



# Jornada Técnica

## Campo de uso y empleo de los morteros Frente a daños en el Hormigón

Zaragoza 25/VI/2015

Ponente: Javier Diez de Güemes Pérez



**BUILDING TRUST**  
*Algunas ideas  
generales sobre Sika*





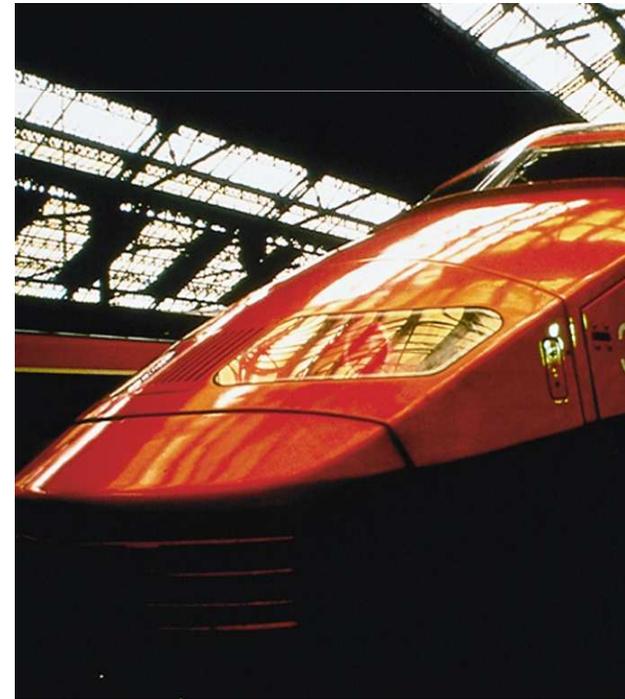
# Especialidades para la Construcción y la Industria



## Construcción



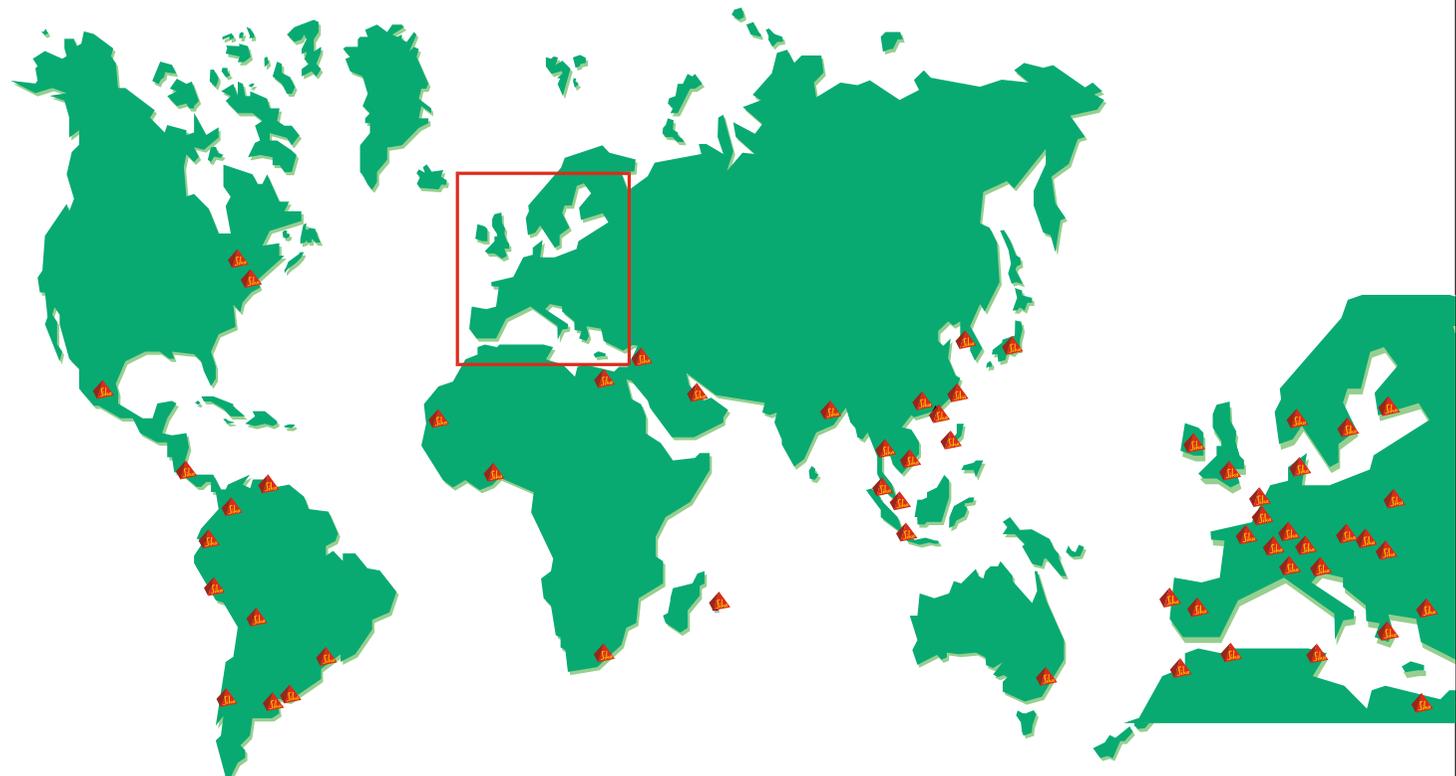
## Materiales Industriales





- **Fundada en 1910 por Kaspar Winkler**
- **Por su constante crecimiento es uno de los proveedores mundiales líderes en químicos para construcción**
- **Enfasis en soluciones integrales novedosas**
- **Comprometido con el ambiente y la gente**





- Red internacional de compañías de producción y mercadeo
- 73 subsidiarias en 60 países



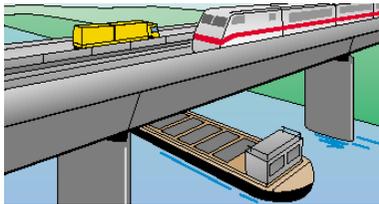
- Los productos Sika comienzan a comercializarse en 1930
- En 1954 se crea Sika S.A.
- Instalaciones en Alcobendas:
  - *Central*
  - *Centro logístico*
- Delegaciones: 9
- **Almacenes regionales:8**
- **Personal (2.015): 355**



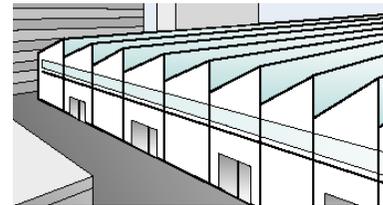


# Sika Construcción

## Campos de Mercado Integrados



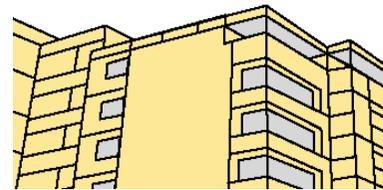
**Infraestructura del transporte**



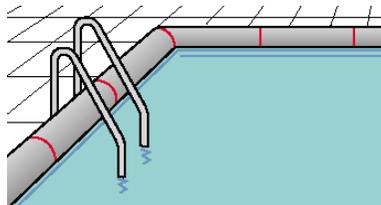
**Mantenimiento Industrial**



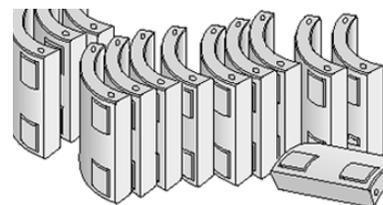
**Industria del agua**



**Edificación**



**Salud, educación y ocio**



**Plantas de hormigón y de prefabricados**



# Sika Construcción

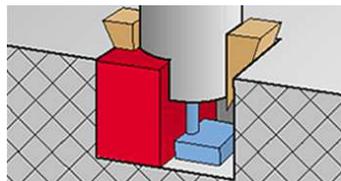
## Campos de aplicación



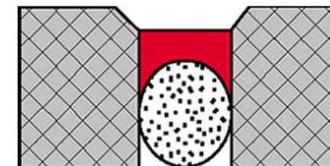
**Producción  
de hormigón y  
mortero**



**Impermeabili-  
zación**



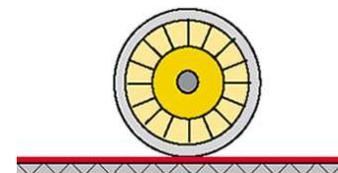
**Rellenos y  
Anclajes**



**Sellado y pegado  
elástico**



**Reparación y  
Protección**



**Pavimentos y  
revestimientos**





# Sostenibilidad

- ¿Qué es?
  - Es
    - La existencia de unas **determinadas condiciones**
      - económicas
      - ecológicas
      - sociales
      - políticas
    - que determinen **un funcionamiento de algo**
      - de forma
        - correcta/adecuada/armónica
      - a lo largo tanto del **tiempo como del espacio**



# Sostenibilidad

- ¿ En que consiste?
  - en satisfacer las **necesidades** de la actual generación
    - **sin sacrificar** la capacidad de **futuras generaciones**
  - **de satisfacer sus propias necesidades**



## Sostenibilidad

- Es un término ligado
  - a la **acción** del hombre en relación a su **entorno**
- se refiere al **equilibrio** que existe
  - en una determinada especie
- basándose
  - en su entorno
    - en todos los **factores o recursos** que tiene
    - para hacer **posible el funcionamiento** de todas sus partes
- **sin necesidad de dañar o sacrificar las capacidades de otro entorno**





- **Visión integral Arquitectura sostenible**

- es aquella que puede **mantener** moderadamente o **mejorar**
  - la calidad de vida
    - armonizada con
      - el clima
      - la tradición
      - la cultura
      - el ambiente en la región
- al mismo tiempo que
  - **conserva** la energía y recursos
  - **recicla** materiales
  - **reduce** las sustancias peligrosas
- dentro de la capacidad de los ecosistemas locales y globales
  - **a lo largo del ciclo de vida del edificio**



## Arquitectura sostenible

- El concepto de Arquitectura sostenible **es muy amplio**
  - por lo que su aplicación
    - al proceso constructivo
    - al edificio
    - al uso del mismo
  - **requiere** de múltiples vías de aproximación al problema
- Se han definido tres vías principales:
  - Entorno cultural y geográfico
  - Visión “ecológica”
  - **Orientación Tecno- científica**



## Visión integral Arquitectura sostenible

- **Diseño arquitectónico**
  - orientación y situación derivada de factores tecnológicos
    - con intenciones culturales
  - y respetando los condicionantes naturales
- **Utiliza**
  - **tecnologías**
    - activas
    - pasivas
  - **materiales**
    - con valor ecológico
    - locales
- **Reinterpretación de las tipologías tradicionales, incorporando sistemas de aprovechamiento energético (activo y pasivo).**



## La Arquitectura sostenible

- **Abarca**
  - **no sólo** la adecuada elección de
    - materiales y procesos constructivos
  - **sino** que se refiere **también**
    - al entorno urbano
    - **y al desarrollo del mismo**



## La Arquitectura sostenible

- Se basa en
  - **la adecuada** gestión y reutilización
    - de los recursos naturales
    - **la conservación de la energía**



## La Arquitectura sostenible

- **Habla de**
  - **planificación y comportamiento social**
  - **hábitos de conducta**
  - **cambios en el uso de los edificios**



## La Arquitectura sostenible

- **Abarca + Se basa + Habla de**
- **Todo ello con el objeto**
  - **de incrementar su vida útil.**





## Ciclo de vida de los materiales

- Para determinar **el conjunto de etapas que componen el ciclo de vida de los materiales, deben estudiarse criterios ambientales como:**
  - Agotamiento de los recursos
    - **materiales pétreos, agua, energía, entre otros**
  - Efectos
    - **sobre la salud de las personas durante el proceso de fabricación**
  - Impacto ambiental global
    - **destrucción de la capa de ozono**
  - Daños
    - **sobre animales y vegetación**
- **De esta manera, es posible definir las etapas que componen el ciclo de vida de los materiales**





# Impacto de los materiales de construcción

- Tradicionalmente
  - en el sector de la construcción
    - se han utilizado **materiales de carácter local** tales como
      - el ladrillo
      - la madera
      - el corcho
      - etc,
  - lo que se traducía
    - **en unos costes energéticos e impactos ambientales reducidos**



## Impacto de los materiales de construcción

- También existía
  - una adaptación del **diseño** del edificio
  - a las **condiciones climáticas locales**
    - lo cual repercutía en
      - una mayor calidad del edificio
      - **un mayor confort térmico para los ocupantes**



## Impacto de los materiales de construcción

- En la actualidad
  - el uso masivo de materiales de carácter global como
    - el cemento
    - el aluminio
    - el hormigón
    - el PVC
    - etc.
  - han causado un incremento notable en los costes energéticos y medioambientales.



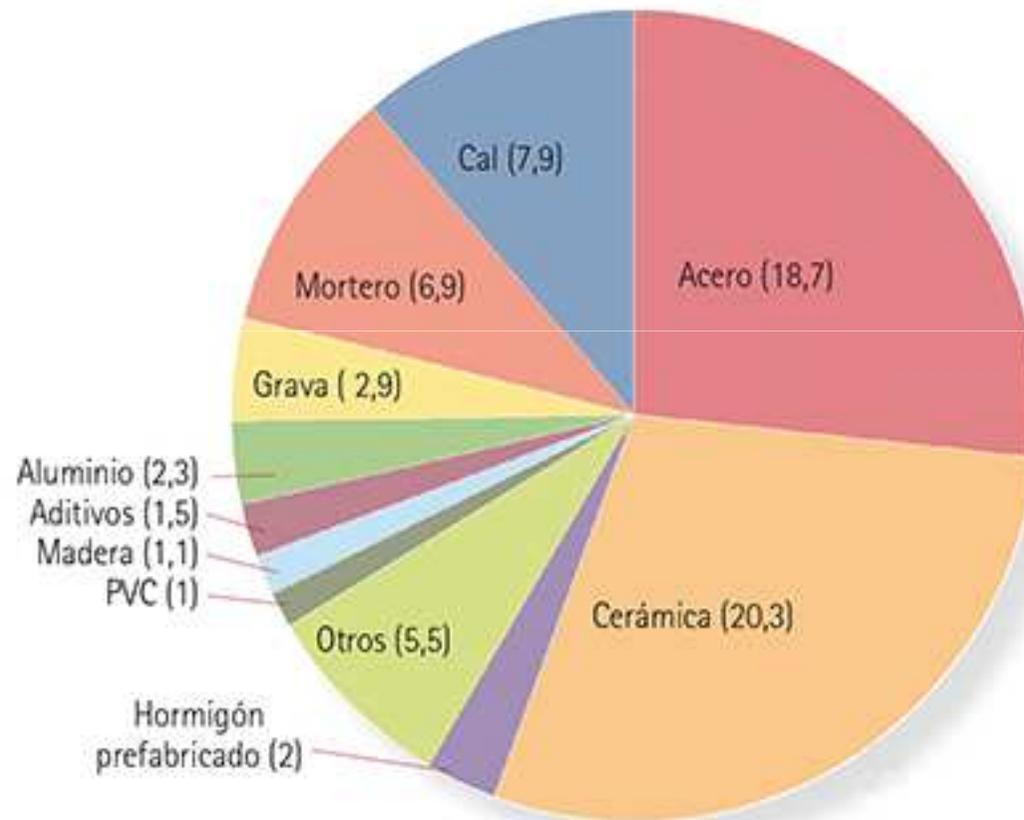
## Impacto de los materiales de construcción

