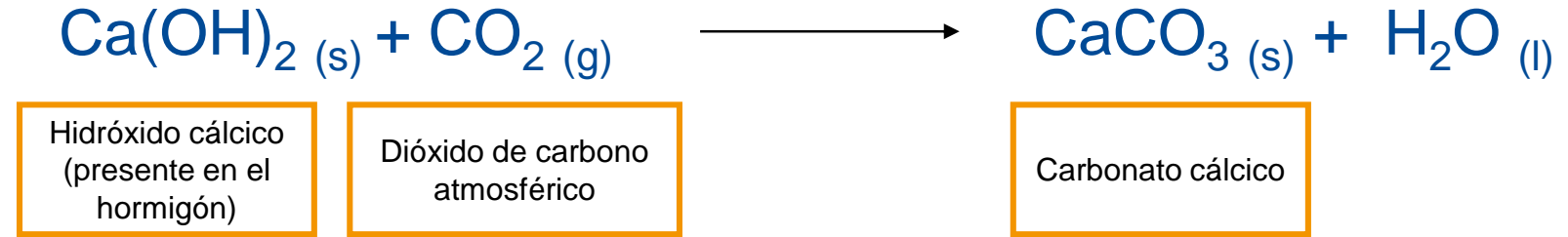
- Los óxidos de hierro aumentan hasta 4 veces de volumen respecto al acero provocando fisuras y roturas en el recubrimiento de hormigón
- El hierro se disuelve (las barras pierden capacidad estructural)

Cuando el hormigón no pasiva las armaduras debido principalmente a procesos como la **carbonatación** y/o a la presencia de **cloruros**, comienza la corrosión de las armaduras.

Introducción.

Principales patologías en estructuras de hormigón armado


Carbonatación:



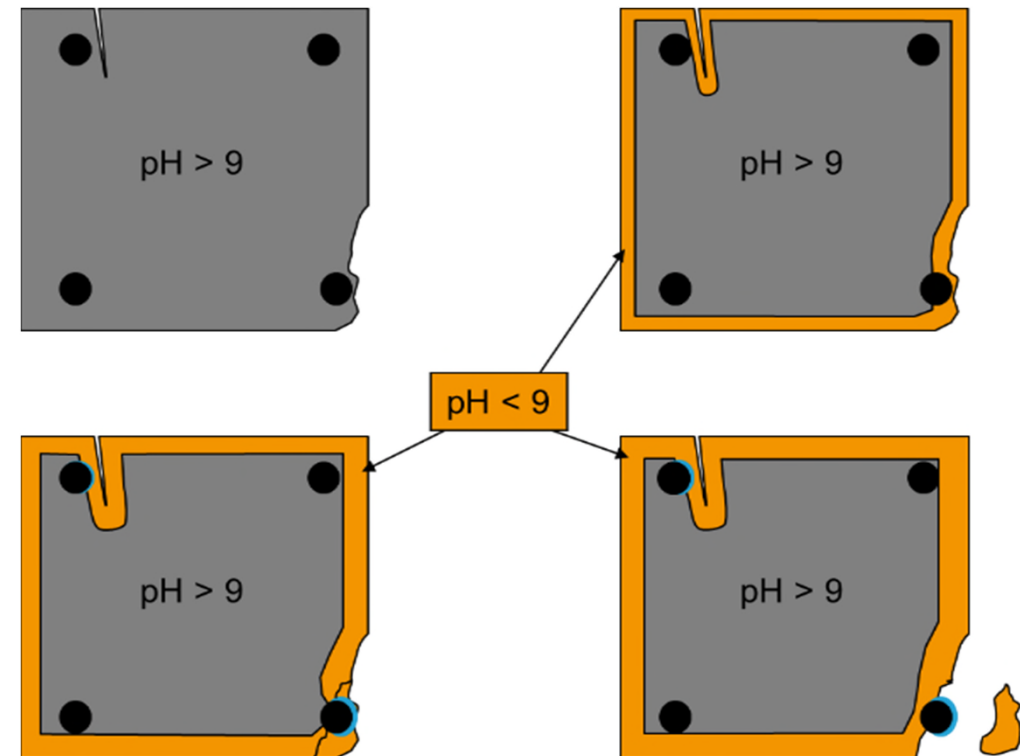
- » La carbonatación es un fenómeno que afecta a todos los hormigones y que avanza como un frente.
- » La carbonatación produce un descenso del pH del hormigón.

 **Hormigón no carbonatado: pH > 9**

- La alcalinidad del hormigón nuevo protege las armaduras

 **Hormigón carbonatado: pH < 9**

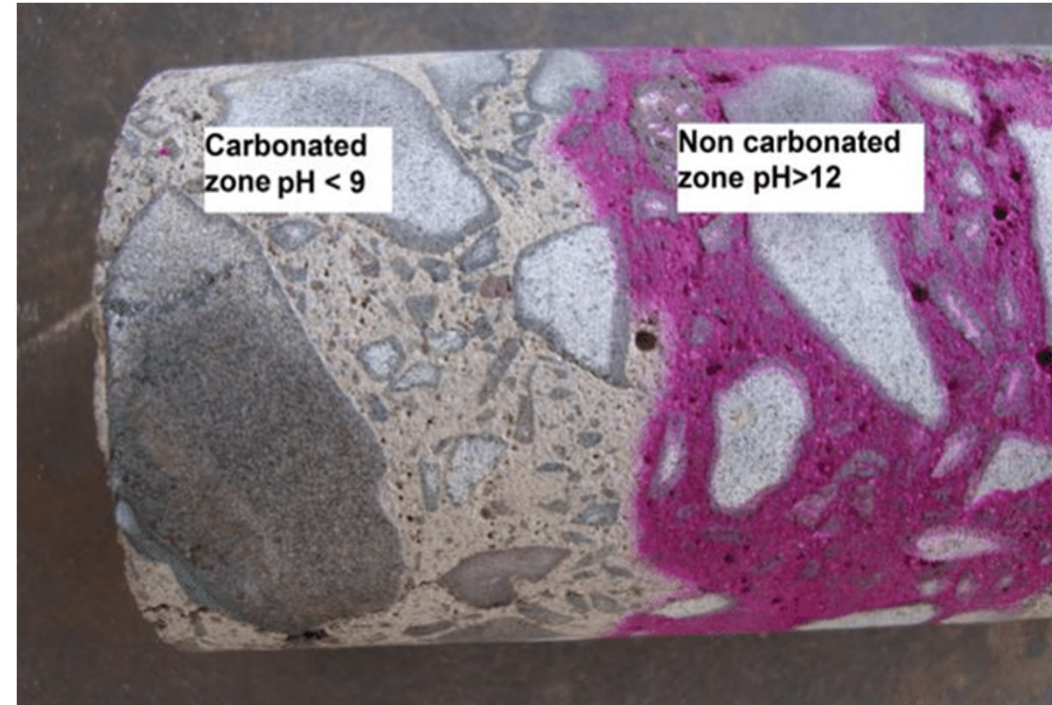
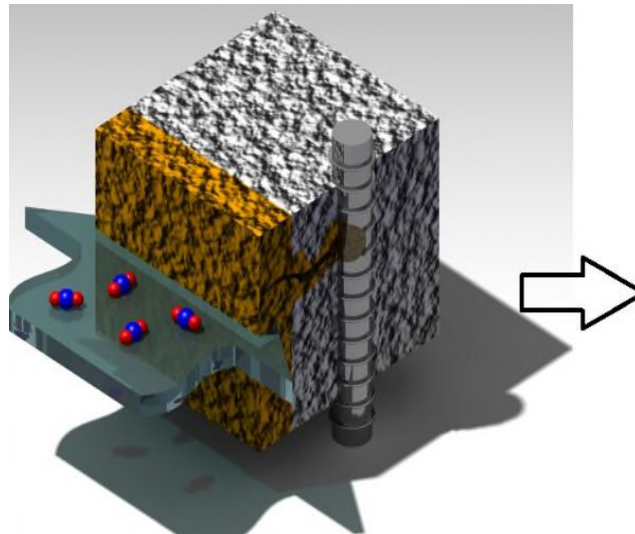
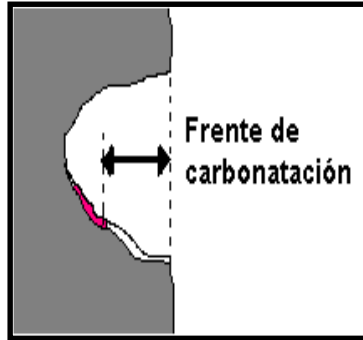
- El hormigón con el tiempo pierde su alcalinidad y deja de proteger las armaduras



» Introducción.

Principales patologías en estructuras de hormigón armado.

Carbonatación:



- » Se emplea fenolftaleína al 0.1% en etanol/agua 7/3.
- » **Color rojo-rosado:**
Soporte no carbonatado.
- » **Incoloro:**
Soporte carbonatado.



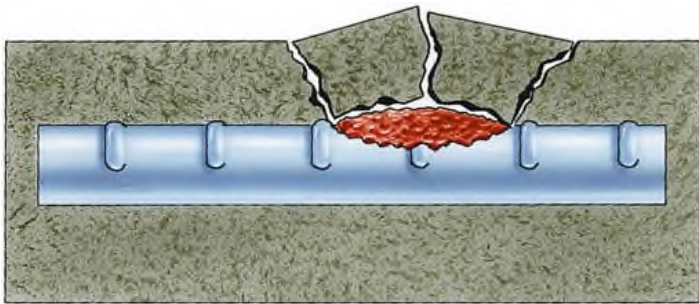
Introducción.

Principales patologías en estructuras de hormigón armado.

Ataque por cloruros:

Los cloruros (Cl^-) actúan como catalizadores (promotores) de la reacción de oxidación de las armaduras

Forman puntos de óxido (corrosión por picadura), y actúan incluso en hormigón con $\text{pH} > 12$



Corrosión por picadura



»» Introducción.

Principales patologías en estructuras de hormigón armado

Ataque por cloruros:

»» Dónde se produce:

- En ambientes marinos
- En ambientes industriales
- Zonas donde se empleen sales de deshielo (NaCl)
- Piscinas
- Tratamientos de limpieza con hipoclorito



2. Reparación del hormigón.



Reparación del hormigón

Primer paso: Preparación del soporte.

Preparación del soporte, picado del hormigón deteriorado y cajeado del perímetro.

Segundo Paso: Protección de las armaduras.

Desoxidación de las armaduras y protección de las mismas.

Tercer paso: Reparación estructural.

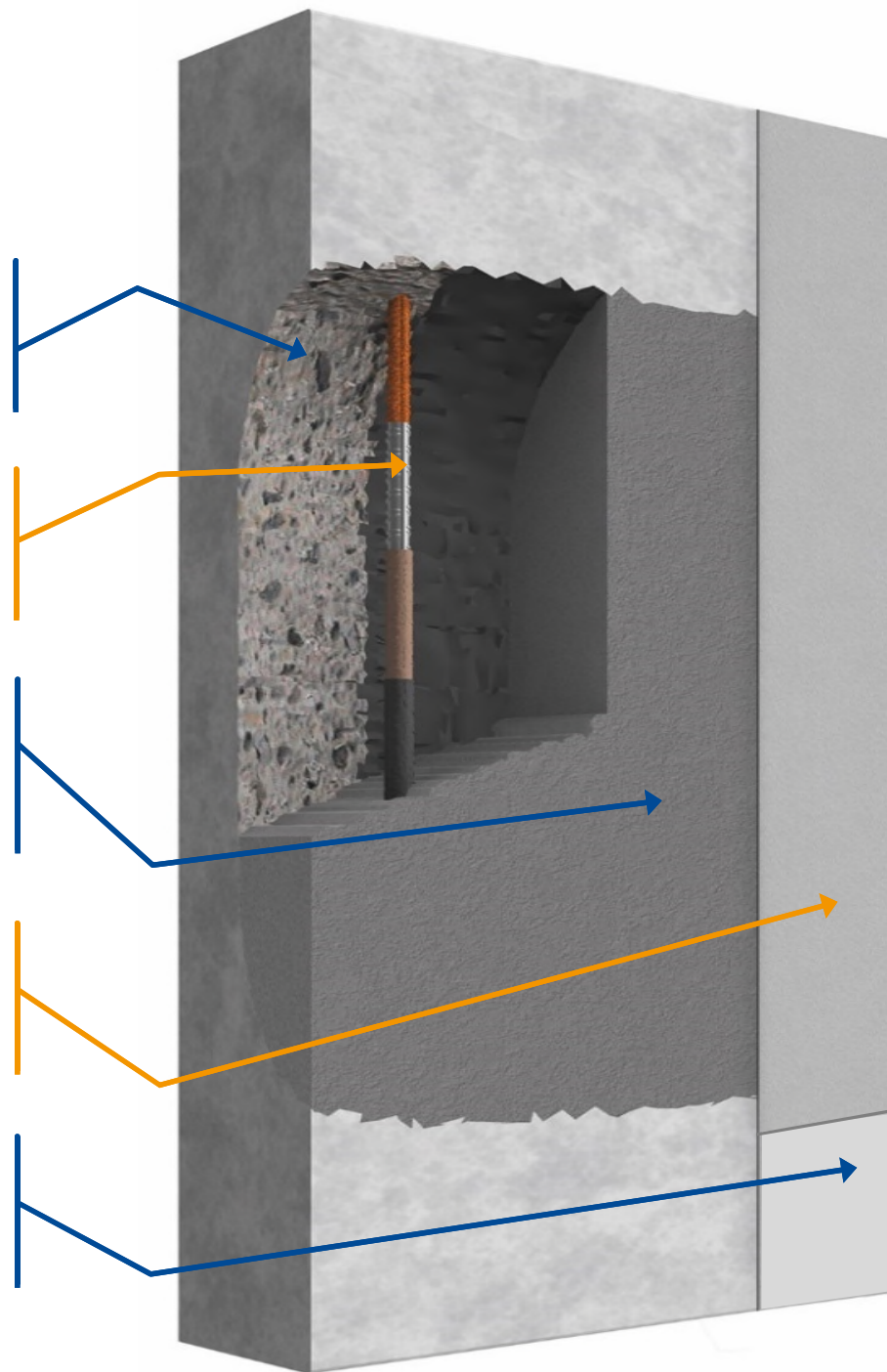
Reconstrucción de la geometría de la estructura con mortero de reparación estructural.

Cuarto paso: Reparación no estructural.

Aplicación de mortero cosmético para dar un acabado uniforme a la superficie.

Quinto paso: Protección del hormigón.

Aplicación a la superficie de una protección frente a las agresiones externas.



Reparación del hormigón

Primer paso: Preparación del soporte.

Preparación del soporte, picado del hormigón deteriorado y cajeado del perímetro.

Cada caso es particular y así mismo lo será la preparación del soporte a realizar.



» Reparación del hormigón

Preparación del soporte.

» ¿Por qué es tan importante la preparación del soporte antes de reparar o de aplicar un producto adherido?

“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” (*ICRI Guideline No. 310.R2 2013*).

CLAVE DEL ÉXITO: PREPARACIÓN DEL SOPORTE – ADHERENCIA

» **El soporte ha de ser firme:** resistencia a tracción media 1,5MPa, (valor mínimo > 1,0MPa)*

» **El acabado final ser uniforme y continuo**

* Dependiendo del sistema que vayamos a aplicar: morteros de reparación, mortero no estructural, membranas impermeabilizantes, pinturas...

Reparación del hormigón

Preparación del soporte.

ICRI Guide Line 310.2 2013 – Perfiles de superficie del soporte (CSPs). Reparación estructural CSP 3 – CSP 9.

CSP1

<0,1mm

CSP2

<0,3mm

CSP3

<0,7mm

CSP4

<1,5mm

CSP5

<2,0mm

CSP6

<3,0mm

CSP7

<5,0mm

CSP8

<7,0mm

CSP9

<9,0mm

CSP10

<10,0mm



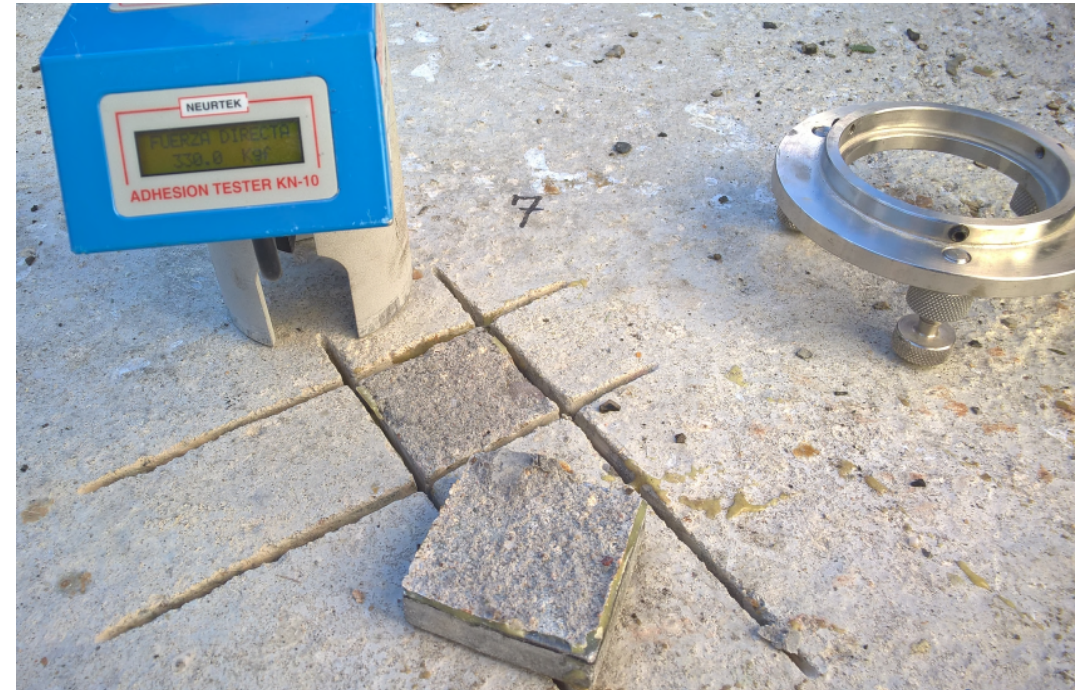
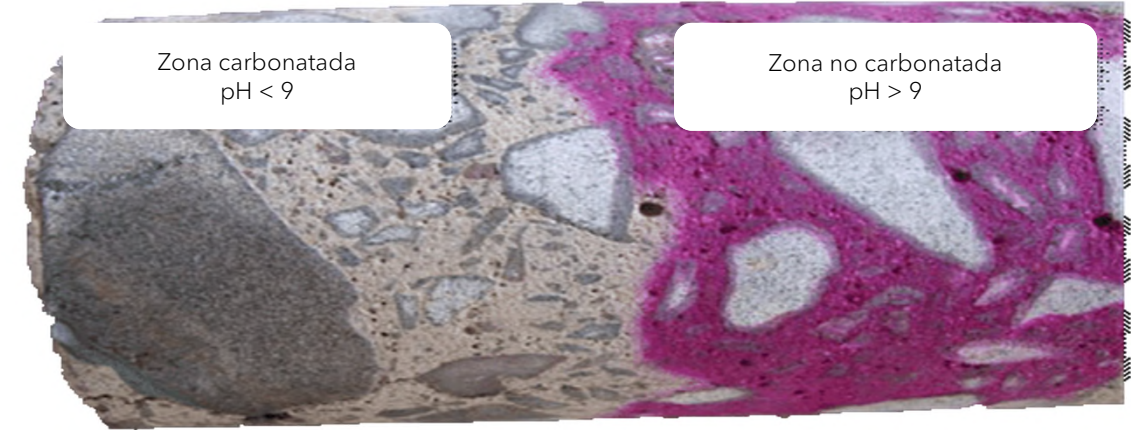
INTERNATIONAL
CONCRETE REPAIR
INSTITUTE



» Reparación del hormigón

Preparación del soporte.