- Según diversos estudios
  - **la fabricación** de los materiales precisos **para construir un m<sup>2</sup>** de **una edificación estándar**
  - puede suponer **la inversión** de una cantidad de energía
    - **equivalente** a la producida por la combustión de **más de 150 litros de gasolina**
  - Cada m<sup>2</sup> construido conllevaría
    - una emisión media de **0,5 ton.** de dióxido de carbono
    - un consumo energético de **1600 kWh**
- **ojo**
- **considerando solamente el impacto asociado a los materiales**



# Impacto de los materiales de construcción

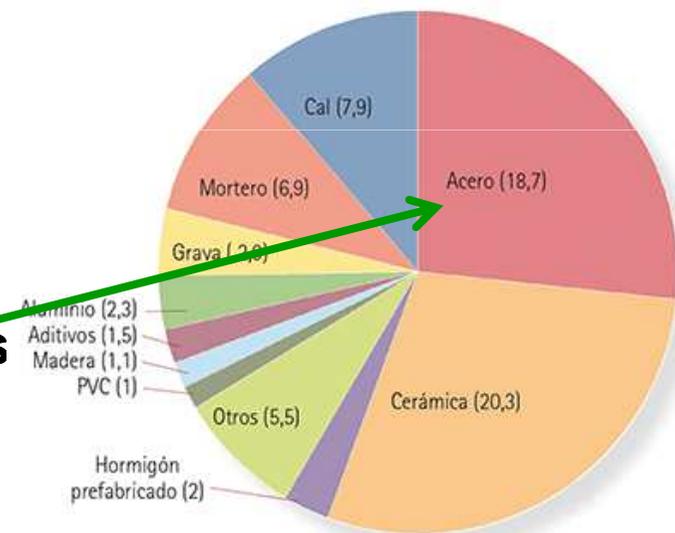
- La figura adjunta





## Impacto de los materiales de construcción

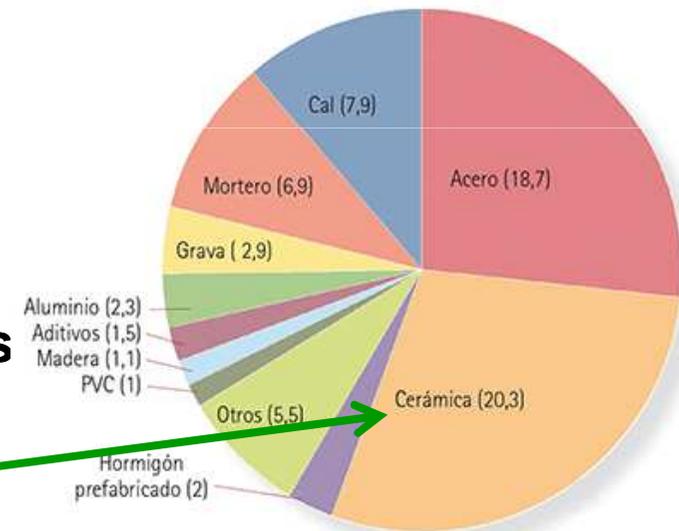
- La figura adjunta
  - muestra la **contribución relativa** de los principales materiales de construcción
  - en las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas
    - a un m<sup>2</sup> de un bloque de viviendas estándar
  - donde destaca el alto impacto de materiales comúnmente usados en los edificios como
    - el acero





## Impacto de los materiales de construcción

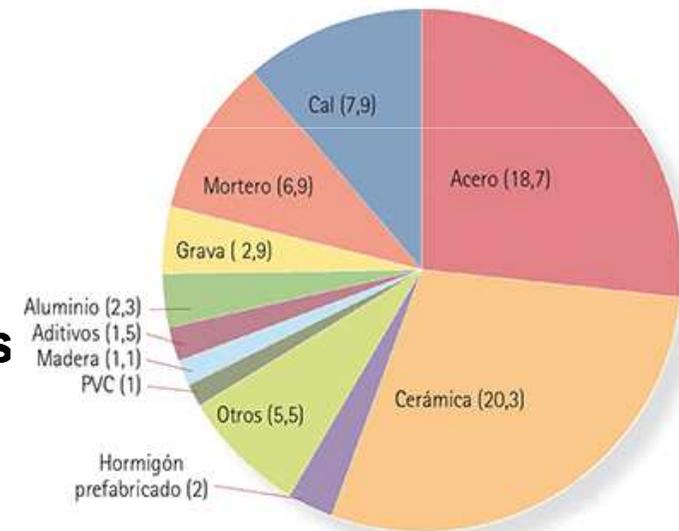
- La figura adjunta
  - muestra la **contribución relativa** de los principales materiales de construcción
  - en las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas
    - a un m<sup>2</sup> de un bloque de viviendas estándar
  - donde destaca el alto impacto de materiales comúnmente usados en los edificios como
    - el acero
    - la cerámica





## Impacto de los materiales de construcción

- La figura adjunta
  - muestra la **contribución relativa** de los principales materiales de construcción
  - en las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas
    - a un m<sup>2</sup> de un bloque de viviendas estándar
  - donde destaca el alto impacto de materiales comúnmente usados en los edificios como
    - el acero
    - la cerámica
    - etc





- **El Concepto del Ciclo de Vida**
  - **La Evaluación del Ciclo de Vida (ECV)**
    - es un **método normalizado** para medir y comparar
      - los impactos medioambientales potenciales
    - de los **productos y servicios** a lo largo de su ciclo de vida
  - Las ECV son cada vez más reconocidas como la mejor manera de evaluar
    - **la sostenibilidad de los productos y sistemas.**



- **El Concepto del Ciclo de Vida**
- La evaluación del ciclo de vida se utiliza
  - para responder a preguntas específicas como:
    - ¿Qué diferencia existe entre **dos procesos diferentes de fabricación del mismo producto**, en términos de utilización de recursos y emisiones?
    - ¿Qué diferencia existe entre una ventana de aluminio, respecto de una de **madera** o de **PVC**, en términos de utilización de recursos y emisiones?
- En otras palabras
  - la evaluación del ciclo de vida
  - trata de incrementar la eficacia
- **Y dado que tiene en cuenta cada una de las fases en la vida de un producto, se identifican y logran realizar mejoras**



- **El Concepto del Ciclo de Vida**
- **¿En qué normas se basa la Evaluación del Ciclo Vida de los materiales Sika?**
  - **Sika lleva a cabo esa evaluación (ECV) según las normas**
    - **ISO 14040**
    - **EN 15804**
- **¿De dónde se extraen los datos para la ECV de Sika?**
  - **Los datos para la ECV de Sika se extraen de bases de datos públicas**
    - **como Ecoinvent**
    - **sistemas europeos de referencia para los datos sobre el ciclo de vida [European Reference Life Cycle Database (ELCD)]**
    - **y el programa informático GaBi**
  - **así como de los datos específicos de las plantas de producción y los productos de Sika**



## • El Concepto del Ciclo de Vida

- ¿Qué fases del ciclo de vida se incluyen en la ECV de los materiales Sika?





- **El Concepto del Ciclo de Vida de Sika**
- ¿Qué significa “de la cuna a la puerta”?
  - la ECV investiga el impacto medioambiental potencial de un producto
  - **desde la extracción de la materia prima hasta el fin de su producción**



- **El Concepto del Ciclo de Vida**

- De la “CUNA” a la “PUERTA”





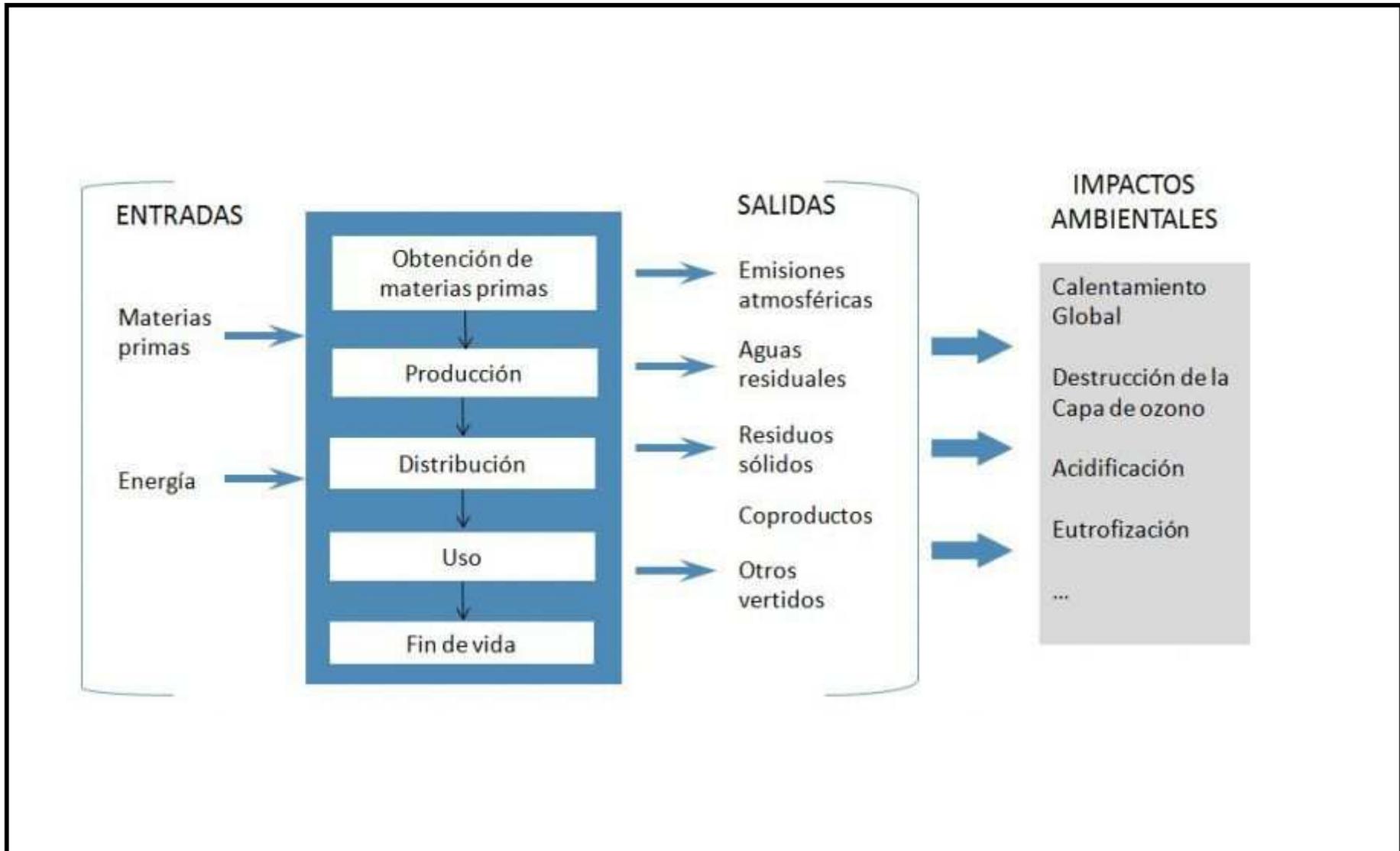
- **El Concepto del Ciclo de Vida de Sika**
- ¿Qué significa “de la cuna a la tumba”?
  - la ECV investiga el impacto medioambiental potencial de un producto
    - desde
      - **la extracción de la materia prima**
      - **producción**
      - **aplicación**
      - **y uso**
    - **hasta la eliminación definitiva del mismo al final de su vida útil**



- **El Concepto del Ciclo de Vida**

- De la “CUNA” a la “TUMBA”







## Criterios generales de sostenibilidad

- Según J. Celma
  - La sostenibilidad **no** consiste
    - en mantener los recursos naturales **intactos**
    - **sino** que implica hacer un **uso eficiente** de los mismos
    - siendo **necesario introducir** todos los costes y beneficios en que la sociedad tiene que incurrir
  - El desarrollo sostenible **no es un concepto exclusivamente ecológico**
    - sino un triángulo de equilibrios
    - **entre lo ecológico, lo económico y lo social.**



## Construcción sostenible

- Es aquella que
  - desde **planteamientos respetuosos y comprometidos** con el medio ambiente
    - **utiliza adecuadamente** el agua y los distintos tipos de energía
    - **selecciona** desde el proyecto y **aplica eficientemente** durante la obra
      - **recursos, tecnologías y materiales**
    - **evita** los impactos ambientales
    - **gestiona** los residuos que genera en su ciclo de vida
    - **busca** un mantenimiento y **conservación** adecuados del patrimonio construido
    - **reutiliza y rehabilita** siempre que es posible
  - **es rentable y resulta más accesible y saludable**



## El concepto Construcción Sostenible

- **está relacionado con**
  - **el estudio**
  - **la evaluación**
  - **y la reducción de**
    - **el consumo de recursos**
- **el impacto ambiental**
- **los riesgos para la seguridad de las personas debidos**
  - **a los materiales, productos, procesos y sistemas constructivos**
  - **que se utilizan actualmente en los entornos industrializados**



- **La construcción sostenible**
- **Los residuos urbanos**
  - todavía, de forma mayoritaria
    - van a parar a los vertederos controlados e incontrolados
- **Las opciones ambientalmente más recomendables son la reutilización y el reciclaje.**



- **La construcción sostenible**
- **El sector de la construcción es uno de los que genera mayor impacto ambiental**
- **Existen datos que corroboran que los edificios consumen entre el 20% y el 50% de los recursos naturales**
- **contribuyen en gran manera al aumento de las emisiones y la contaminación**
- **tanto durante el proceso constructivo como a lo largo de su vida útil una vez terminados**



- **La construcción sostenible**
- **Abarca**
  - la adecuada elección de
    - materiales
    - procesos constructivos
    - entorno urbano
    - **desarrollo del mismo**



- **La construcción sostenible**
- **Se basa en la adecuada**
  - **gestión**
  - **reutilización de los recursos naturales**
  - **la conservación de la energía**
- **Analiza todo el ciclo de vida**
  - **desde el diseño arquitectónico del edificio**
  - **la obtención de las materias primas**
  - **hasta que éstas regresan al medio en forma de residuos.**



## Material para una Construcción Sostenible

- Los Materiales Sostenibles son aquellos que
  - consumen **menos** recursos no renovables
  - producen un **menor impacto** ambiental que otros materiales cumpliendo las mismas funciones
- El objetivo es **reducir**
  - el consumo de los recursos no renovables y el impacto ambiental garantizando la seguridad
- Hay que evaluar los materiales
  - **para poder compararlos o definir los puntos críticos que se producen desde que se fabrica el material hasta que se desecha**



## Una estrategia óptima para minimizar el impacto ambiental

- es **utilizar soluciones que disminuyan** los efectos que los materiales producen sobre el medio ambiente
  - es decir
    - sobre **el consumo de energía** para producirlos e instalarlos
    - **los residuos** que ellos generan cuando se fabrican y luego se instalan en obra
    - **y la contaminación directa e indirecta que producen**