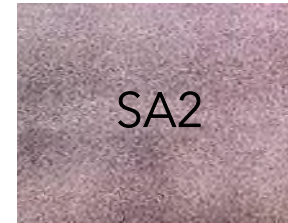
Realizar ensayos al soporte



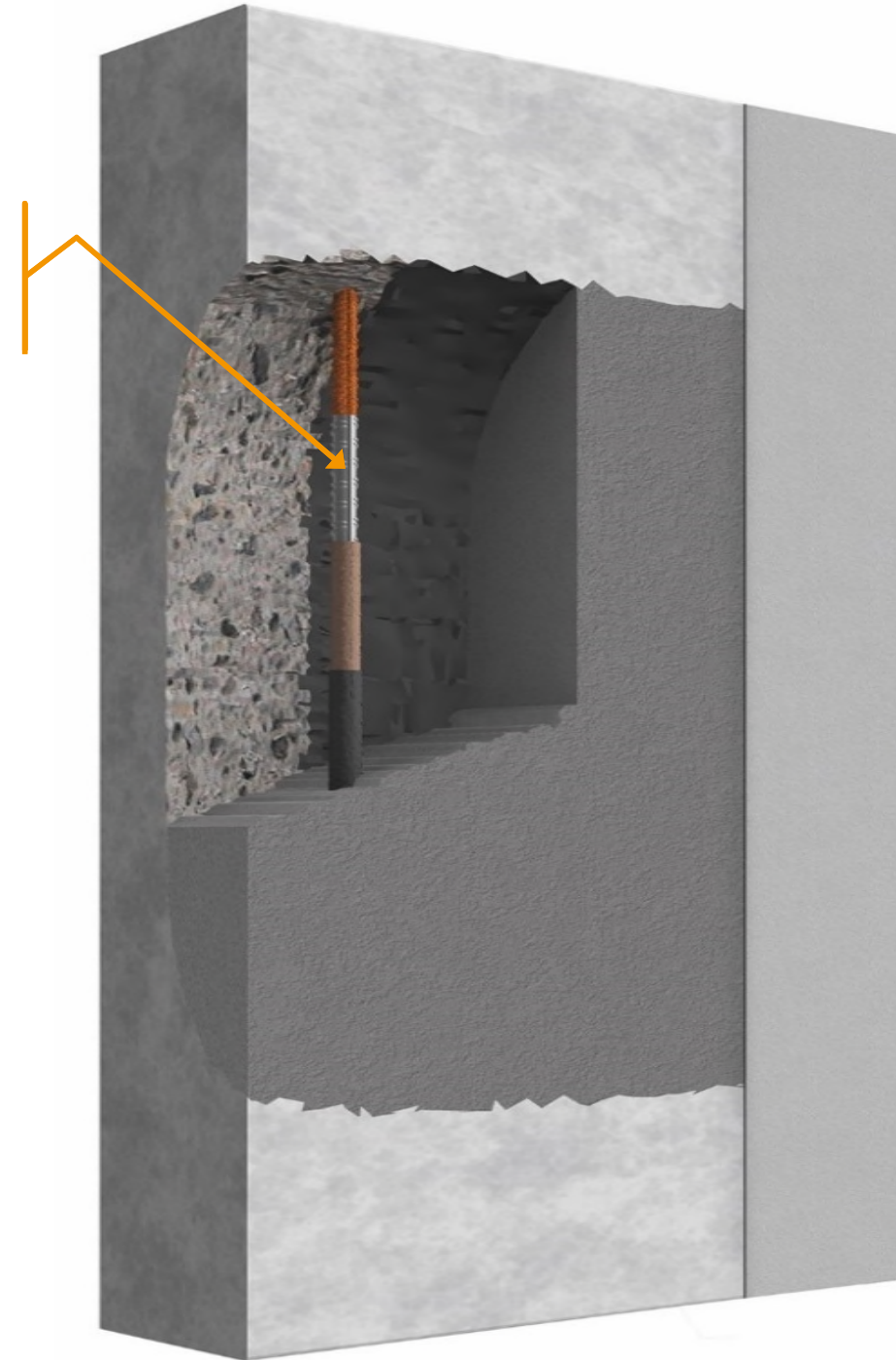
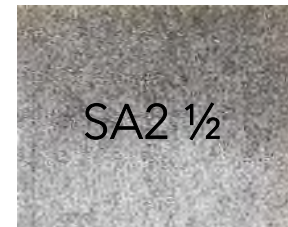
Reparación del hormigón

Segundo Paso: Protección de las armaduras (EN 1504-7).
Desoxidación de las armaduras y protección de las mismas.

Grado SA2 para protección activa (pasivación)



Grado SA2 ½ para protección por barrera



➤➤ Tratamiento de las armaduras

Protectores de Armadura



Protector de armaduras cementoso:

- Protección activa efecto **pasivador** (inhibidor activo contra la corrosión)
- Monocomponente (para mezclar con agua)
- Tiempo abierto 30 minutos

MasterEmaco P 5000 AP

Siempre
recomendaremos aplicar
protectores sobre las
armaduras vistas antes
de reparar

Se puede aplicar el mortero de
reparación con el protector de armadura
fresco o endurecido.



Protector de armaduras epoxi:

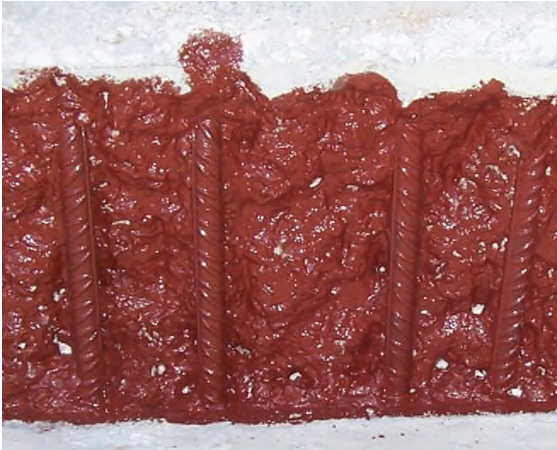
- Protección de armaduras **por barrera**
- Bicomponente.
- Tiempo abierto de 3 horas

MasterEmaco P 2000 BP / P 2100 BP

➤➤ Reparación del hormigón

Tratamiento de las armaduras

Puente de Unión



Nuestros morteros de reparación no requieren puente de unión para garantizar la adherencia, si bien se sigue usando con hormigones o a criterio técnico.

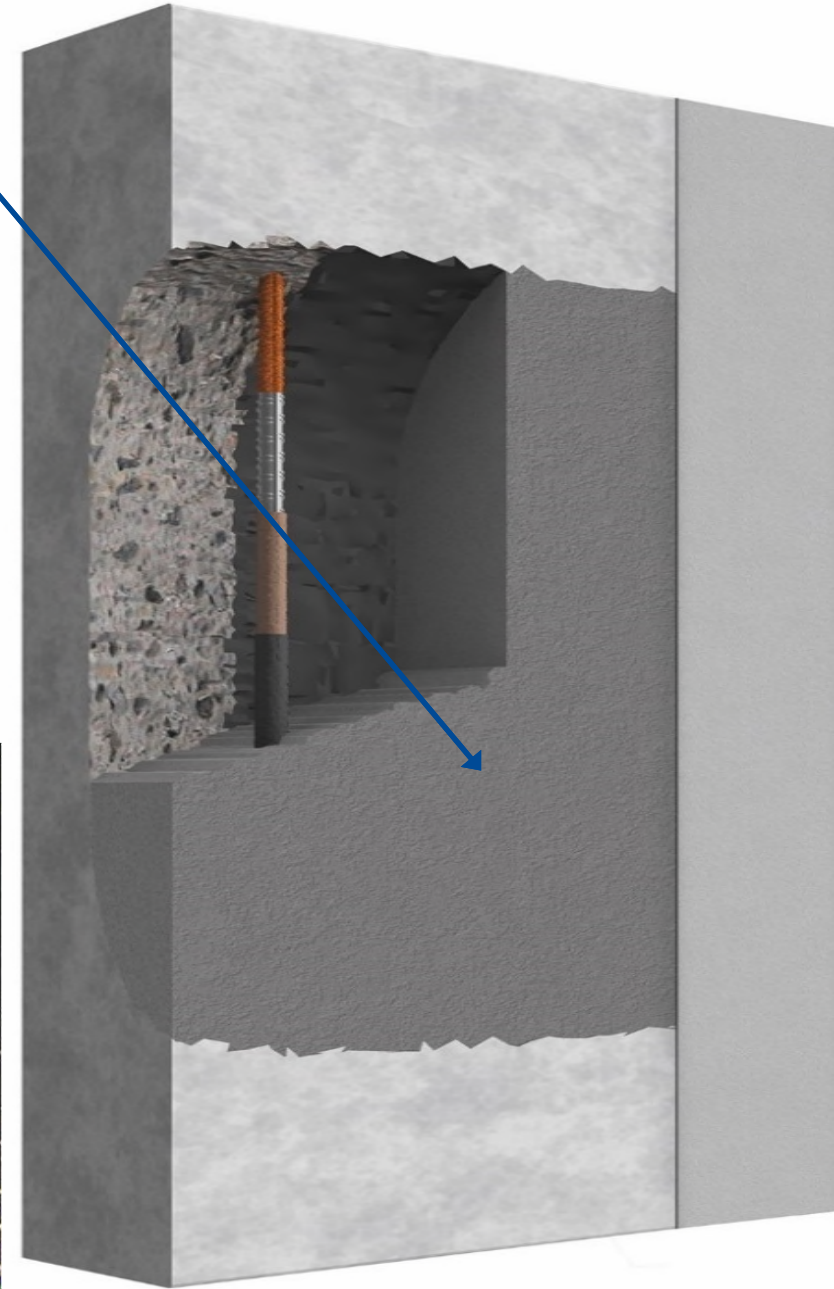
Aplicar siempre el mortero sobre el puente de unión aún fresco

El uso de un puente de unión no compensa realizar una mala preparación del soporte

Reparación del hormigón

Tercer paso: Reparación estructural.

Reconstrucción de la geometría de la estructura con mortero de reparación estructural.



» Reparación del hormigón

Reparación estructural

¿Cómo elegir el mortero de reparación adecuado?

Principales características para seleccionar un mortero

Tipo o clase de mortero

Módulo elástico real

Forma de aplicar: tixotrópico o fluido

Máximos espesores aplicables

Consumos

¿Tiene que ser sulfuresistente?

Reparación del hormigón

Reparación estructural

Tipos de morteros de reparación según EN 1504-3

CARACTERÍSTICAS	Requerimientos			
	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)			
a. Hielo-Deshielo *	≥ 2.0 MPa	≥ 1.5 MPa	≥ 0.8 MPa	Sin fisuras ni delaminación tras 50 ciclos (ninguna fisura > 0.1 mm fisuración media ≤ 0.05 mm)
b. Choque térmico *	≥ 2.0 MPa	≥ 1.5 MPa	≥ 0.8 MPa	
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 requerimiento

Las distintas clases no indican mayor o menor calidad, sino las características **mínimas** del mortero para poder clasificarlo.



El mortero de reparación será coherente con el hormigón a reparar

» Reparación del hormigón

Reparación estructural

Tipos de morteros de reparación según EN 1504-3



**Morteros R4 para reparar
hormigones de altas
resistencias**

Reparación del hormigón

Reparación estructural

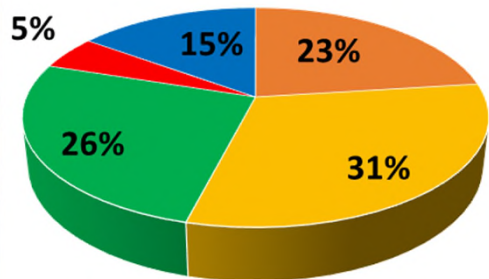
Importancia del Módulo Elástico Real

- A mayor módulo elástico mayor rigidez
- Peor comportamiento solidario con el hormigón reparado
- Mayor tendencia del mortero a fisurar y perder adherencia

Valores de Constantes Elásticas según el material

Material	E (t/cm ²)	μ
Acero	2.000 a 2.100	0.22 a 0.33
Cobre	1.160 a 1.300	0.31 a 0.34
Bronce	1.100	0.32 a 0.35
Hierro fundido	750 a 1600	0.23 a 0.27
Aluminio	760	0.32 a 0.36
Madera (paralela a la fibra)	80 a 120	-
Hormigón	150 a 350	0.10 a 0.20
Mampostería de ladrillo	< 120	-
Caucho	0.01	0.47
Corcho	-	≈ 0.00

Fuente: "Apuntes Científicos" Internet



- Corrosión
- Fisuras
- Pérdida adherencia
- AAR

CARACTERÍSTICAS	Requerimientos			
	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)			

» Reparación del hormigón

Reparación estructural

Importancia del Módulo Elástico



MasterEmaco S 5300

R3 - Cemento sulforresistente
Módulo de elasticidad: 15,1GPa
(permite hacer regularizaciones)
Resistencia: 39MPa aprox.
Aligerado: consume un 20-35% menos
Espesores: 5-75mm

MasterEmaco S 3000 CI

R3- Cemento sulforresistente
Inhibidor de corrosión (alta protección)
Alta resistencia y módulo medio
Módulo de elasticidad: 19GPa
Resistencia: >50MPa
Espesores: 5-75mm

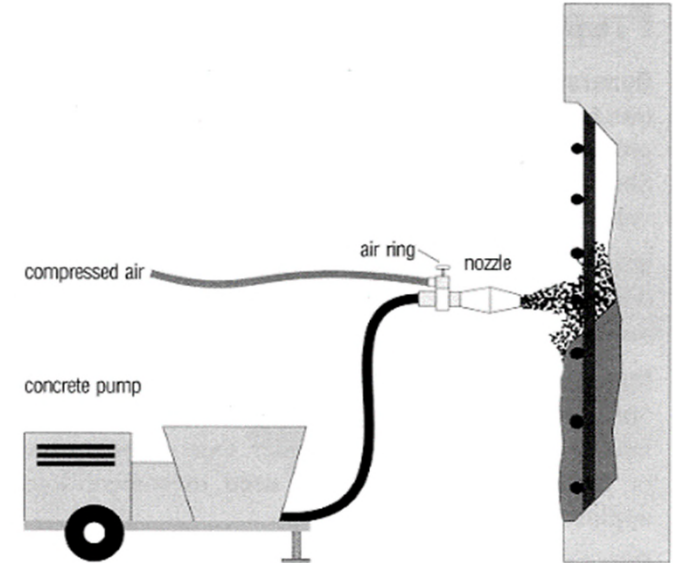
Reparación del hormigón

Reparación estructural

Forma de aplicar el mortero

Morteros tixotrópicos

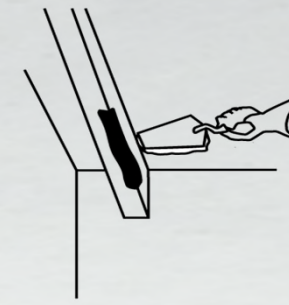
Sin descuelgue, aplicaciones manuales o por proyección en vertical o techos



»» Reparación del hormigón

Reparación estructural

Forma de aplicar el mortero



Morteros tixotrópicos

Ventajas

- »» No se requieren herramientas especializadas.
- »» Fácil y rápido de aplicar sobre todo en pequeñas actuaciones.
- »» Operarios habituados a este tipo de morteros.

Desventajas

- »» La compactación depende del “brazo” del operario.
- »» Se producen frecuentes errores de compactación.
- »» Dificultades tras las armaduras.
- »» Dificultades en aplicaciones de grandes volúmenes.
- »» Requiere soportes con un perfil mínimo de rugosidad pronunciada.

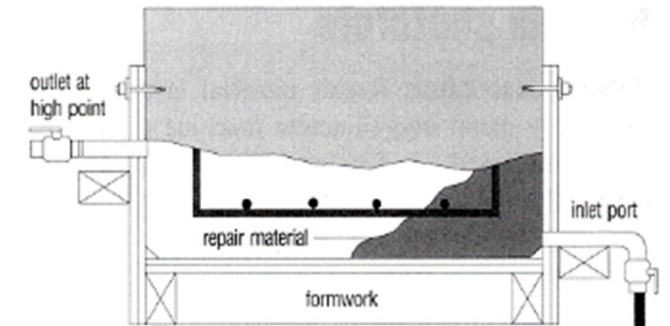
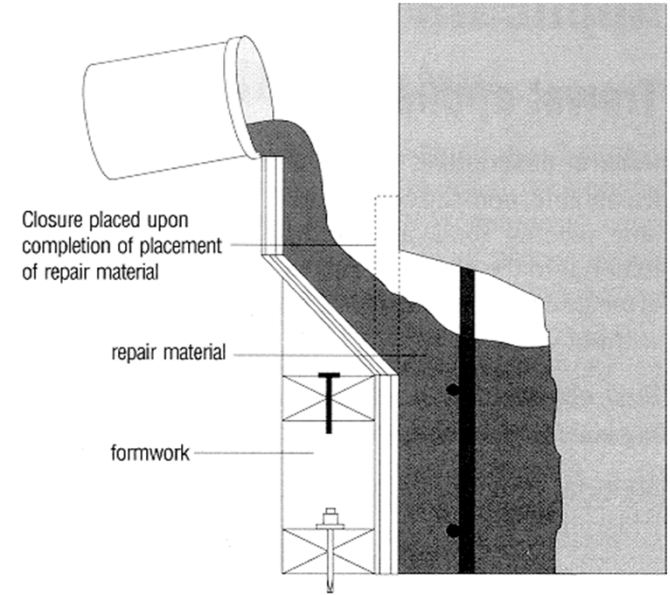
Reparación del hormigón

Reparación estructural

Forma de aplicar el mortero

Morteros Fluidos

Aplicaciones por vertido o bombeo en encofrado



➤➤ Reparación del hormigón

Reparación estructural

Forma de aplicar el mortero

Morteros Fluidos

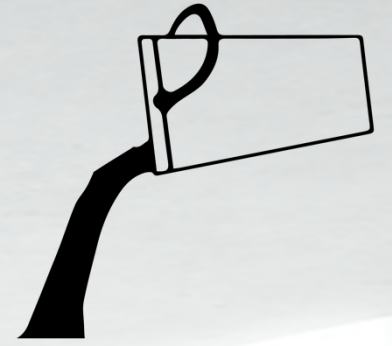
MasterEmaco S 5450 PG



»» Reparación del hormigón

Reparación estructural

Forma de aplicar el mortero



Morteros fluidos

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 inmediato.
- »» El encofrado soporta el peso del material. No hay descuelgues.

Desventajas

- »» Montar encofrado.
- »» Dificulta el uso de puentes de unión.
- »» En general el material debe llevarse a la parte alta del encofrado.
- »» Existe el riesgo de segregación en vertidos a gran altura.

Reparación del hormigón

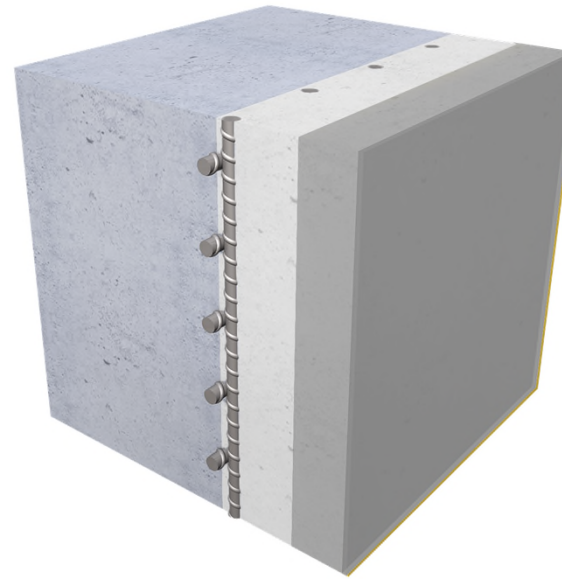
Reparación estructural

Importancia del Espesor de Aplicación

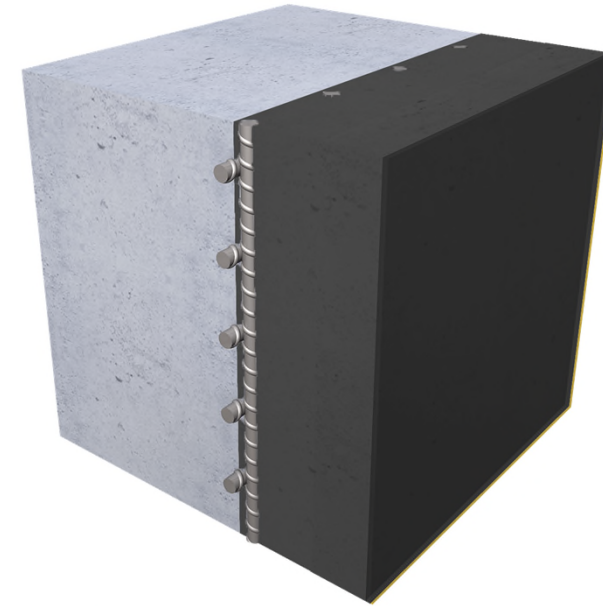
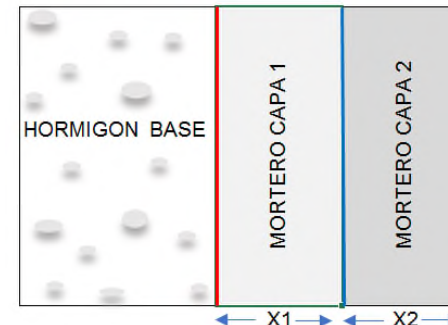
Reducción de puntos críticos: Interfases con posibles pérdidas de adherencia

MBS DISPONE DE MORTEROS DE APLICACIÓN EN MÁS DE 75 mm EN UNA CAPA frente a la mayoría del mercado que ronda los 45 mm

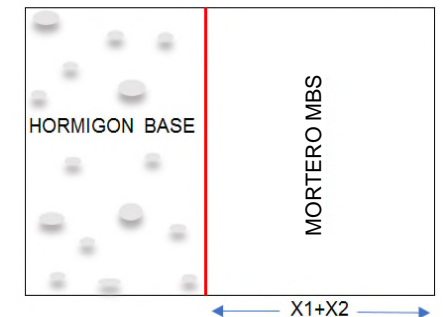
Mejor calidad y durabilidad



Interfase 1 interfase 2



Interfase 1



>> Reparación del hormigón

Reparación estructural

Importancia del Consumo de Material

Cuando reparamos con un mortero necesitamos rellenar un volumen X

La mayoría de los morteros tiene una densidad de 2,0 kg/L

MBS dispone de algún mortero con densidad 1,5L/kg (consumo -25%)