## **Estrategias de Sostenibilidad en Materiales**

- **Uso de recursos de la zona donde se va a construir (Materiales Regionales) .**
- **Aumento de la vida útil de los Materiales.**
- **Uso de materiales fácilmente regenerables**
  - **que producen poco impacto ambiental.**
- **Reciclaje/Reutilización de Materiales de Construcción**
  - **(Deconstrucción).**
- **Uso de Componentes y energías renovables o reciclados.**
- **Utilización de residuos urbanos o industriales.**
- **Reducción del uso de componentes tóxicos.**

**Algunas Ideas sobre tendencias en  
materiales para una construcción  
sostenible**



## Tendencias en materiales para una construcción sostenible

- Sellado & Pegado      Envoltente hermético del edificio, buena calidad de aire interior
- Cubiertas              Durabilidad, alta reflectancia, Cubierta Verde y Solar
- Pavimentos            Durabilidad y bajo impacto medioambiental
- Hormigón              Reducción de Cemento, de Agua, Uso de material reciclado
- Reparación             Durabilidad, uso de material de desecho, empleo de materiales ligeros y composites



## Tendencias en materiales para una **Construcción Sostenible**

- **Hormigón**
  - reducción
    - de cemento
    - de agua
  - uso de material reciclado
- **Reparación**
  - durabilidad
  - uso de material de desecho
  - empleo de materiales ligeros y composites
- **Aplicación segura**
- **Reducción de residuos**
- **Materia primas alternativas y recicladas**

**Ideas generales de introduccion**



**“¡¡JUGAREMOS!!”**

**Con Normativa**

- **EHE 08**
- **UNE-EN 1504**
- **CTE**

**Norma EHE 08. Durabilidad. Tablas.**  
**Identificación: ambientes tipo.**  
**Ejemplo representativo**



# Criterios de Durabilidad en el Hormigón



**Definidos en la EHE 08**



# Titulo I

## Bases de Calculo

### Capitulo II

#### Principios Generales y Métodos de los Estados Límite

#### Articulo 5º Requisitos esenciales

Una estructura **debe ser proyectada y construida** para que, con una seguridad aceptable, sea capaz de **soportar todas las acciones** que la puedan solicitar durante la construcción y el período de vida útil previsto en el proyecto, **así como la agresividad del ambiente**



**Titulo I**  
**Bases de Calculo**  
**Capitulo II**  
**Principios Generales y**  
**Métodos de los Estados Límite**

**Articulo 8º Bases de cálculo**

**8.2 Bases de calculo orientadas a la durabilidad**

**Antes de comenzar el proyecto, se deberá identificar el tipo de ambiente que defina la agresividad a la que va a estar sometido cada elemento estructural.**



**TABLA 2**

CLASE GENERAL DE EXPOSICION				DESCRIPCION	EJEMPLOS
Clase	Subclase	Designación	Tipo de Proceso		
No agresiva		I	Ninguno	- Interiores de edificios no sometidos a condensaciones. - Elementos de hormigón en masa.	- Interiores de edificios protegidos de la intemperie.
NORMAL	Humedad alta	II a	Corrosión de origen diferente de los cloruros	- Interiores sometidos a humedades relativas medias altas (>65%) o a condensaciones. - Exteriores en ausencia de cloruros y expuestos a lluvia en zonas con precipitación media anual superior a 600 mm. - Elementos enterrados o sumergidos.	- Sótanos no ventilados. - Cimentaciones. - Tableros y pilas de puentes en zonas con precipitación media anual superior a 600 mm. - Elementos de hormigón en cubiertas de edificios.
	Humedad media	II b	Corrosión de origen diferente de los cloruros	- Exteriores en ausencia de cloruros, sometidos a la acción del agua de lluvia, en zonas con precipitación media anual inferior a 600 mm.	- Construcciones exteriores protegidas de la lluvia. - Tableros y pilas de puentes en zonas de precipitación media anual inferior a 600 mm.
MARINA	Aérea	III a	Corrosión por cloruros	- Elementos de estructuras marinas, por encima del nivel de pleamar. - Elementos exteriores de estructuras situadas en las proximidades de la línea costera (a menos de 5 Km).	- Edificaciones en proximidad de la costa. - Puentes en proximidad de la costa. - Zonas aéreas de diques, pantalanés y otras obras de defensa litoral. - Instalaciones portuarias.
	Sumergida	III b	Corrosión por cloruros	- Elementos de estructuras marinas, sumergidas permanentemente, por debajo del nivel mínimo de bajamar.	- Zonas sumergidas de diques, pantalanés y otras obras de defensa litoral. - Cimentaciones y zonas sumergidas de pilas de puentes en el mar.
	En zona de mareas	III c	Corrosión por cloruros	- Elementos de estructuras marinas, situadas en la zona de carrera de mareas.	- Zonas situadas en el recorrido de marea de diques, pantalanés y obras de defensa litoral. - Zonas de pilas de puentes sobre el mar, en recorrido de marea.
Con cloruros de origen diferente del medio marino		IV	Corrosión por cloruros	- Instalaciones no impermeabilizadas en contacto con agua que presente un contenido elevado de cloruros; no relacionados con el ambiente marino. - Superficies expuestas a sales de deshielo no impermeabilizadas.	- Piscinas. - Pilas de pasos superiores o pasarelas en zonas de nieve. - Estaciones de tratamiento de agua.



### TABLA 3

CLASE ESPECIFICA DE EXPOSICION				DESCRIPCION	EJEMPLOS
Clase	Subclase	Designación	Tipo de Proceso		
QUIMICA AGRESIVA	Débil	Qa	Ataque químico	- Elementos situados en ambientes con contenidos de sustancias químicas capaces de provocar alteración del hormigón con velocidad lenta (T4).	- Instalaciones industriales con sustancias débilmente agresivas (tabla 4). - Construcciones próximas a áreas industriales. Agresividad débil (tabla 4).
	Media	Qb	Ataque químico	- Elementos en contacto con agua de mar. - Elementos situados en ambientes con contenidos de sustancias químicas capaces de provocar alteración del hormigón con velocidad media (ver tabla 4).	- Dolos, bloques y elementos para diques. - Estructuras marinas en general. - Instalaciones industriales de agresividad media, según tabla 4. - Construcciones próximas a áreas industriales, con agresividad media, según tabla 4. - Instalaciones de conducción y tratamiento de aguas residuales con sustancias de agresividad media según tabla 4.
	Fuerte	Qc	Ataque químico	- Elementos situados en ambientes con contenidos de sustancias químicas capaces de provocar alteración del hormigón con velocidad rápida (ver tabla 4).	- Instalaciones industriales, con sustancias de agresividad alta de acuerdo con la tabla 4. - Instalaciones de conducción y tratamiento de aguas residuales, con sustancias de agresividad alta (tabla 4).
CON HELADAS	Sin sales fundentes	H	Ataque hielo-deshielo	- Elementos situados en contacto frecuente con agua, o zonas de humedad relativa media ambiental en invierno, superior al 75%, y que tengan una probabilidad anual superior al 50% de alcanzar, al menos una vez, temperaturas por debajo de -5°C.	- Construcciones en zonas de alta montaña. - Estaciones invernales.
	Con sales fundentes	F	Ataque por sales fundentes	- Elementos destinados al tráfico de vehículos o peatones en zonas con más de 5 nevadas anuales o con valor medio de temperatura mínima en los meses invierno inferior a 0°C.	- Tableros de puentes o pasarelas en zonas de alta montaña.
EROSION		E	Abrasión cavitación	- Elementos sometidos a desgaste superficial. - Elementos de estructuras hidráulicas en las que la cota piezométrica pueda descender por debajo de la presión del vapor del agua.	- Pilas de puentes en cauces muy torrenciales. - Elementos de diques, pantanones y obras de defensa litoral sometidos a fuertes oleajes. - Pavimentos de hormigón. - Tuberías de alta presión.



## TABLA 4

TIPO DE MEDIO AGRESIVO	PARAMETROS	TIPO DE EXPOSICION		
		Qa	Qb	Qc
		ATAQUE DEBIL	ATAQUE MEDIO	ATAQUE FUERTE
AGUA	Valor del pH	6,5 - 5,5	5,5 - 4,5	< 4,5
	CO2 Agresivo (mg CO <sub>2</sub> /l)	15 - 40	40 - 100	> 100
	ION Agresivo (mg NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> /l)	15 - 30	30 - 60	> 60
	ION Magnesio (mg Mg <sup>2+</sup> /l)	300 - 1000	1000 - 3000	> 3000
	ION Sulfato (mg SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /l)	200 - 600	600 - 3000	> 3000
	RESIDUO Seco (mg/l)	75 - 150	50 - 75	< 50
SUELO	Grado de acidez Baumann-Gully	> 20	(*)	(*)
	ION Sulfato (mg SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /Kg suelo seco)	2000 - 3000	3000 - 12000	> 12000



**TABLA 2** **Ejemplo**

CLASE GENERAL DE EXPOSICION				DESCRIPCION	EJEMPLOS
Clase	Subclase	Designación	Tipo de Proceso		
No agresiva		<b>I</b>	Ninguno	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Interiores de edificios no sometidos a condensaciones.</li> <li>- Elementos de hormigón en masa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Interiores de edificios protegidos de la intemperie.</li> </ul>
<b>NORMAL</b>	Humedad alta	<b>II a</b>	Corrosión de origen diferente de los cloruros	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Interiores sometidos a humedades relativas medias altas (&gt;65%) o a condensaciones.</li> <li>- Exteriores en ausencia de cloruros y expuestos a lluvia en zonas con precipitación media anual superior a 600 mm.</li> <li>- Elementos enterrados o sumergidos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sótanos no ventilados.</li> <li>- Cimentaciones.</li> <li>- Tableros y pilas de puentes en zonas con precipitación media anual superior a 600 mm.</li> <li>- Elementos de hormigón en cubiertas de edificios.</li> </ul>
	Humedad media	<b>II b</b>	Corrosión de origen diferente de los cloruros	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Exteriores en ausencia de cloruros, sometidos a la acción del agua de lluvia, en zonas con precipitación media anual inferior a 600 mm.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Construcciones exteriores protegidas de la lluvia.</li> <li>- Tableros y pilas de puentes en zonas de precipitación media anual inferior a 600 mm.</li> </ul>
<b>MARINA</b>	Aérea	<b>III a</b>	Corrosión por cloruros	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elementos de estructuras marinas, por encima del nivel de pleamar.</li> <li>- Elementos exteriores de estructuras situadas en las proximidades de la línea costera (a menos de 5 Km).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Edificaciones en proximidad de la costa.</li> <li>- Puentes en proximidad de la costa.</li> <li>- Zonas aéreas de diques, pantalanés y otras obras de defensa litoral.</li> <li>- Instalaciones portuarias.</li> </ul>
	Sumergida	<b>III b</b>	Corrosión por cloruros	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elementos de estructuras marinas, sumergidas permanentemente, por debajo del nivel mínimo de bajamar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zonas sumergidas de diques, pantalanés y otras obras de defensa litoral.</li> <li>- Cimentaciones y zonas sumergidas de pilas de puentes en el mar.</li> </ul>
	En zona de mareas	<b>III c</b>	Corrosión por cloruros	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elementos de estructuras marinas, situadas en la zona de carrera de mareas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zonas situadas en el recorrido de marea de diques, pantalanés y obras de defensa litoral.</li> <li>- Zonas de pilas de puentes sobre el mar, en recorrido de marea.</li> </ul>
Con cloruros de origen diferente del medio marino.		<b>IV</b>	Corrosión por cloruros	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Instalaciones no impermeabilizadas en contacto con agua que presente un contenido elevado de cloruros; no relacionados con el ambiente marino.</li> <li>- Superficies expuestas a sales de deshielo no impermeabilizadas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Piscinas.</li> <li>- Pilas de pasos superiores o pasarelas en zonas de nieve.</li> <li>- Estaciones de tratamiento de agua.</li> </ul>



# TABLA I

Parametro de Dosificación	Tipo de Hormigón	CLASE DE EXPOSICION												
		I	IIa	IIb	IIIa	IIIb	IIIc	IV	Qa	Qb	Qc	H	F	E
Máxima relación a/c	Masa	0,65	-	-	-	-	-	-	0,50	0,50	0,45	0,55	0,50	0,50
	Armado	0,65	0,60	0,55	0,50	0,50	0,45	0,50	0,50	0,50	0,45	0,55	0,50	0,50
	Pretensado	0,60	0,60	0,55	0,50	0,45	0,45	0,45	0,50	0,45	0,45	0,55	0,50	0,50
Minimo contenido de cemento (Kg/m3)	Masa	200	-	-	-	-	-	-	275	300	325	275	300	275
	Armado	250	275	300	300	325	350	325	325	350	350	300	325	300
	Pretensado	275	300	300	300	325	350	325	325	350	350	300	325	300

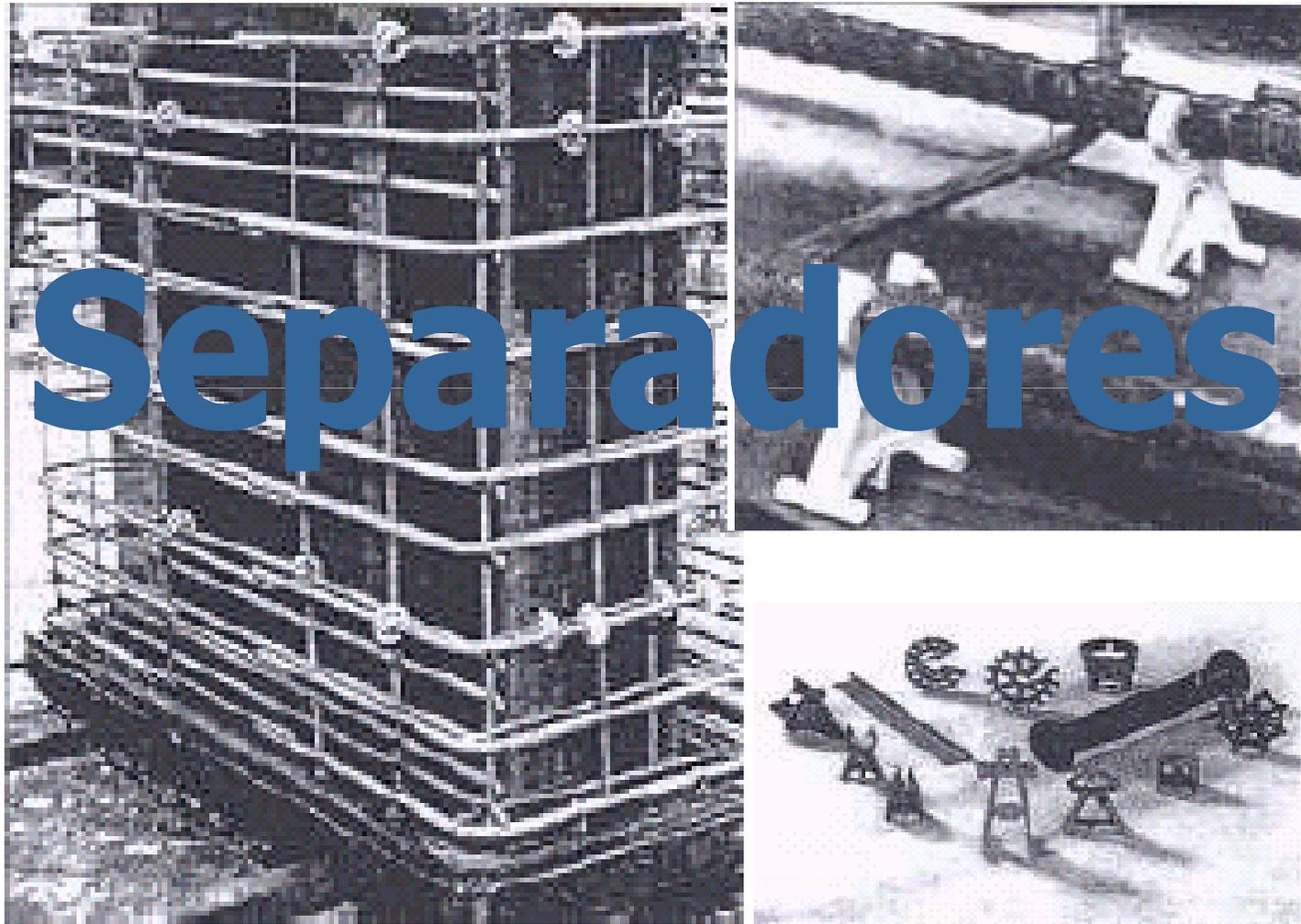


Tabla 37.2.4 Recubrimientos mínimos

Resistencia	Tipo de elemento	RECUBRIMIENTO MÍNIMO [mm]									
		I	Ia	I <b>lb</b>	IIa	II <b>lb</b>	IIc	IV	Qa	Qb	Qc
25 ≤ fck < 40	General	20	25	30	35	35	40	35	40	(*)	(*)
	Elementos prefabricados y láminas	15	20	25	30	30	35	30	35	(*)	(*)
fck ≥ 40	General	15	20	25	30	30	35	30	35	(*)	(*)
	Elementos prefabricados y láminas	15	20	25	25	25	30	25	30	(*)	(*)