Mover menos peso implica:
Menor fatiga del operario
Menor gasto en transporte
Menor gasto de recursos

Reducción de puntos críticos (uniones, error por fatiga)

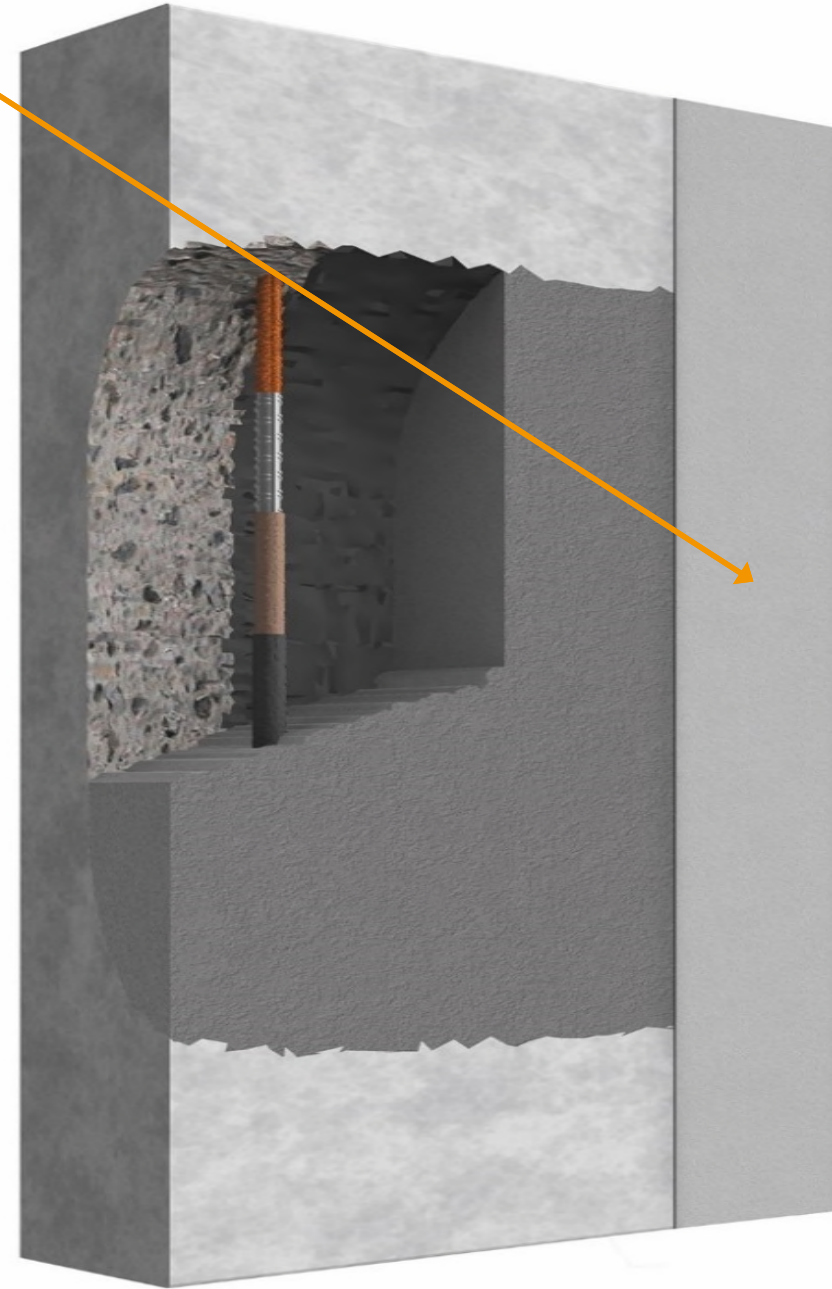
Menos puntos críticos mejoran la durabilidad de la ejecución

Reparación del hormigón

Cuarto paso: Reparación no estructural.

Aplicación de mortero cosmético para dar un acabado uniforme a la superficie (o de protección extra).

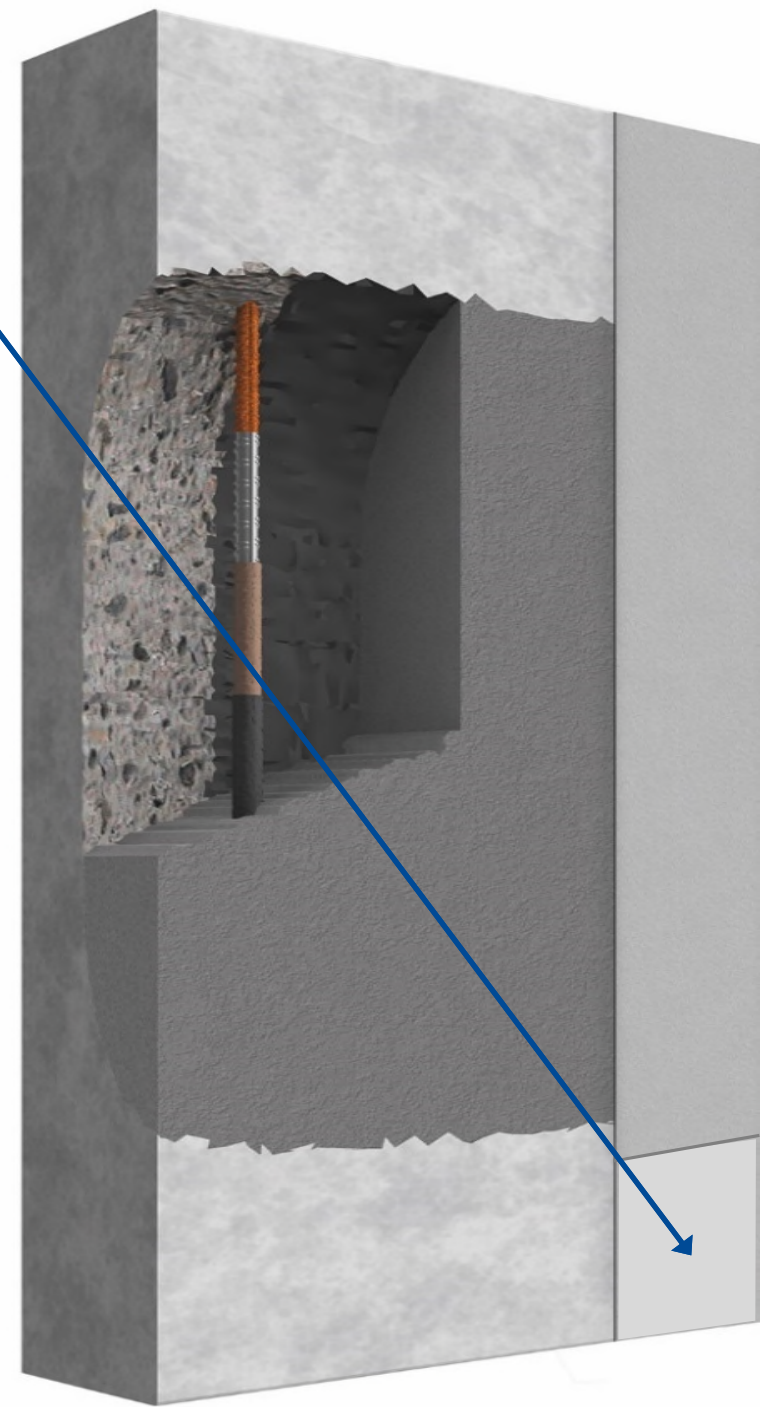
MasterEmaco N 205 FC (mortero de reparación no estructural clase R2)



Reparación del hormigón

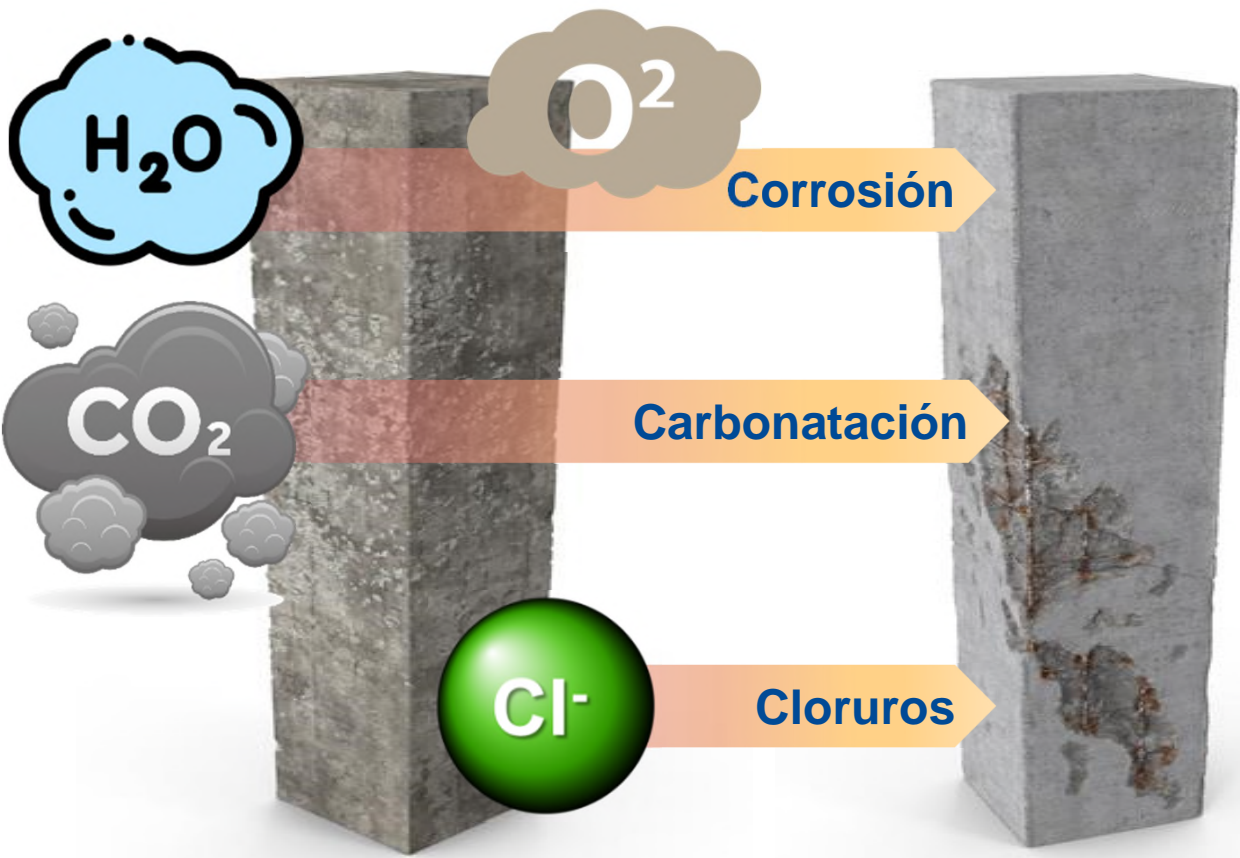
Quinto paso: Protección del hormigón.

Aplicación a la superficie de una protección frente a las agresiones externas.



3. Protección del hormigón.

Protección del hormigón



1.1 Impregnación hidrofugante	EN 1504-2: <ul style="list-style-type: none"> Hidrofugante: MasterProtect H 305, MasterProtect 8000 CI
1.2 Impregnación	Película delgada discontinua...
1.3 Revestimiento superficial con o sin capacidad de puenteo de fisuras	EN 1504-2: <ul style="list-style-type: none"> Pintura anticarbonatación: MasterProtect 320/325 EL Membranas impermeables: MasterSeal 6100 FX, MasterSeal M 808

Tabla 1 – Principios y métodos para protección y reparación de estructuras de hormigón

Principio	Ejemplos de métodos basados en los principios	Parte correspondiente de la Norma EN 1504 (en caso necesario)
Principios y métodos relativos a los defectos en el hormigón		
1. Protección contra la penetración	1.1 Impregnación hidrofoba	2
	1.2 Impregnación	2
	1.3 Revestimiento	2
	1.4 Vendaje superficial de las fisuras	
	1.5 Relleno de las fisuras	5
	1.6 Transformación de fisuras en juntas	
	1.7 Levantamiento de paneles exteriores ^a	
	1.8 Aplicación de membranas ^a	
2. Control del grado de humedad	2.1 Impregnación hidrofoba	2
	2.2 Impregnación	2
	2.3 Revestimiento	2
	2.4 Levantamiento de paneles externos	
	2.5 Tratamiento electroquímico	
3. Restauración del Hormigón	3.1 Aplicación manual de mortero	3
	3.2 Relleno con hormigón o mortero	3
	3.3 Proyección de hormigón o mortero	3
	3.4 Reemplazo de elementos	
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)	
5. Incremento de la resistencia física	5.1 Revestimiento	2
	5.2 Impregnación	2
	5.3 Adición de mortero u hormigón	3
6. Resistencia a los productos químicos	6.1 Revestimiento	2
	6.2 Impregnación	2
	6.3 Adición de mortero o de hormigón	3
Principios y métodos relativos a la corrosión de la armadura		
7. Preservación o restauración de la pasividad	7.1 Aumento del recubrimiento con mortero u hormigón adicional	3
	7.2 Reemplazo del hormigón contaminado o carbonatado	3
	7.3 Realcalinización electroquímica del hormigón carbonatado	
	7.4 Realcalinización del hormigón carbonatado por difusión	
	7.5 Extracción electroquímica de cloruros	
8. Incremento de la resistividad	8.1 Impregnación hidrofoba	2
	8.2 Impregnación	2
	8.3 Revestimiento	2
9. Control catódico	9.1 Limitación del contenido en oxígeno (al nivel del cátodo) por saturación o por revestimiento superficial	
10. Protección catódica	10.1 Aplicación de un potencial eléctrico	
11. Control de las zonas anódicas	11.1 Revestimiento activo de la armadura	7
	11.2 Revestimiento de protección de la armadura	7
	11.3 Aplicación de inhibidores de corrosión en o sobre el hormigón	

^a Estos métodos pueden aplicarse también a otros principios.

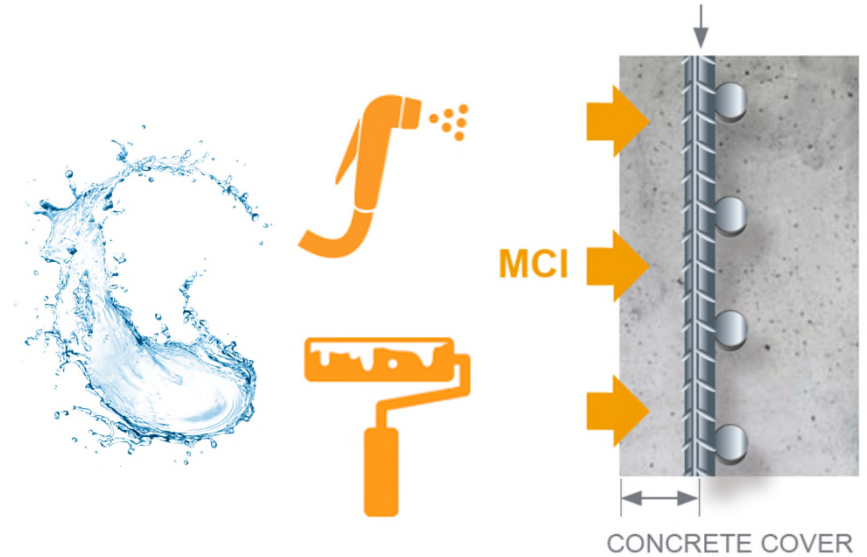
Protección del hormigón

Inhibidores de corrosión migratorios sobre hormigón armado

Inhibidores de corrosión migratorios (ICM):

Productos líquidos, normalmente transparentes, que se aplican sobre la superficie del hormigón armado mediante spray o a rodillo.

Migran hasta alcanzar las armaduras donde crean una barrera protectora que reduce la velocidad de corrosión: **inhiben la corrosión.**



➤➤ Protección del hormigón

Inhibidores de corrosión migratorios sobre hormigón armado

Efectividad:

En el mercado existen diferentes tipos de inhibidores de corrosión migratorios de distinta naturaleza, y por tanto con distinta efectividad.

La efectividad de un agente inhibidor de corrosión migratorio (ICM) depende de:

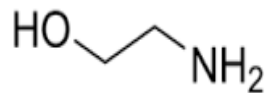
Tamaño molecular
(capacidad de migración)

Resistencia al agua
(no ser hidrosolubles)

Resistencia a la oxidación
(durabilidad)

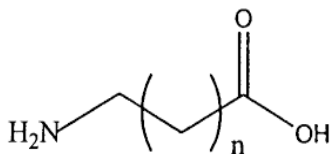
» Protección del hormigón

Inhibidores de corrosión migratorios sobre hormigón armado



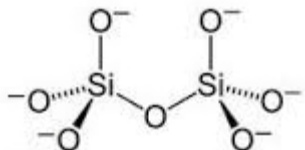
» Aminoalcoholes:

Eficacia cuestionada en numerosos estudios independientes (Swiss Corrosion Society, Politecnico di Milano, Univ. de Cagliari, Swiss Federal Institute of Technology). Reducida capacidad de penetración que limita su efecto.



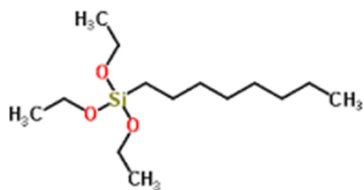
» Aminocarboxilatos:

Limitada durabilidad del efecto protector contra la corrosión a medio-largo plazo porque se consume progresivamente por acción del oxígeno atmosférico y sufre lixiviación por la acción del agua. Baja efectividad en hormigón carbonatado.



» Silicatos:

En realidad no actúan sobre la corrosión y no pueden ser considerados como agentes inhibidores de corrosión. Actúan solamente a nivel superficial como tapa-poros y su efecto para paralizar las reacciones de corrosión es nulo.



» Organo-alquil silanos – *Master Builders Solutions* – **MasterProtect 8000 CI**

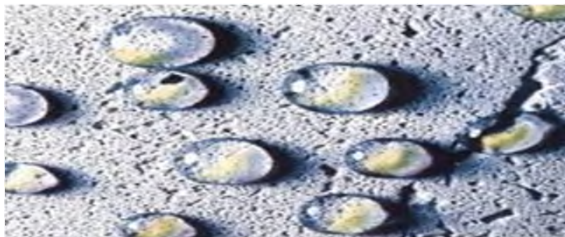
Viscosidad inferior al agua que les otorga una gran capacidad de penetración. Se anclan a la armadura y a la matriz de una forma muy intensa y duradera que evita su lavado y lixiviación. Protegen contra la corrosión modificando la resistividad del hormigón y no por mecanismos de sacrificio. Más efectivos y durables que las otras tecnologías, con mayor tolerancia a los cloruros y la carbonatación.

Protección del hormigón

Inhibidores de corrosión migratorios sobre hormigón armado

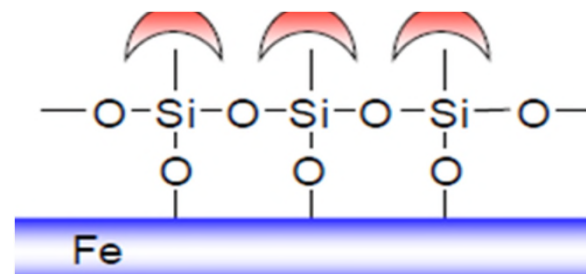
MasterProtect 8000 CI

- Se presenta en estado líquido, transparente y en su forma pura.
- Es un compuesto de reducido peso molecular y de muy baja viscosidad (menos viscoso que el agua): **elevada capacidad de migración**.
- En la misma molécula se disponen los grupos de anclaje de carácter polar, y un radical orgánico de carácter apolar: **elevada movilidad** hasta alcanzar las armaduras.



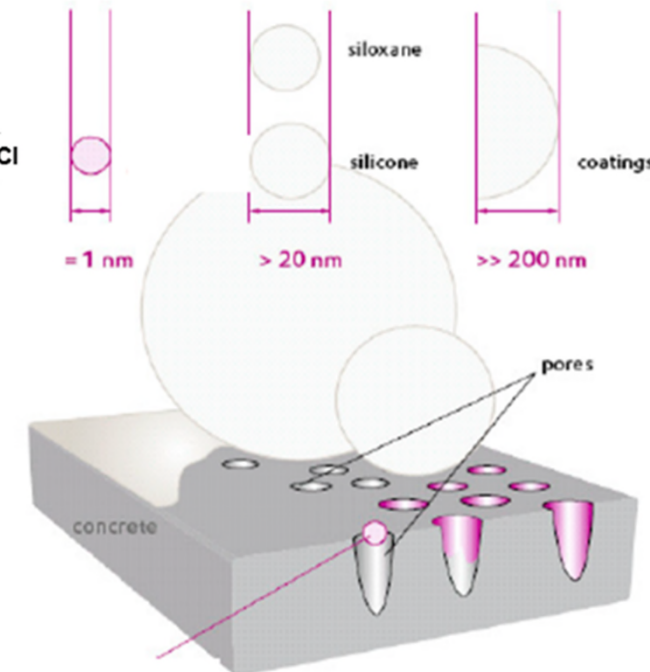
Producto anclado en el interior de los poros del hormigón.