# Incluyendo cercos y estribos





# Separadores

Según EHE 08 los separadores son elementos que colocados **adecuadamente** nos permiten mantener el **espesor de recubrimiento** de las armaduras en estructuras de hormigón armado.



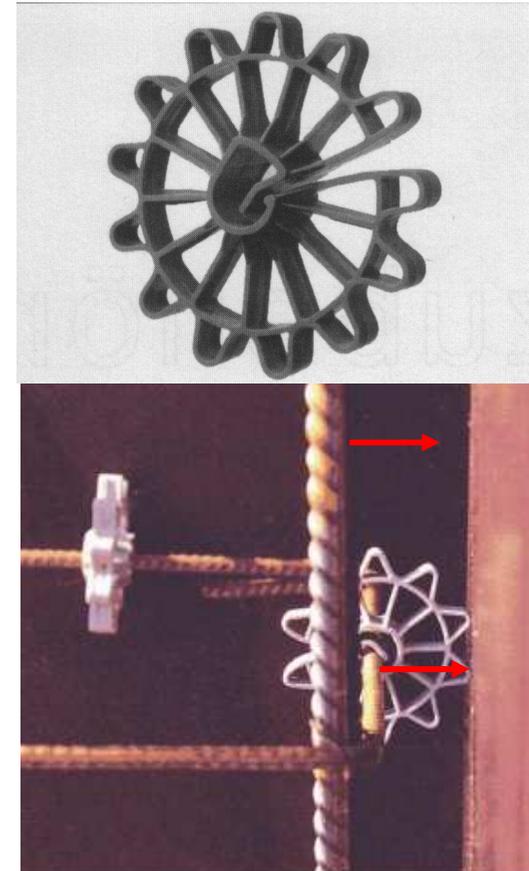
# Separadores

Tipo: Estrella

Pilares

Muros

Elementos prefabricados



**Hormigón. Generalidades. Compos-  
nentes. Propiedades en estado fresco  
y endurecido. Origen de daños en el  
hormigon: Familias representativas.  
Carbonatacion. Durabilidad. Anexo 15  
de la EHE 08. Ejemplos**



# Hormigón

## Definición

Material formado por la mezcla de

Cemento

Áridos

Agua

**pudiendo contener aditivos y adiciones**

**Lo contempla la EHE 08**



# Hormigón

**Porque se puede definir**

**Por su estado físico**

**Estado fresco**

**Estado endurecido**



# Hormigón

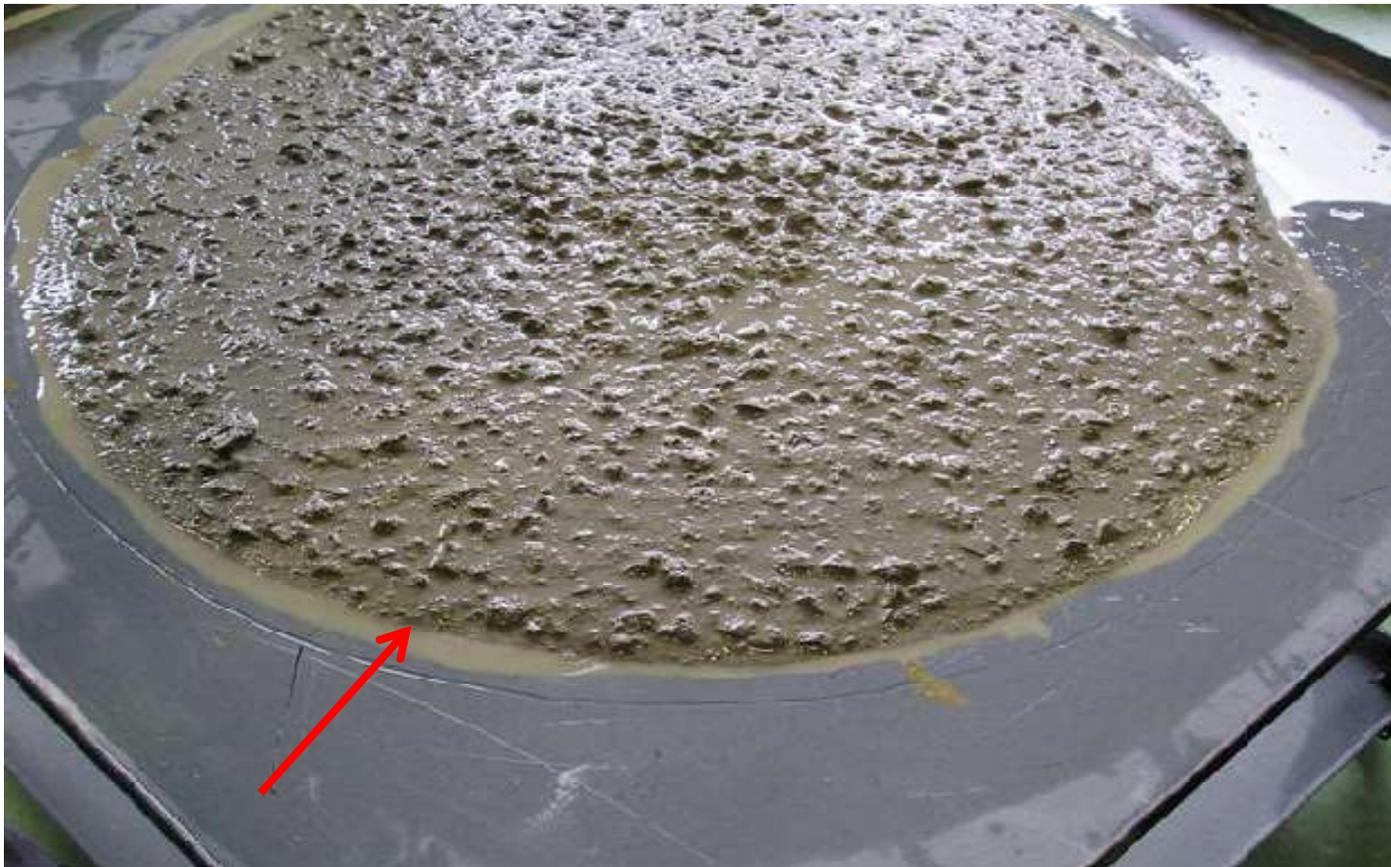
**Estado fresco**

**Trabajabilidad**

**Ausencia de exudación**



# Hormigón





# Hormigón

## Estado fresco

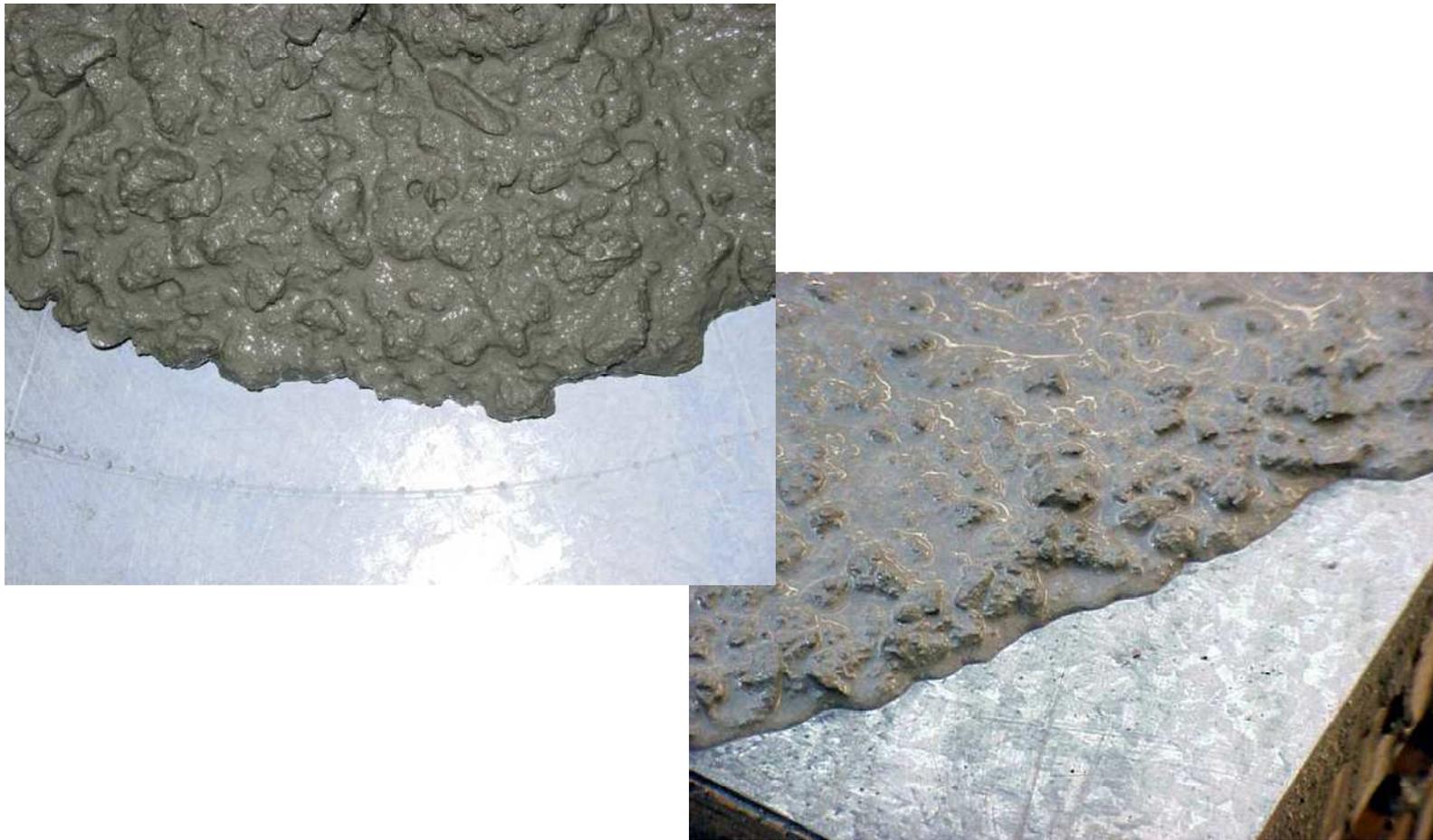
Trabajabilidad

Ausencia de exudación

**Ausencia de segregación**



# Hormigón





# Hormigón

## Estado fresco

**Trabajabilidad**

**Ausencia de exudación**

**Ausencia de segregación**

**Velocidad de fraguado**



# Hormigón

## Estado fresco

**Trabajabilidad**

**Ausencia de exudación**

**Ausencia de segregación**

**Velocidad de fraguado**

**Retención de agua**



# Hormigón

## Estado endurecido

Resistencias mecánicas

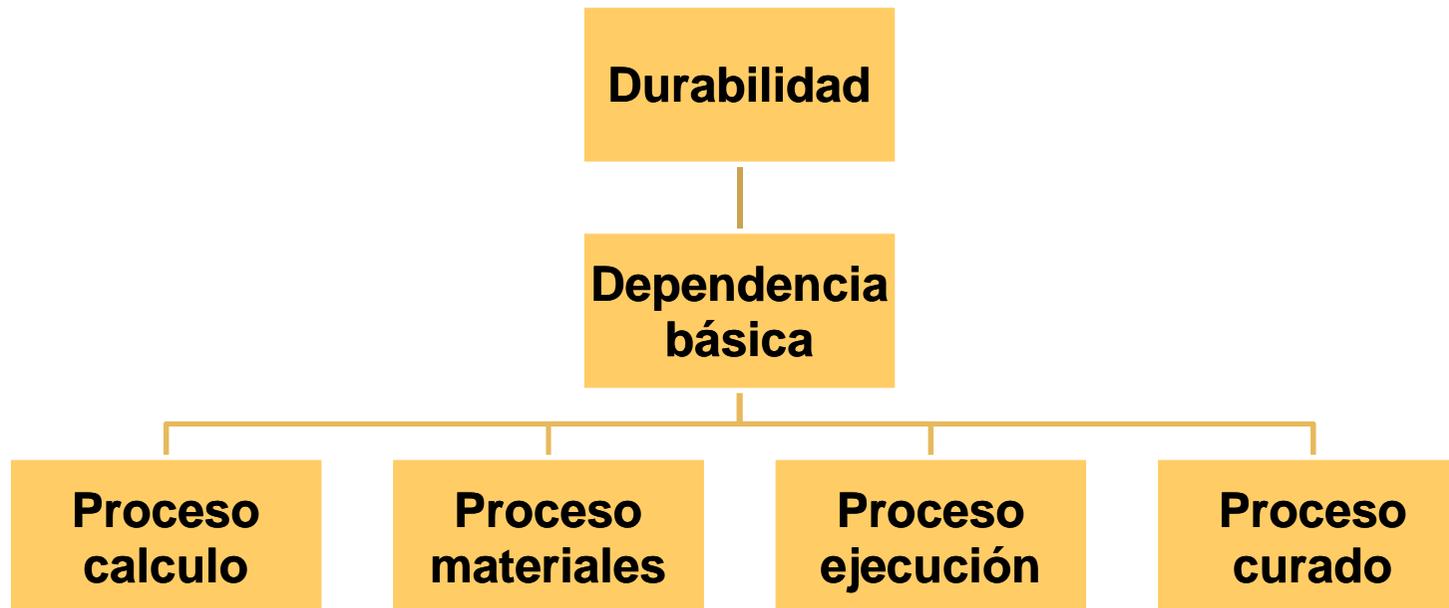
Resistencias a Ataques químicos

Impermeabilidad

**Estabilidad dimensional**



# Estructuras de Hormigón





## La calidad del hormigón

- **Depende de diversos factores**
  - las materias primas
  - la dosificación
  - la correcta puesta en obra
  - **del posterior curado**



# La calidad del hormigón

Depende de diversos factores

## La dosificación

- Las proporciones en las que hay que mezclar los distintos componentes
  - será la adecuada para cumplir con
    - la resistencia mecánica del hormigón
    - **su durabilidad**



# Durabilidad

- Se define
  - como la capacidad de mantener en servicio y con seguridad
  - una estructura o un elemento de hormigón
  - **durante el período determinado como vida útil**



## Durabilidad de las estructuras (EHE 08)

- Es la capacidad de una estructura de hormigón para soportar
  - durante la **vida útil** para la que fue proyectada
  - las condiciones físicas y químicas a las que está expuesta
- En ese tiempo la estructura debe mantener su idoneidad de uso
- Pasado ese plazo
  - se admite que no compense reparar la estructura
  - por su elevado coste
  - **su posible deterioro puede exigir la demolición.**



## Durabilidad de las estructuras (EHE 08)

- Los agentes que pueden disminuir la durabilidad del hormigón son muchos
  - pero se clasifican en
    - agentes mecánicos (sobrecargas, vibraciones)
    - físicos (heladas, fuego)
    - biológicos (microorganismo, vegetación)
    - químicos (terrenos de sulfatos, productos químicos industriales).