- Hidrofuga reduciendo la entrada de agua (vehículo para los agentes agresivos como el cloruro).
- Reduce la difusión de CO₂ y de O₂.
- Actúa como antioxidante a modo de primera protección contra la oxidación



Producto anclado en la superficie de la armadura.

- Expulsa el agua en la zona alrededor de la armadura.
- Incrementa la resistividad** impidiendo el movimiento de electrones (paraliza la corrosión)



MasterProtect 8000 CI

Protección del hormigón

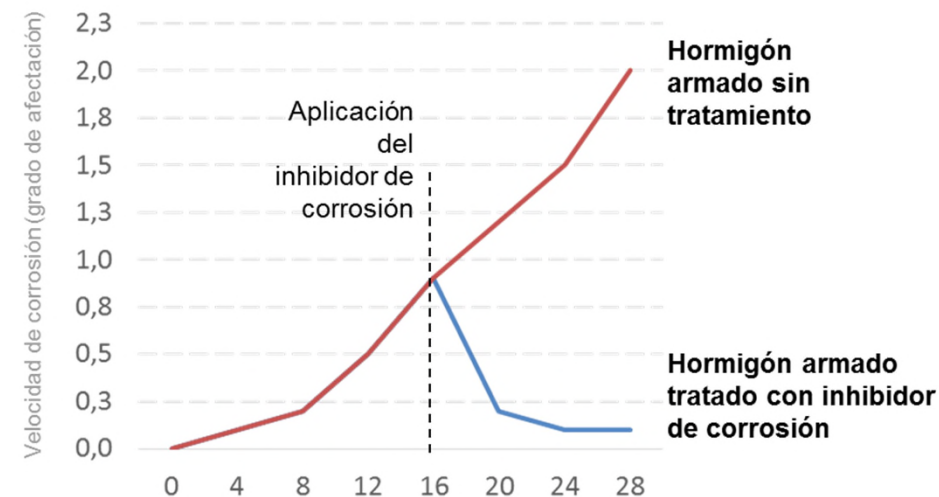
Inhibidores de corrosión migratorios sobre hormigón armado

MasterProtect 8000 CI

Para prevenir desengaños y reconocer las falsas promesas, la correcta elección de un agente inhibidor de corrosión migratorio (ICM) siempre debería estar soportada por:

- Ensayos “creíbles” (realizados por organismos externos con reputación)
- Certificaciones de producto (Marcados CE, DITE Plus, o similar)
- Referencias de obras donde se haya monitorizado de forma científica su efectividad a largo de un periodo suficientemente largo.

Nuestro objetivo ha sido demostrar el alto grado de eficiencia del ICM organosilano en una obra real incluso tras más de **10 años** desde su aplicación



Protección del hormigón

Inhibidores de corrosión migratorios sobre hormigón armado

» MasterProtect 8000 CI dispone de certificación DIT-Plus* emitida por el Instituto Eduardo Torroja (IETcc)



DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA: N° 619p/15

Área genérica / Uso previsto:	INHIBIDORES DE CORROSIÓN
Nombre comercial:	MasterProtect 8000 CI
Beneficiario:	BASF Construction Chemicals España, S.L.
Sede Social:	Carretera del Mq. 219 08907 L'Hospitalet de Llobregat (Barcelona) Teléfono 93 261 61 00 www.master-builders-solutions.basf.es
Validez. Desde:	21 de octubre de 2015
Hasta:	21 de octubre de 2020 (Condicionado y seguimiento anual)

Este Documento consta de 11 páginas



MIEMBRO DE:
UNIÓN EUROPEA PARA LA EVALUACIÓN DE LA IDONEIDAD TÉCNICA
UNION EUROPÉENNE POUR L'AGREMENT TECHNIQUE DANS LA CONSTRUCTION
EUROPEAN UNION OF AGREEMENT
EUROPAISCHE UNION FÜR DAS AGREEMENT IN BAUWESEN



UNE EN 1504 - 2
MasterProtect 8000 CI
Impregnación hidrófoba

» Este DIT-Plus certifica que MasterProtect 8000 CI es una solución efectiva y durable para el tratamiento de estructuras de hormigón armado afectadas por corrosión.

» En el mismo se tienen en cuenta **monitorizaciones de estructuras reales a lo largo de 10 años** llevadas a cabo por el mismo Instituto Eduardo Torroja.



Efectividad probada en obra a larga duración: MasterProtect 8000 CI

Fundación Joan Miró (Barcelona):

- Construido en 1975 en la ladera de Montjuic
- Exposición a vientos marinos (cloruros)
- Hormigón armado de baja calidad
- Afectación por corrosión generalizada con diferentes grados de daños según la zona del complejo





Efectividad probada en obra a larga duración: MasterProtect 8000 CI




Patologías:

- Especialmente por la proximidad al mar, se observó que el edificio padecía un grave problema de corrosión inducida por carbonatación y cloruros.
- La afectación máxima se concentraba en los muros exteriores, más expuestos a los vientos marinos, donde en algunas zonas la armadura altamente oxidada ya había reventado el recubrimiento de hormigón.
- Se diseñó un plan de actuación para sanear la estructura en **2005**.



Efectividad probada en obra a larga duración: MasterProtect 8000 CI



Actuaciones	Proyecto inicial	Alternativa
1. Repicado de la superficie	100% superficie	Sólo en las zonas con daños
2. Protección de armaduras		
3. Reconstrucción con mortero		
4. Protección anticorrosión	Protección catódica por corriente impresa	Inhibidor de corrosión base silano MasterProtect 8000 CI
4. Pintura anticarbonatación	100% superficie	100% superficie* (no en las zonas de prueba)
		
DESVENTAJAS		VENTAJAS
<ul style="list-style-type: none">Actuación de larga duración.Emisión de ruidos y polvo, incompatible con mantener el museo abierto.Actuación en 100% de la superficie y protección catódica: alto costo, alta complejidad, y coste mantenimiento elevado.		<ul style="list-style-type: none">Reducción del periodo de actuación.Menor generación de ruido y polvo.Facilidad de aplicación y mínimo mantenimiento.Reducción de costes.



Efectividad probada en obra a larga duración: MasterProtect 8000 CI



Reparación con método tradicional solamente en las zonas con lesiones severas (la protección epoxi de las armaduras es incompatible con el uso del inhibidor)



Aplicación MasterProtect 8000 CI en las zonas sin desperfecto severo visible (en superficies carbonatadas no reparadas)



Aplicación de pintura anticarbonatación en todas las superficies*

El uso del inhibidor es compatible con revestimientos posteriores

» Monitorización de la efectividad del tratamiento con inhibidor de corrosión MasterProtect 8000 CI durante 10 años, por el IETcc.



MasterProtect 8000 CI: Edificio Fundación Joan Miró (Barcelona)

Monitorización de la efectividad durante 14 años:

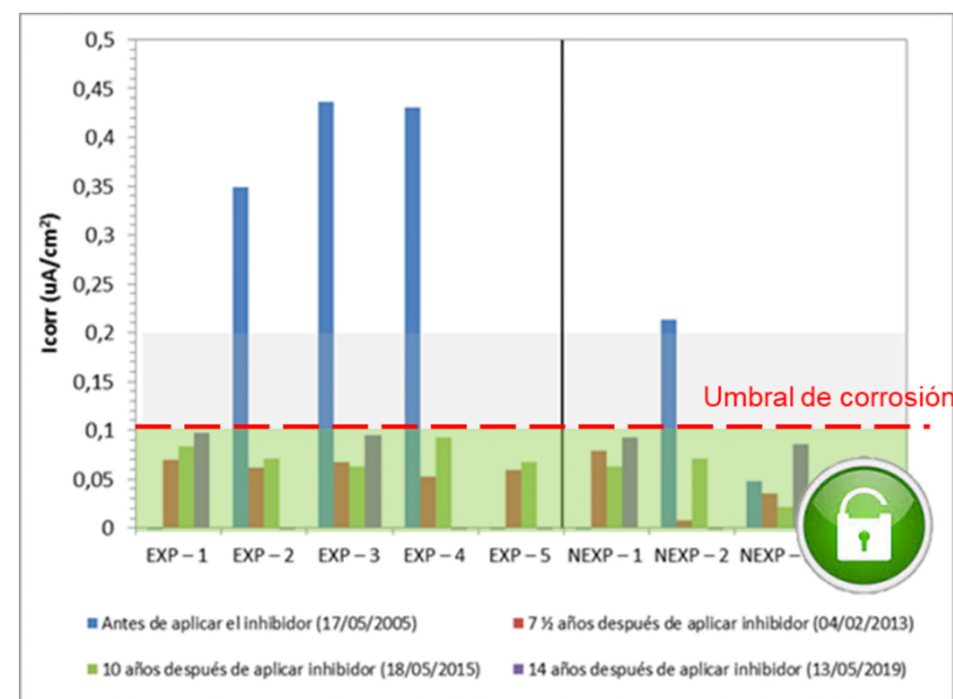
Los niveles de corrosión de la estructura, y el tiempo estimado hasta afectación visible, se pueden relacionar con la velocidad de corrosión medida:



Velocidad de corrosión ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)	Perdida de sección anual ($\mu\text{m}/\text{año}$)	Nivel de corrosión de la estructura	Tiempo estimado hasta afectación visible
< 0,1	< 1,16	Despreciable (pasivada)	---
de 0,1 a 0,5	de 1,16 a 5,8	Bajo	> 10 años
de 0,5 a 1,0	de 5,8 a 11,6	Moderado	3 – 10 años
>1,0	> 11,6	Alto	< 2 años

Tabla 1. Relación entre Velocidad de Corrosión y pronóstico de afectación visible

Tras 14 años de haberse aplicado el tratamiento, los valores de velocidad de oxidación de las armaduras están por debajo de $0,1 \mu\text{A}/\text{cm}^2$, por tanto durante **al menos 24 años**, no habrá previsión de daño visible...