# Durabilidad de las estructuras (EHE 08)

Tabla 5.1. Vida útil nominal de los diferentes tipos de estructura <sup>(1)</sup>

Tipo de estructura	Vida útil nominal
Estructuras de carácter temporal <sup>(2)</sup>	Entre 3 y 10 años
Elementos reemplazables que no forman parte de la estructura principal (por ejemplo, barandillas, apoyos de tuberías)	Entre 10 y 25 años
Edificios (o instalaciones) agrícolas o industriales y obras marítimas	Entre 15 y 50 años
Edificios de viviendas u oficinas, puentes u obras de paso de longitud total inferior a 10 metros y estructuras de ingeniería civil (excepto obras marítimas) de repercusión económica baja o media	50 años
Edificios de carácter monumental o de importancia especial	100 años
Puentes de longitud total igual o superior a 10 metros y otras estructuras de ingeniería civil de repercusión económica alta	100 años



# Origen de daños en el hormigón

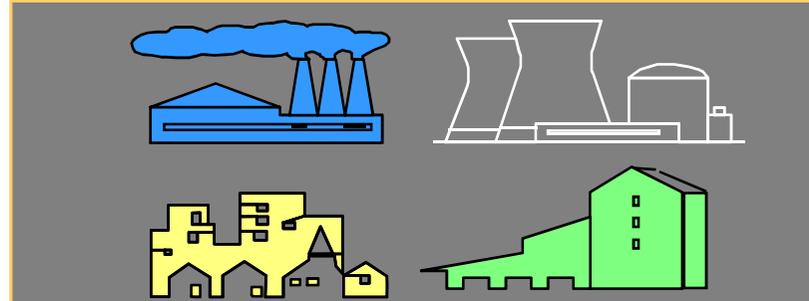


## Daños representativos en el hormigón

- Falta de impermeabilidad
- Daños por impactos
- Daños por un proceso de corrosión
- Daños por ataques químicos
- Daños por pérdidas de resistencias
- **Falta de resistencias**



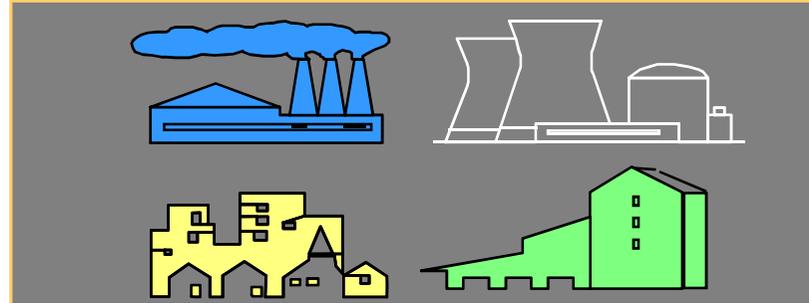
# Origen de daños en el Hormigón





# Origen de daños en el Hormigon

Errores de Proyecto



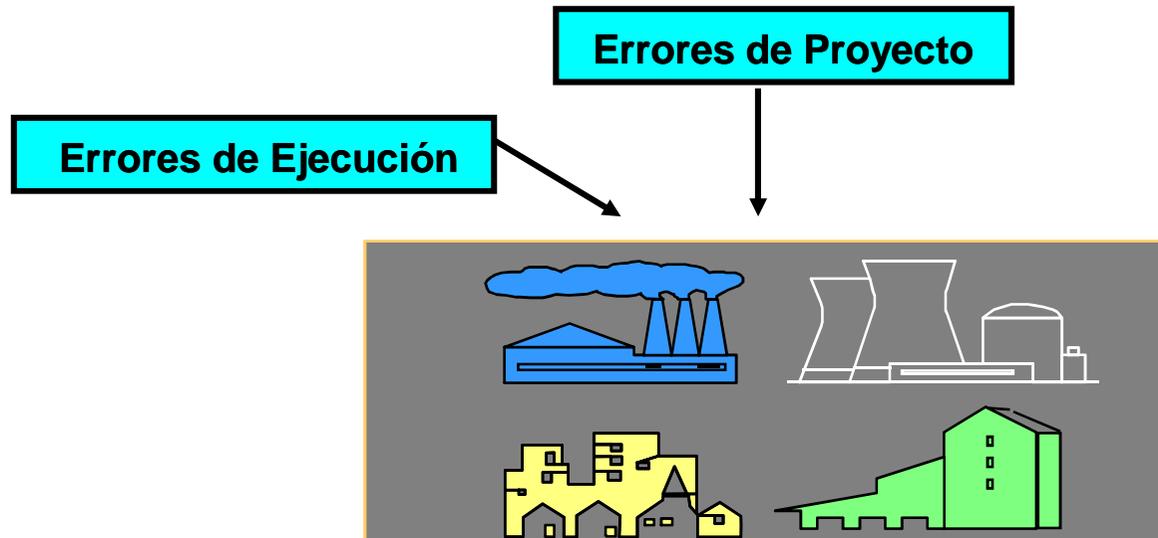


## Errores de proyecto

- Errores de concepción
  - ausencia de estudio de las condiciones ambientales de la estructura
- Errores de evaluación de las cargas
- Errores de cálculo
- Errores en el diseño de detalles
  - recubrimientos, anclajes, empalmes, juntas de dilatación, etc.
- Errores en la presentación
  - gráficos
  - escritos
  - pliego de condiciones



# Origen de daños en el Hormigón





## Errores de ejecución

- **Encofrados**
  - deformación
  - desplazamiento
  - suciedad
- **Hormigonado**
  - incorrecta dosificación y relación a/c
  - ausencia de ensayos
  - control del vertido por la disgregación
  - incorrecta compactación
  - **no se atendieron las condiciones atmosféricas**

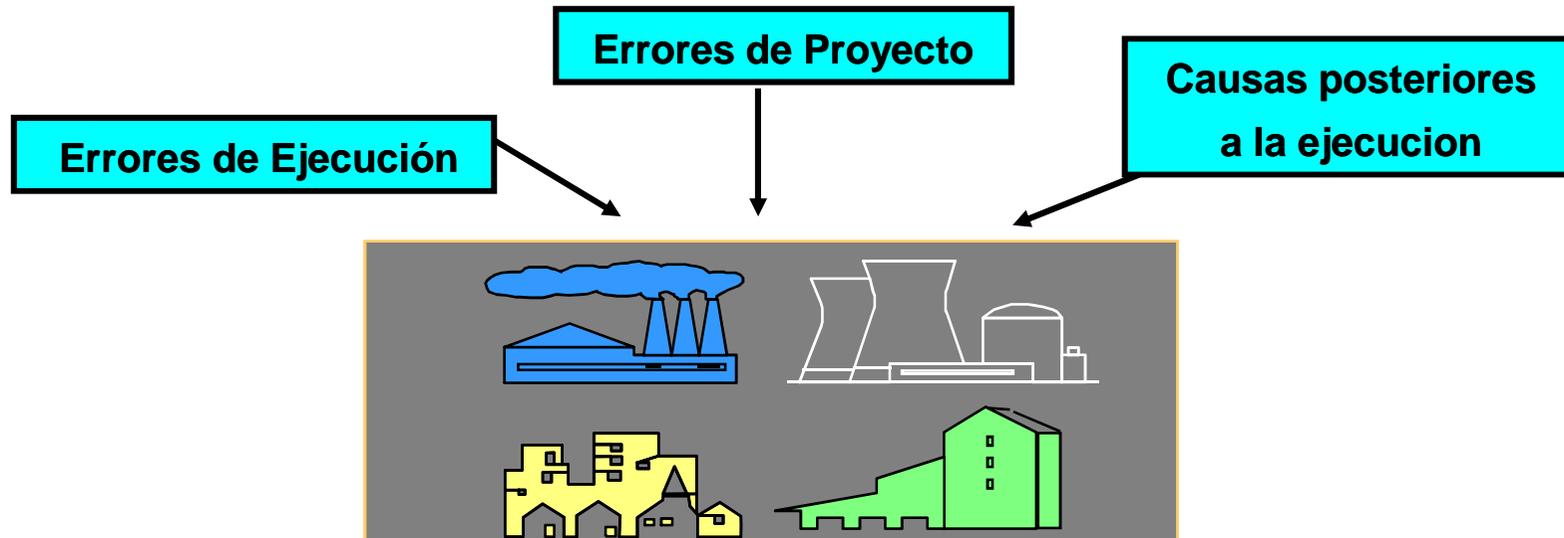


## Errores de ejecucion

- **Protección inicial**
  - **considerar hormigonado tiempo frío o caluroso**
- **Curado**
  - **escaso tiempo de curado**
  - **agua incorrecta**
- **Cargas**
  - **sobrecargas y vibraciones excesivas durante el proceso de curado y endurecimiento**



# Origen de daños en el Hormigón





## Causas posteriores a la ejecución

- **Fisuración por consolidación plástica**
  - deformación provocada por la sedimentación de los sólidos
  - insuficiente retención del agua de la mezcla
- **Fisuración por contracción plástica**
  - no considerar diferencia de velocidad de evaporación y exudación
- **Fisuración por tensiones de origen térmico**
  - dilatación
  - retracción
  - **congelación**

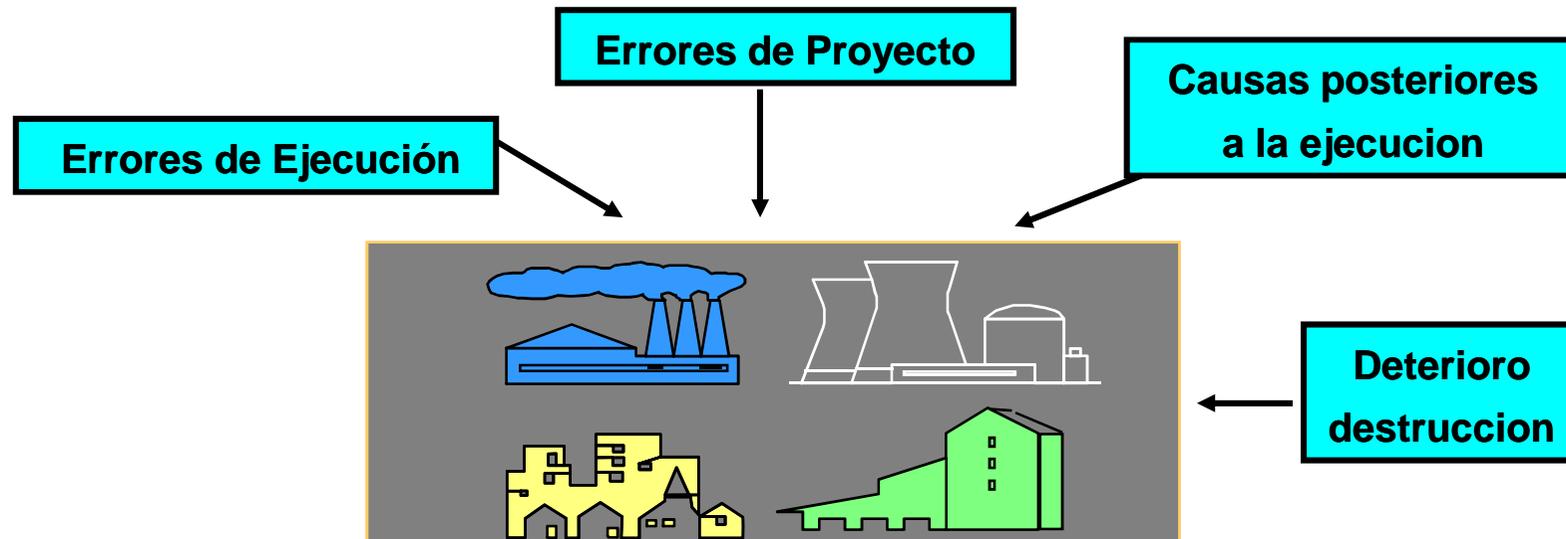


## Causas posteriores a la ejecución

- Armaduras
  - Corrosión de armaduras debida a agentes químicos
- Fuego
- Impactos
- Erosión
- Abrasión
- **Asentamientos del terreno.**



# Origen de daños en el Hormigón



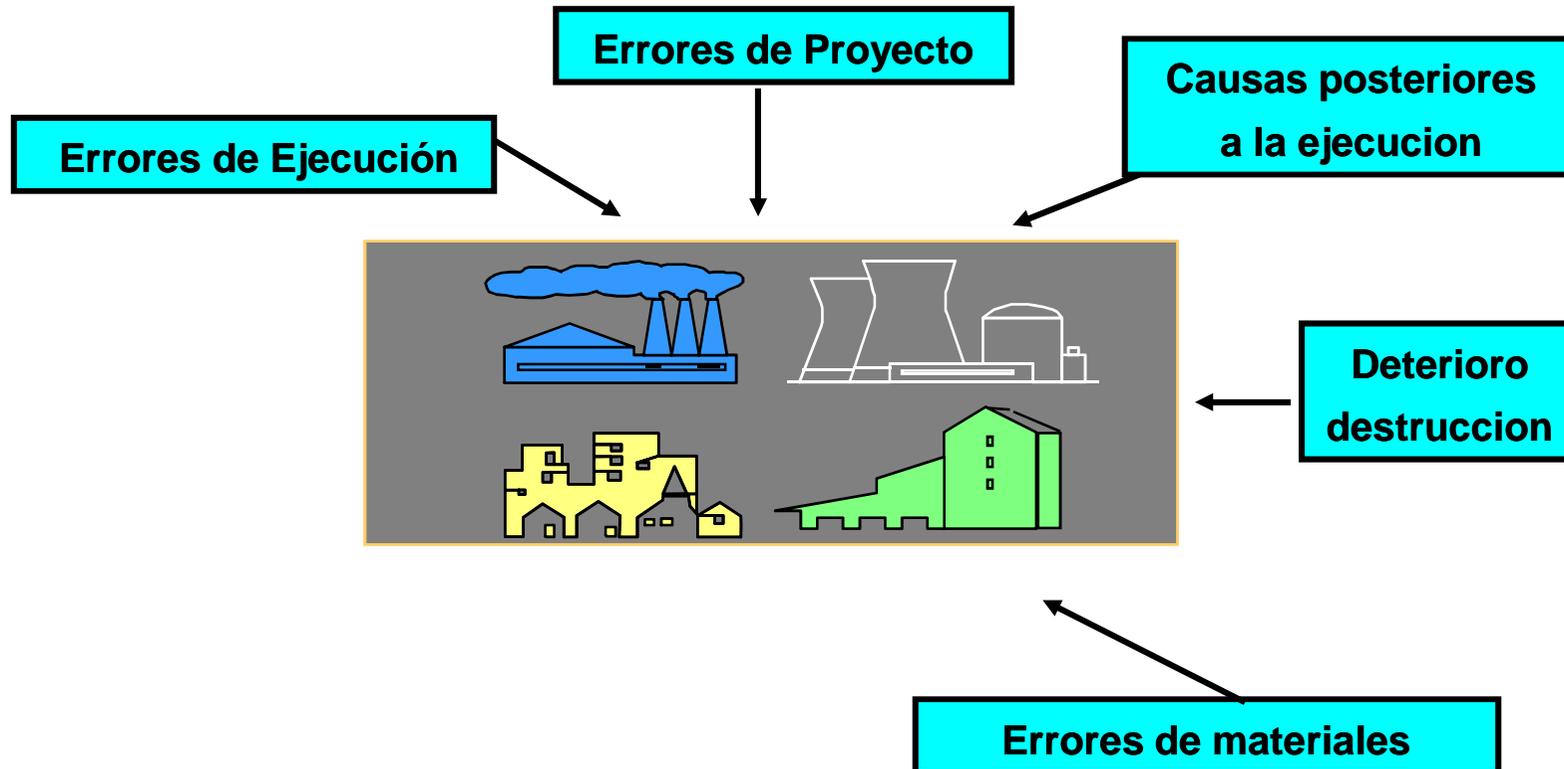


## Deterioro/Destrucción

- **Acciones químicas**
  - Erosión por disolución
  - Destrucción por efecto expansión.
- **Acciones Físicas**
  - Ciclos hielo–deshielo
  - **Sales de deshielo**



# Origen de daños en el Hormigón





## Errores de materiales

- De los cementos
  - fraguado
  - expansión
  - finura
  - resistencia
  - adiciones
- Características del agua
  - pH mayor de 5
  - limpia
  - sin sulfatos ni cloruros
  - **sin materia sólida en suspensión**

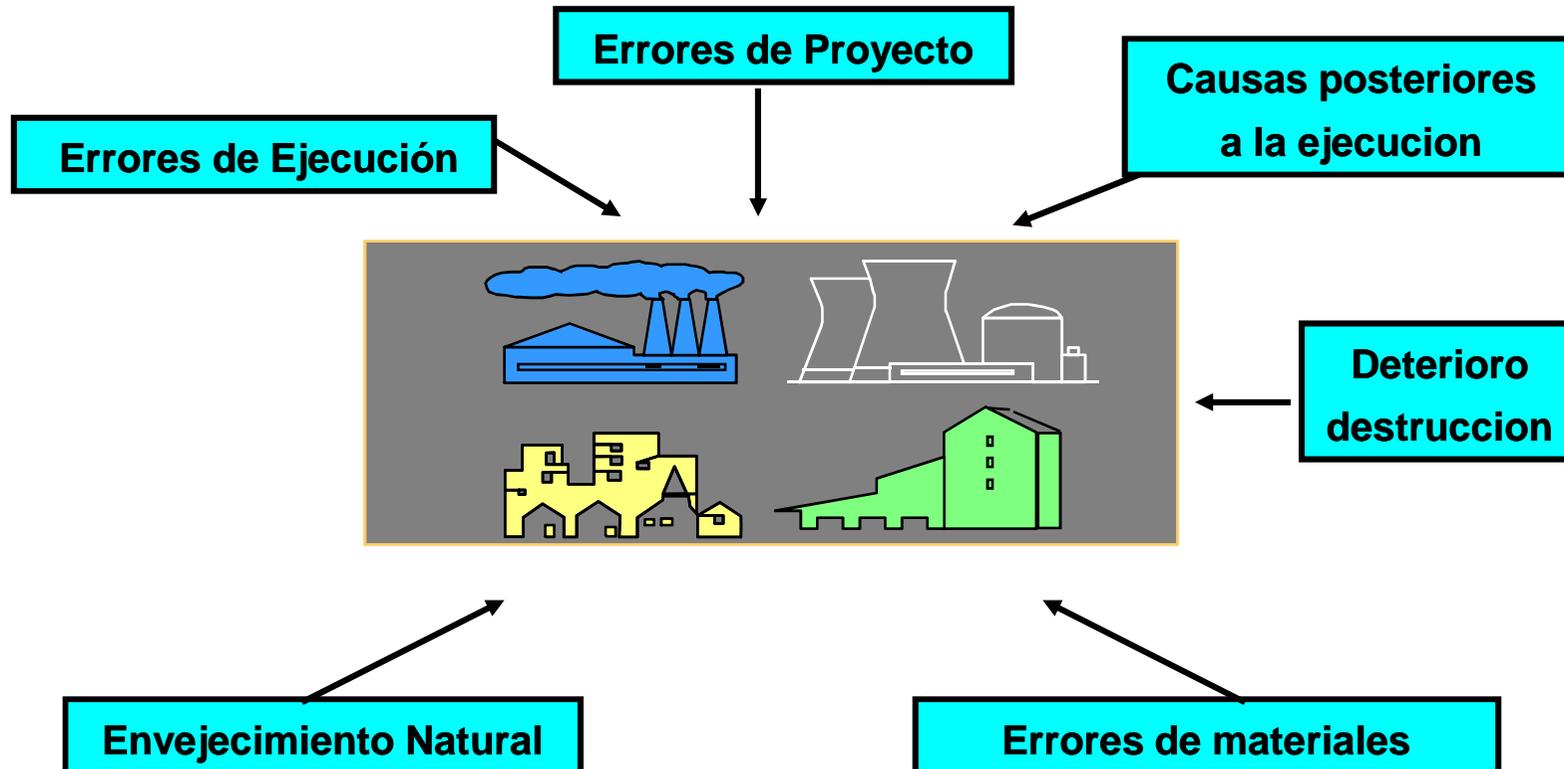


## Errores de materiales

- **Áridos**
  - limpios
  - sin sustancias agresivas
  - estudio granulométrico
  - tamaño máximo
  - compacidad
  - contenido de finos
- **Armaduras**
  - heterogeneidades
  - contacto con otros metales
- **Aditivos**
  - **sin acciones colaterales**



# Origen de daños en el Hormigón





# Envejecimiento natural

**CO<sub>2</sub>**

**lluvia ácida**

**Carbonatación**

**Temperatura**

**Agresividad del medio**



# Carbonatación



# Envejecimiento natural

## CARBONATACIÓN





# Envejecimiento natural

## Carbonatación

- Este proceso no destruye el hormigón
  - sólo reduce su alcalinidad
  - dejando las armaduras indefensas
- Tiene lugar en ambientes con alta contaminación (aparcamientos subterráneos, polígonos industriales, ambientes urbanos)
- **que empieza en la superficie y va penetrando algunos centímetros a lo largo del tiempo**



# Envejecimiento natural

## Velocidad de Carbonatación

- **Depende de**
  - **Características Químicas**
  - **Cantidad de cemento**
  - **Tipo de cemento**
  - **Cloruro**
  - **Humedad relativa**
  - **Presencia de CO<sub>2</sub>**



# Envejecimiento natural

## Velocidad de Carbonatación

- **Formula Analítica**

$$y = K \times \sqrt{t}$$

- **Donde:**

**y** : prof. de carbonatación en mm

**K** : coeficiente de carbonatación

**t** : **Edad del Hormigón en años**



# Envejecimiento natural

## Velocidad de Carbonatación

- La velocidad con la que se carbonata el hormigón depende
  - de la relación agua/cemento utilizada en su fabricación
    - la velocidad se multiplica por dos si la relación a/c es 0,7 en vez de 0,5
  - de la cantidad de cemento utilizado
    - también es doble si se utilizan sólo 150 kg. de cemento por m<sup>3</sup> de hormigón en vez de 300 kg.
  - de la humedad relativa del ambiente en el que se encuentra la estructura
    - la velocidad es doble si la humedad es del 50% en vez de un 80% ó un 20%, igual de perjudicial son los dos extremos



# Envejecimiento natural

## Carbonatación

- En el Hormigón
- Aumento de resistencias mecánicas



# Protección anticarbonatación



# Envejecimiento natural

## Protección Anticarbonatación

### Parámetros

**Permeabilidad al vapor de agua**  
**Permeabilidad al CO<sub>2</sub>**

### Coefficiente de Resistencia a la Difusión

**CO<sub>2</sub> -----> μCO<sub>2</sub>**  
**H<sub>2</sub>O -----> μH<sub>2</sub>O**



# Envejecimiento natural

## Protección Anticarbonatación

Espesor de película seca

$$E_{ps} = C \times S_v$$

- C: consumo en  $l/m^2$   
 $l/m^2 = Kg./m^2 / \text{densidad}$
- $S_v$ : Sólidos en volumen

Espesor equivalente

$$E_{eq} = E_{ps} \times \mu$$



# Envejecimiento natural

## Protección Anticarbonatación

### Exigencias de norma

$$\mu \text{H}_2\text{O} \times E_{ps} < 4 \text{ m}$$

**Transpiración**

$$\mu \text{CO}_2 \times E_{ps} > 50 \text{ m}$$

**Protección Anticarbonatación**



# Envejecimiento natural

## Protección Anticarbonatación

- **Proyecto**
- • Diámetro de la armadura
- • Recubrimiento
- **Protecciones Superficiales**
- • Armaduras
- • **Hormigón**

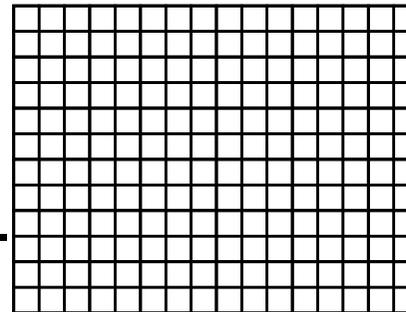


# Envejecimiento natural

## Definición

Barrera de vapor

Molécula de vapor de agua

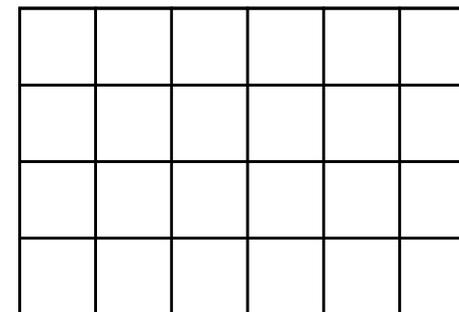
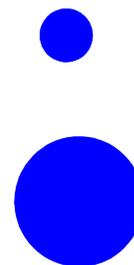


Trama barrera de vapor

Barrera impermeable  
barrera no de vapor

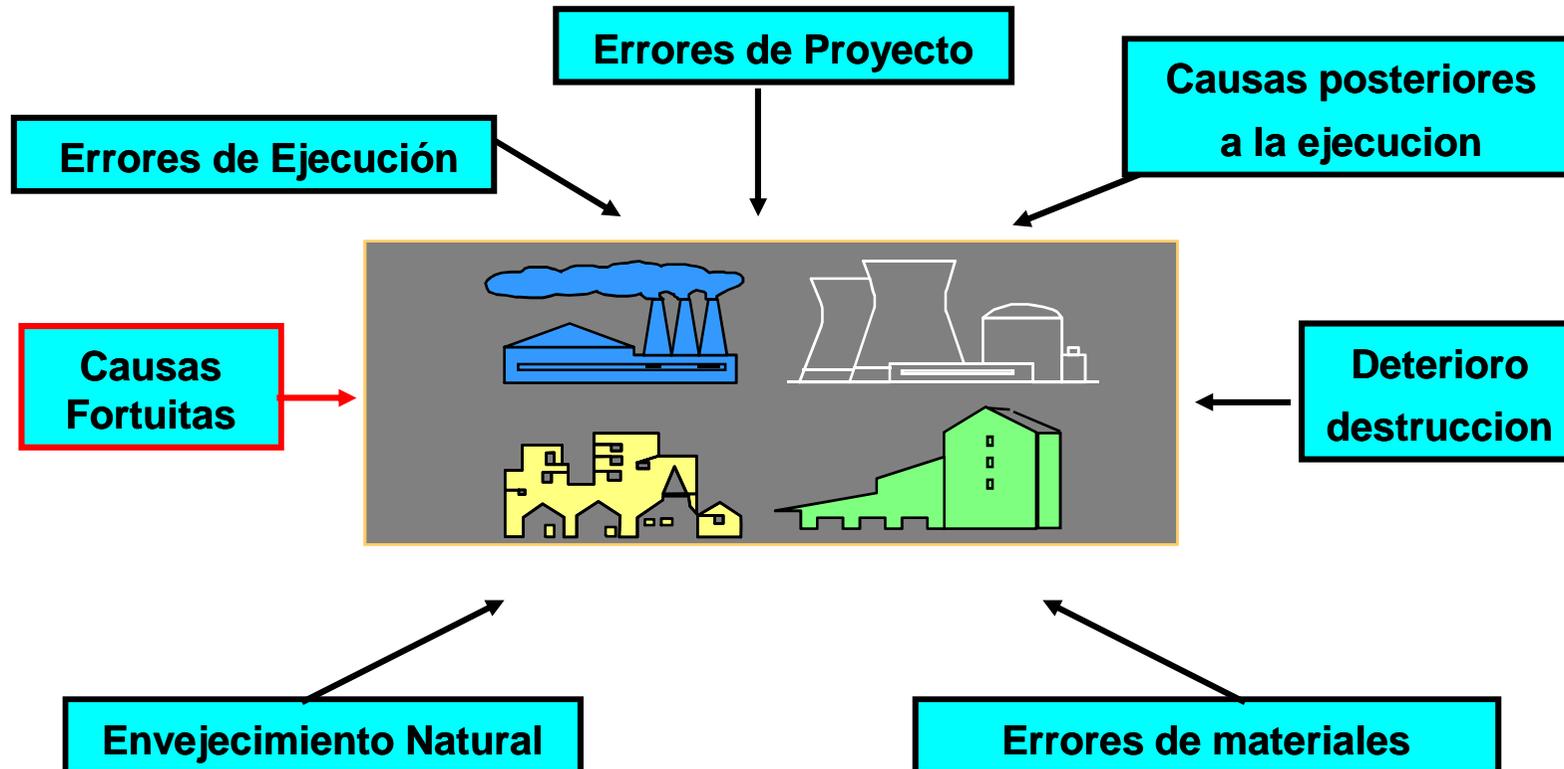
Molécula de vapor de agua

Molécula de de agua





# Origen de daños en el Hormigón



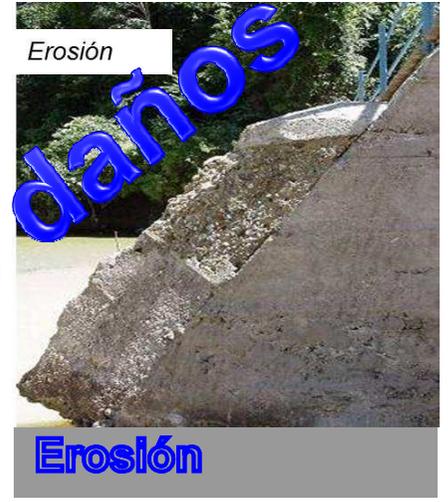


## Causas fortuitas

- Choques
- Sismos
- Explosiones
- Incendios
- Asentamiento del terreno
- **Modificaciones en el uso**