Referencias de obra



Edificio Torres Blancas. Alicante



Fundación Miró, Barcelona



Torres de refrigeración, Valencia



ETAP Málaga



Edificio Hispania, Murcia



Escuela de pesca, Lanzarote



Muelle Ercross, Huelva



Centro de conservación, Teruel



Cementera, Cádiz



Parking Plaza, Valladolid



Puente del Bósforo (Estambul)



Puerto deportivo, Tarragona





2017

Reparación Edificio Industrial



2019

Procedimiento reparación:

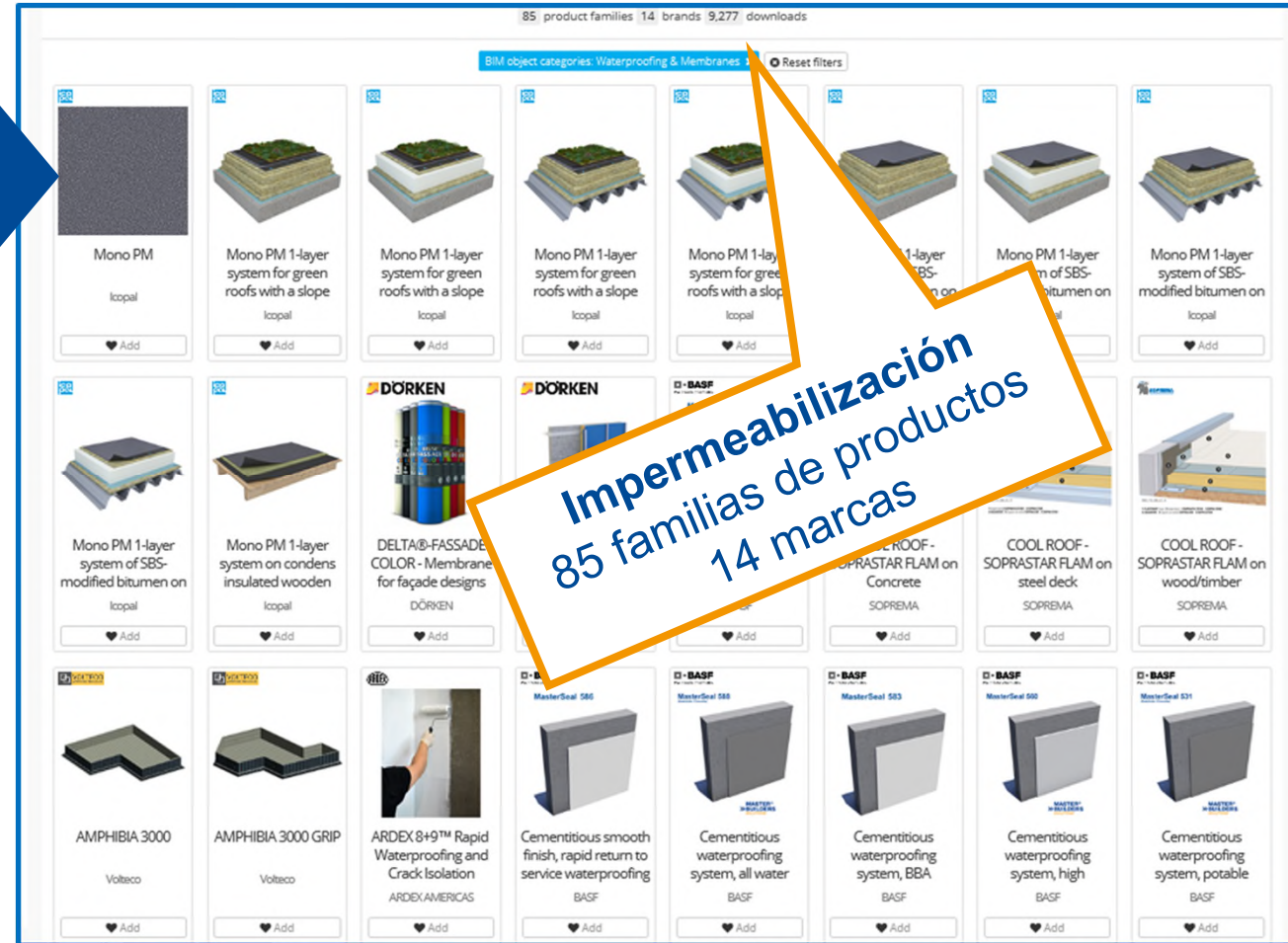
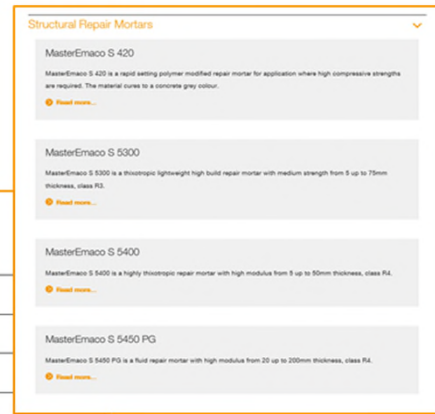
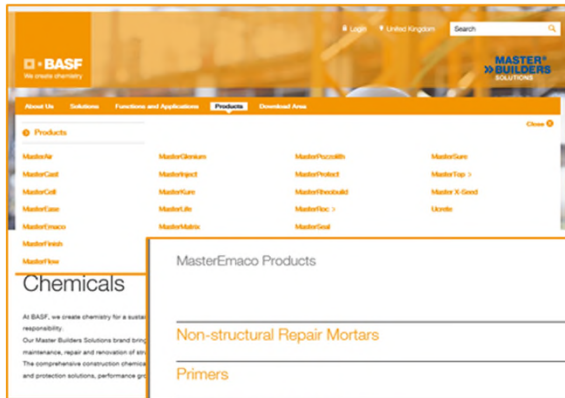
- **Pasivador de armaduras:**
MasterEmaco P 5000 AP
- **Mortero de reparación:**
MasterEmaco S 488
- **Inhibidor de corrosión:**
MasterProtect 8000 CI
- **Pintura anticarbonatación:**
MasterProtect 325 EL

»» 4. Herramientas digitales para proyectistas.

Online Planning Tool y Solunaut

¿Cómo encontrar el objeto BIM adecuado?

Las bibliotecas públicas y webs de fabricantes tienen sistemas de clasificación y filtros propios pero... el número de resultados puede llegar a ser mareante




» Nuestra solución:


Online Planning Tool

Please select your industry or building type by clicking on the image to begin.


Water Management Industry



Wastewater Treatment Plants



Traffic repair and maintenance



Recent projects

You have no saved projects so far.

Having technical problems with our tool?

[Click here for IT support >](#)

Disclaimer | Data protection | Credits

BASF We create chemistry

MASTER BUILDERS SOLUTIONS

Home Save project Project information My projects United Kingdom Albert Berenguel

Wastewater Treatment Plants > Secondary sedimentation tanks > Applications

1. Select structure type 2. Choose applications 3. Define conditions and dimensions 4. Your solutions

Choose your applications here (multiple selection possible) [Get technical advice](#)

Repair

- 1 Structural concrete repair
- 2 Cosmetic repair
- 3 Crack injection

Detailing

- 4 Coving
- 5 Steel pipes
- 6 Water leak plug

Joint treatment

- 7 Expansion joints

Waterproofing

- 8 Internal waterproofing

Previous step Next step

Disclaimer | Data protection | Credits

BASF We create chemistry

MASTER BUILDERS SOLUTIONS

Home Save project Project information My projects United Kingdom Albert Berenguel

Wastewater Treatment Plants > Secondary sedimentation tanks > Solutions

1. Select structure type 2. Choose applications 3. Define conditions and dimensions 4. Your solutions



Your recommended solutions [Get technical advice](#)

Preferred option

- high durability, waterproofing membrane application: hand or spray
- high durability, waterproofing membrane application: only hot spray





Detailing

4 Coving

	Master Seal 590 (2x2 cm) (50 m)	Ultra rapid setting mortar to plug active water leaks	Required amount: 2 x 20 kg pail	
---	------------------------------------	---	------------------------------------	---

Waterproofing

Internal waterproofing

	Master Seal P 770 (humid substrate: 300 m ²)	2-component primer based on Xolulite-Technology, providing high substrate penetration and acting as bond promoter for the subsequent MasterSeal systems, even on very damp substrates	Required amount: 18 x 5 kg kit	
	Master Seal M 790 (humid substrate: 300 m ²)	Highly chemical resistant and crack-bridging membrane based on Xolulite technology for waterproofing and protection of concrete structures in harsh conditions	Required amount: 54 x 5 kg kit	

Project Documentation

Include in full report:

- Technical Data Sheets
- Specification Clauses
- European and National Approvals
- Declaration of Performance
- Available Certification
- BIM Objects
- Solutions

[Download solutions](#)

[Download full report](#)

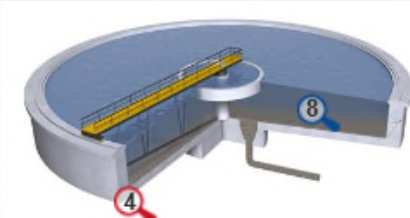
Request a Quotation

We would be more than happy to send you a quotation without obligations for your solutions to albert.berenguel@basf.com

[Send request](#)

Previous step

Disclaimer | Data protection | Credits



Project Documentation

Include in full report:

- Technical Data Sheets
- Specification Clauses
- European and National Approvals
- Declaration of Performance
- Available Certification
- BIM Objects
- Solutions

Nuestra **Online Planning Tool (OPT)** proporciona apoyo a la especificación online: 24/7, rápida, gratuita, y con links a los objetos BIM necesarios para cada proyecto.

ONLINE PLANNING TOOL

Herramienta interactiva para especificación

<https://online-planning.master-builders-solutions.com/es/spain>



» Nuestra solución:

<https://solunaut.master-builders-solutions.com/esp/es>



Página para clientes y proyectistas:

<https://www.master-builders-solutions-cc.es/digital/>



Buscador

Herramientas digitales

Partidas de precios

BIM

Referencias

Blog

Contacto

Seminarios

Login

Más...

Bienvenido al mundo

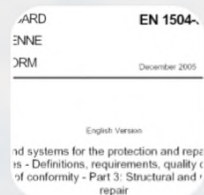
The logo for MASTER BUILDERS SOLUTIONS, featuring the text 'MASTER BUILDERS SOLUTIONS' in a bold, sans-serif font. The word 'BUILDERS' is larger and more prominent, with a stylized blue arrow pointing to the right above it.

MASTER®
BUILDERS
SOLUTIONS



■ Conceptos de reparación y protección del hormigón

INDICE



1.- Introducción.

Norma UNE EN 1504. Reparación y protección del hormigón
Principales patologías del hormigón

2.- Reparación del hormigón.

Tratamiento de armaduras y morteros de reparación.

3.- Protección del hormigón.

Inhibidor de corrosión migratorio.

4.- Herramientas digitales para el proyectista.

Online Planning Tool (OPT).



Victoriano Casas

Departamento Técnico y
Especificación Master Builders
Solutions

679 58 99 74

victoriano.casas@mbcc-group.com

Muchas gracias!