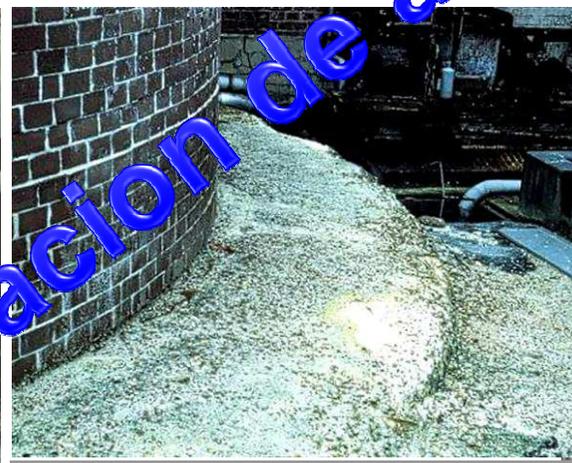
Ataque ácido



Erosión



Daños por fuego



Daños por heladas



Daños por heladas

Identificación de algunos daños



## ANEJO 15

EHE 08

- **Recomendaciones para la utilización de hormigones reciclados**
- Se define a los efectos de este Anejo como hormigón reciclado (HR)
  - el hormigón fabricado con **árido grueso reciclado** procedente del machaqueo de **residuos de hormigón**
- Para su aplicación en hormigón estructural, este Anejo recomienda
  - **limitar** el contenido de árido grueso reciclado al **20% en peso** sobre el contenido total de árido grueso
- Con esta limitación
  - las propiedades finales del hormigón reciclado **apenas se ven afectadas** en relación a las que presenta un hormigón convencional
- **En el Anejo se dan indicaciones sobre algunas de las propiedades del hormigón que pueden verse afectadas con sustituciones superiores al límite indicado**



## ANEJO 15

- **Recomendaciones para la utilización de hormigones reciclados**
- El árido reciclado puede emplearse tanto para hormigón en masa como hormigón armado de **resistencia característica no superior a 40 N/mm<sup>2</sup>**
- quedando excluido su empleo en **hormigón pretensado**
- Quedan fuera de los objetivos de este anejo:
  - Hormigones fabricados con áridos reciclados **de naturaleza distinta** del hormigón
  - **Hormigones fabricados con áridos reciclados procedentes de hormigones especiales tales como aluminoso, con fibras, con polímeros, etc.**



## ANEJO 15

- **Recomendaciones para la utilización de hormigones reciclados**
- **Designación**
  - **Hormigón en masa (HRM) o armado (HRA)**
  - **Contenido mínimo de cemento, el que marca la Norma EHE-08 para cada ambiente**
  - **Consistencia la requerida**
  - **Tamaño máximo del árido 20 mm.**
  - **Contenido de árido reciclado máximo: 20% del árido grueso.**

**Norma UNE-EN 1504. Partes.  
Esquemas generales. Mercado CE.  
Ejemplo**



# Normas Europeas Serie UNE-EN 1504

## UNE-EN 1504-1

- Describe las definiciones y términos dentro de las Normas

## UNE-EN 1504-2

- Establece las especificaciones para los productos y sistemas de protección superficial del hormigón

## UNE-EN 1504-3

- Establece las especificaciones para la reparación estructural y no estructural

## UNE-EN 1504-4

- Establece las especificaciones para la adhesión estructural

## UNE-EN 1504-5

- Establece las especificaciones para la inyección del hormigón



## Normas Europeas Serie UNE-EN 1504

### **UNE-EN 1504-6**

- **Establece las especificaciones para los anclajes de armaduras de acero**

### **UNE-EN 1504-7**

- **Establece las especificaciones para la protección contra la corrosión de armaduras**

### **UNE-EN 1504-8**

- **Describe el control de calidad y la evaluación de la conformidad para los fabricantes**

### **UNE-EN 1504-9**

- **Define los principios generales de utilización de los productos y sistemas, para la reparación y protección del hormigón**

### **UNE-EN 1504-10**

- **Proporciona información sobre las aplicaciones de los productos y sistemas y control de calidad de los trabajos**



## Normas Europeas Serie UNE-EN 1504

La Norma Europea UNE-EN 1504 consta de 10 partes.

Con estos documentos

**¿qué podemos definir?**

- los productos para
  - la protección y/o la reparación
  - de estructuras de hormigón

Están también definidos en las partes correspondientes de esta norma.

- El control de calidad de la producción de los materiales de reparación
- **La evaluación de la ejecución de los trabajos de reparación**

**Resumen**



## Introducción a la norma UNE-EN 1504

**La Norma Europea UNE-EN 1504 está en vigor desde el 1 de Enero de 2009**

- Las normas nacionales no armonizadas con la nueva norma UNE-EN 1504 han sido retiradas a finales del 2008
- El Mercado CE obligatorio.
  - Todos los productos utilizados para **la reparación y protección del hormigón** tienen que ser marcados de acuerdo con la parte correspondiente de la norma UNE-EN 1504.
  - Este marcado CE contendrá la siguiente información
  - **usando como ejemplo un mortero para reparación estructural**

**Resumen**



**Mercado CE**



01234

Compañía, dirección

05

0123-CPD-00234

**EN 1504-3**

Producto para reparación estructural del hormigón con mortero CC  
(a base de cemento hidráulico)

Resistencia a compresión:	Clase R 3
Contenido en iones cloruro:	$\leq 0,05\%$
Adhesión:	$\geq 1,5$ MPa
Resistencia a la carbonatación:	Pasa
Módulo de elasticidad:	21 GPA
Compatibilidad térmica parte 1:	$\geq 1,5$ MPa
Absorción capilar:	$\leq 0,5$ kg·m <sup>-2</sup> · h <sup>-0,5</sup>
Sustancias peligrosas:	conforme con 5.4
Reacción al fuego:	Euroclase E

*Marcado de conformidad CE que consiste en el símbolo "CE" establecido en la Directiva 93/68 CEE*

*Número de identificación del organismo de certificación (si procede)*

*Nombre o marca distintiva y dirección registrada del fabricante*

*Los dos últimos dígitos del año en que se fijó el mercado*

*Número del certificado (si procede)*

*Número de la norma europea*

*Descripción del producto*

*e*

*información sobre las características reglamentadas*

**Estado del Hormigón. Diagnóstico: ensayos destructivos y no destructivos.  
Ejemplo**



# Diagnosis



## Diagnosis

- **Definición**
  - **Conocimiento**
  - **de los daños y defectos existentes**
  - **que sirven de base para una reparación correcta y segura.**



# Diagnosis

## Fases

- Toma de datos
- Análisis
- Valoración
- Simulación
- Elección del Sistema de Reparación
- Pliego de Condiciones**



## Diagnosis

### Ensayos de campo

#### Resistencias a compresión

- Extracción de testigos
- Esclerómetro

#### Cohesión superficial

- Sattec

#### Espesor de recubrimiento

#### Profundidad de carbonatación



## Diagnosis

### Ensayos de laboratorio

Resistencias mecánicas

Análisis químico

Módulo de elasticidad

Porosidad

Densidad aparente

Compresión  
Flexotracción

Cloruros  
Sulfatos



# Toma de datos para diagnosis



## Diagnosis

Toma de datos en campo		
Sika S.A.	Profundidad de carbonatación	
Diagnostico	0001	
Título	Polideportivo Municipal	
Fecha de examen	1.992	
Año de construcción	1.977	
Obra	Polideportivo Municipal Cubierto	
Propiedad	Ayuntamiento	
Punto	Prof. mínima	Prof. máxima
1	15	20
2	10	20
3	15	30
4	10	15
5	10	15
6	10	12
7	10	15



## Diagnosis

Toma de datos en campo	
Sika S.A.	Recubrimiento de armaduras
Diagnostico	0001
Titulo	Polideportivo Municipal
Fecha de examen	1.992
Año de construcción	1.977
Obra	Polideportivo Municipal Cubierto
Propiedad	Ayuntamiento
Armadura	Recubrimiento (mm)
1	10
2	10
3	25
4	15
5	13
6	10
7	13



## Diagnosis

Toma de datos en campo			
Sika S.A.	Recubrimientos ordenados		
Diagnostico	0001		
Título	Polideportivo Municipal		
Fecha de examen	1.992		
Año de construcción	1.977		
Obra	Polideportivo Municipal Cubierto		
Propiedad	Ayuntamiento		
Recubrimiento	Cantidad	%	Acumulado %
10	3	43	43
13	2	29	72
15	1	14	86
25	1	14	100

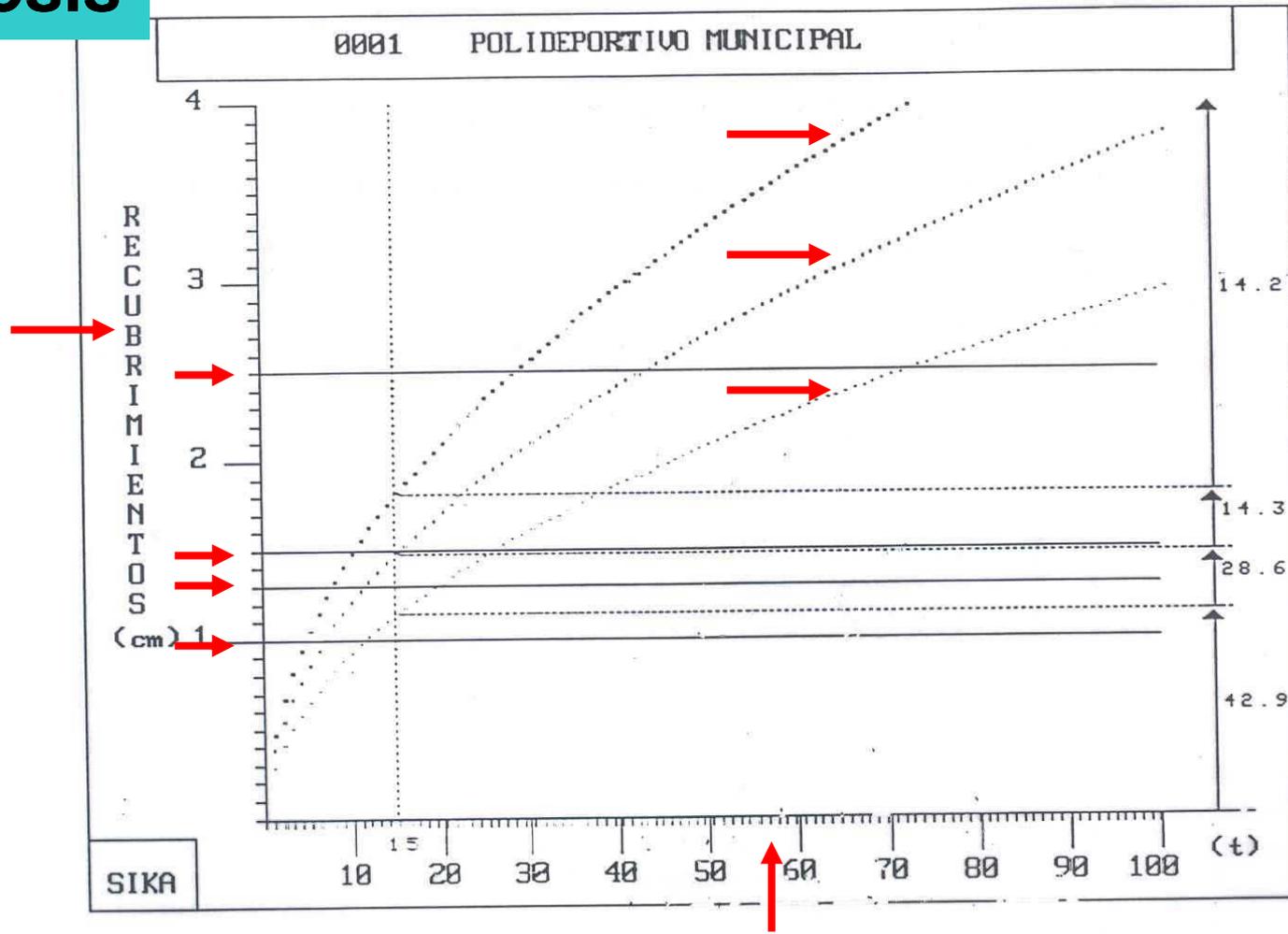


## Diagnosis

# Curvas obtenidas

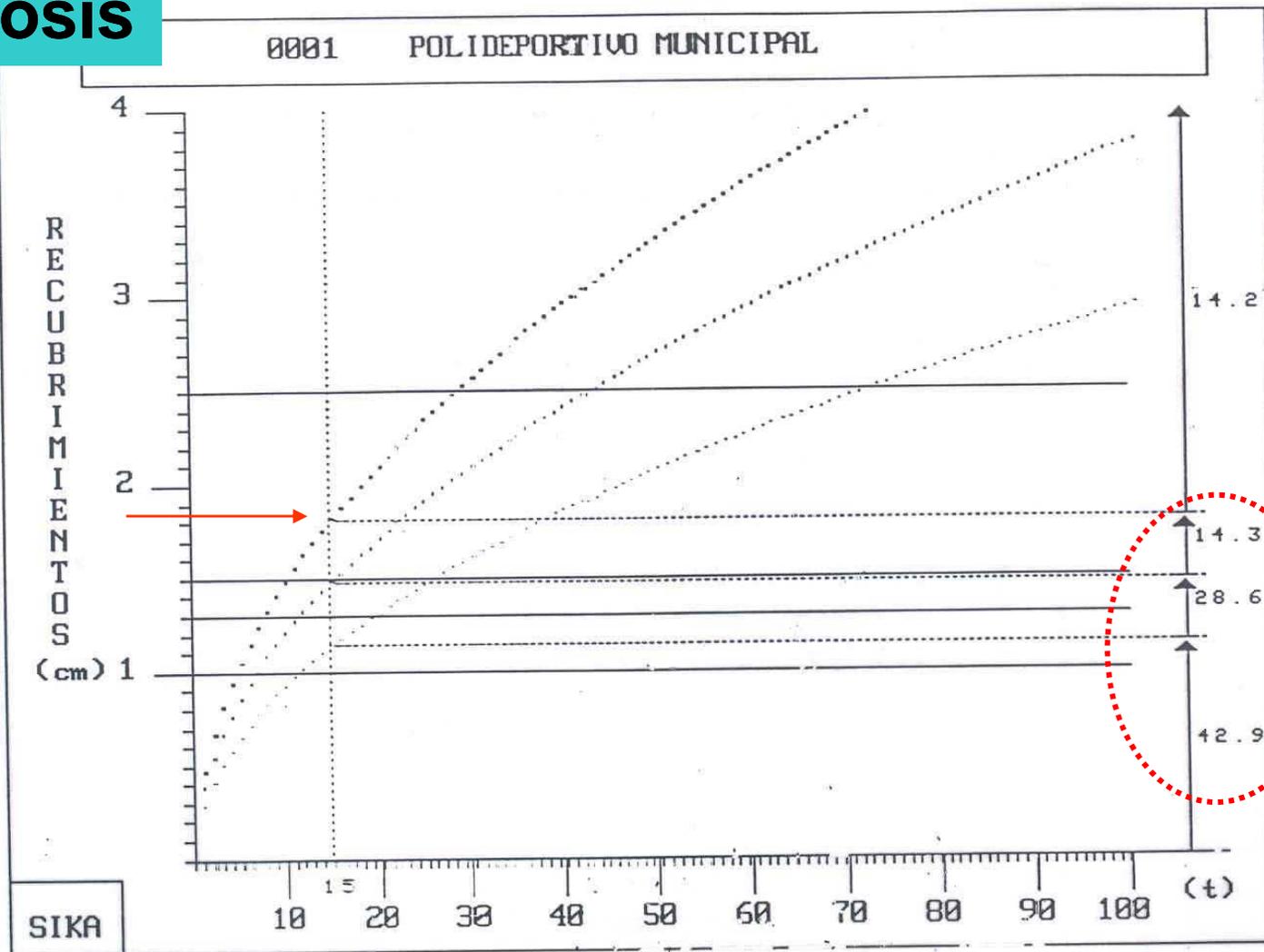


# Diagnosis



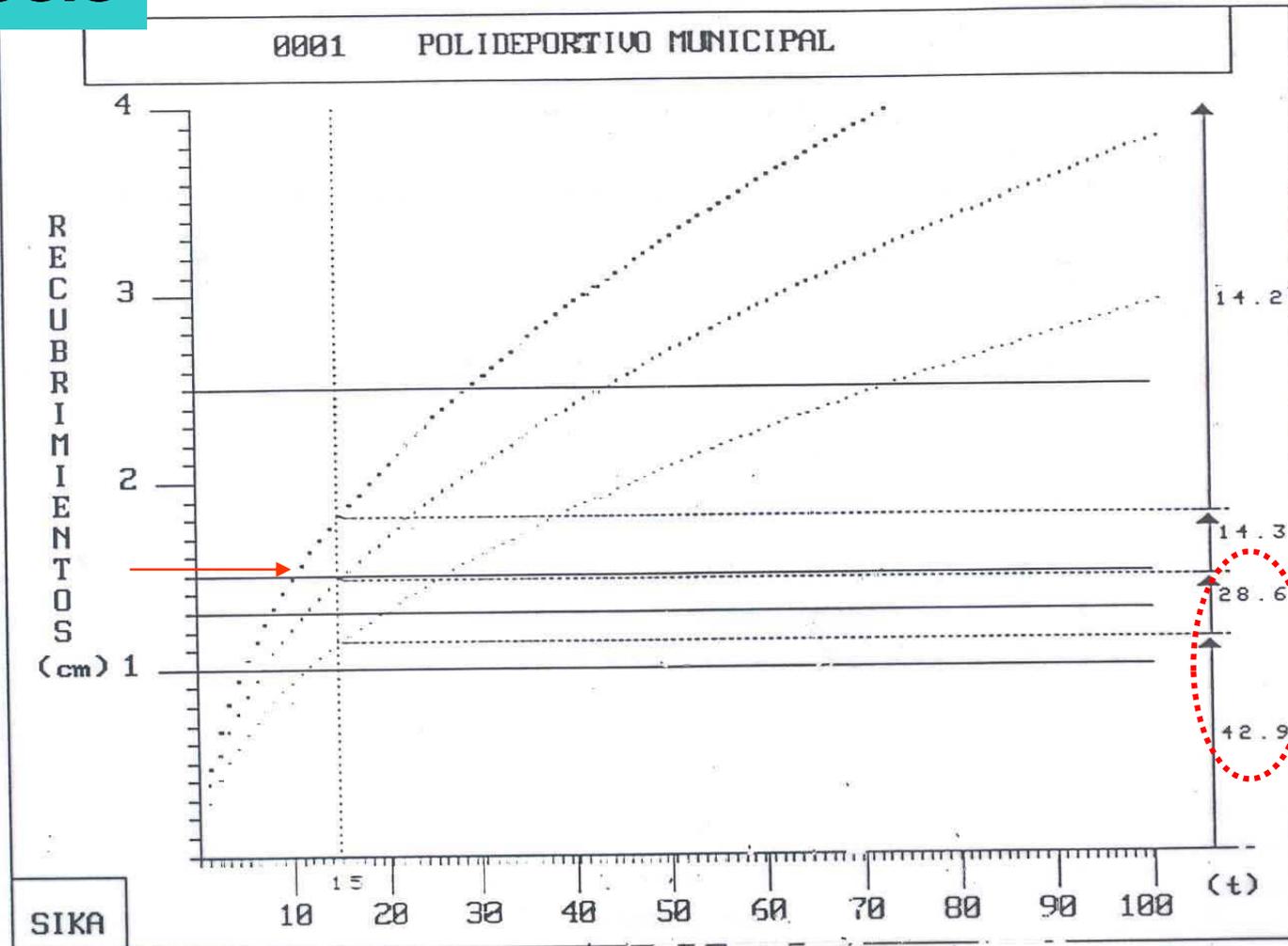


# Diagnosis



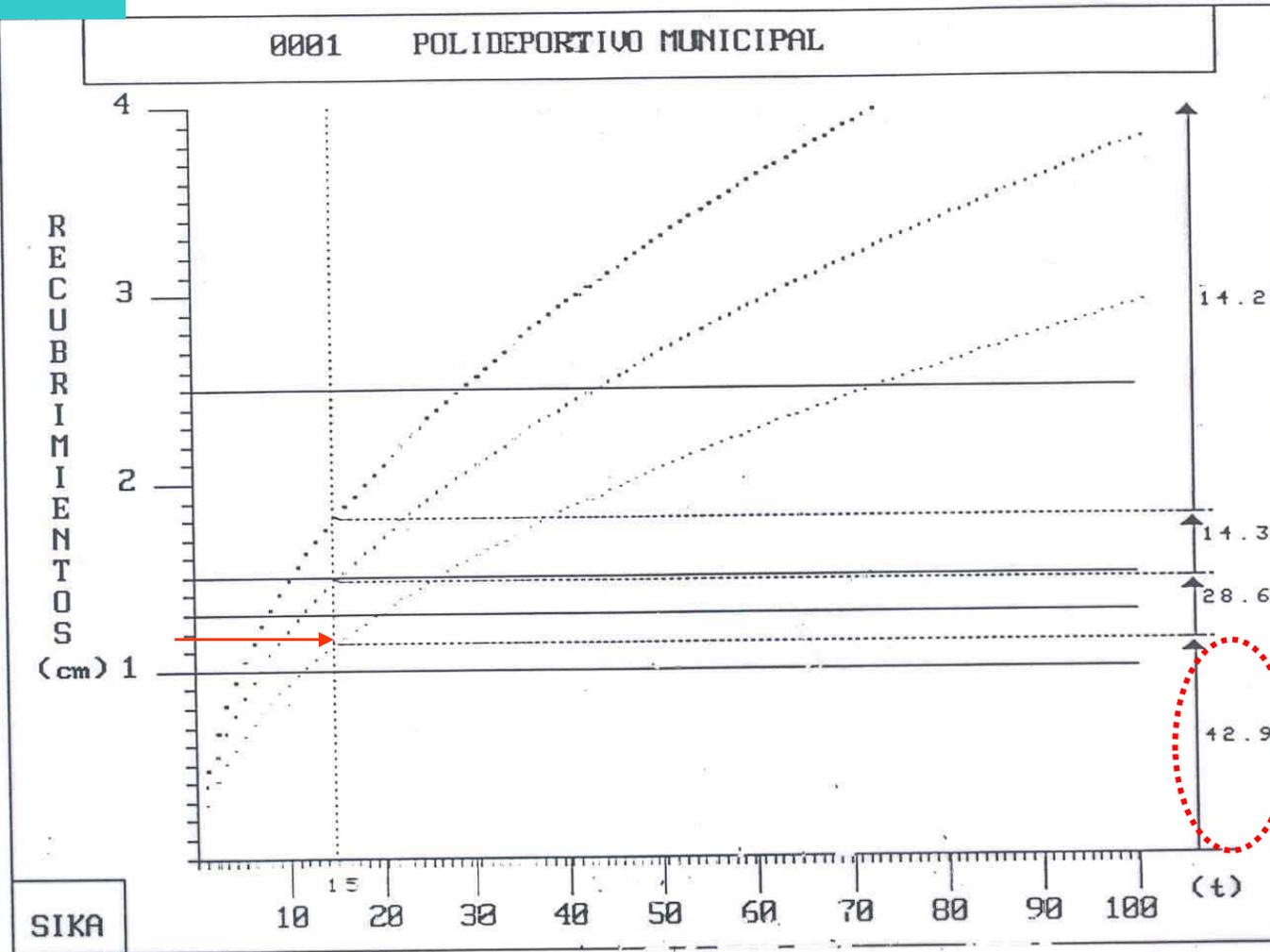


# Diagnosis



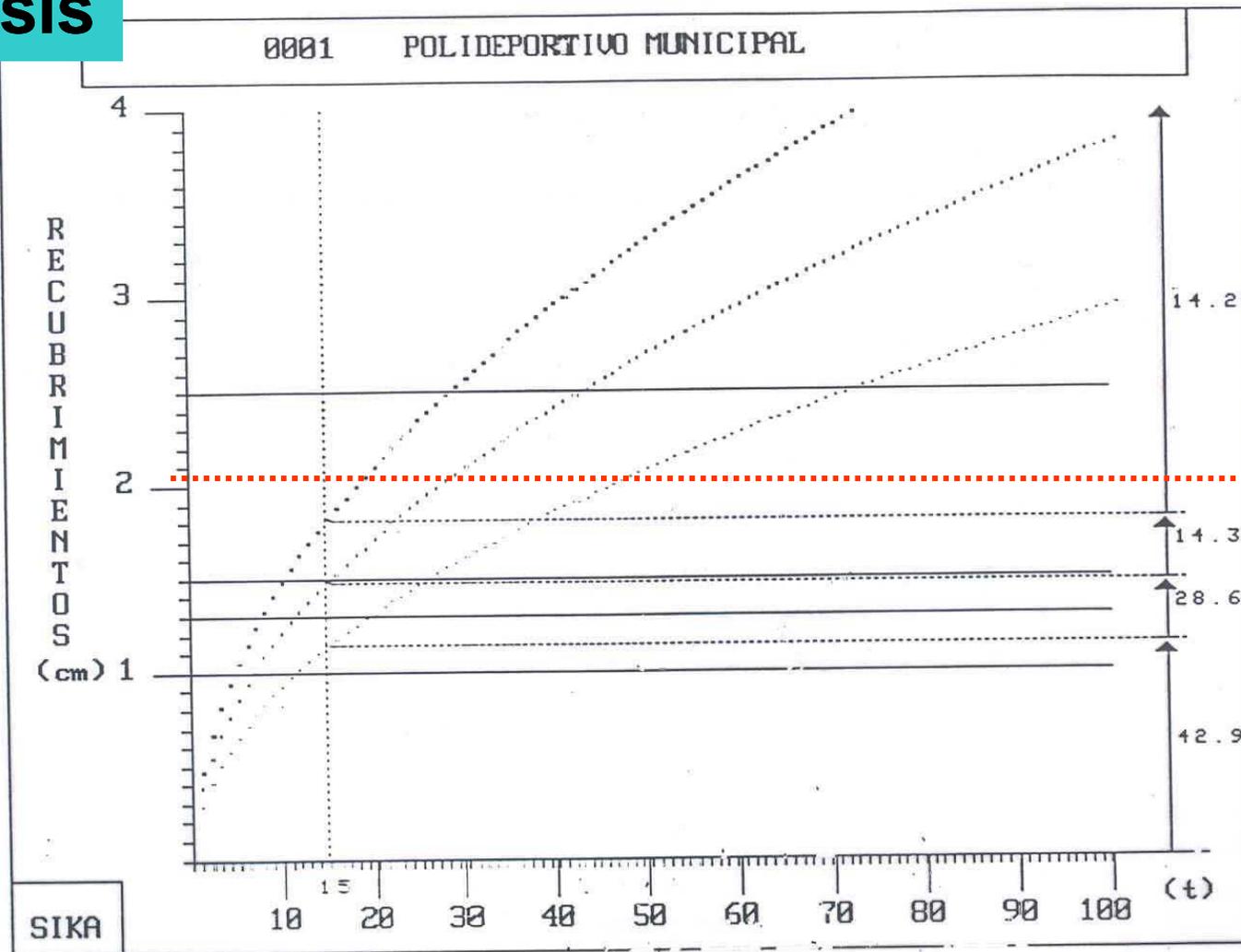


# Diagnosis





# Diagnosis





# Resultados Diagnóstico



## Diagnosis

Toma de datos en campo	
<b>Sika S.A.</b>	<b>Valoración de las mediciones</b>
Diagnostico	0001
Título	Polideportivo Municipal
Fecha de examen	1.992
Año de construcción	1.977
Obra	Polideportivo Municipal Cubierto
Propiedad	Ayuntamiento
<b>Clasificación por categoría de riesgo</b>	
Armadura sin protección	De 00,0 a 11,4 mm. 43%
Armadura muy poco protegida	De 11,4 a 14,8 mm. 29%
Armadura poco protegida	De 14,8 a 18,1 mm. 14%
Armadura protegida	Desde 18,1 mm. 14%

**Morteros. Generalidades. Conocimiento.  
Componentes. Clasificación. Colocación.  
Tipos. Ejemplos.**



# ¿Que es un mortero?

**Una mezcla de distintos componentes**

**Estaba considerado el hermano pobre del hormigon**

**Gracias a la Normativa ha cambiado esa idea**



## Componentes de un Mortero

Conglomerante		Áridos		Adiciones	Aditivos	Disolventes
Inorgánico	Orgánico	Características	Clasificación	Activas	Según su función principal	
Cemento	<b>Termoplásticas</b>	Morfología	<b>Según procedencia</b>	Cenizas Volantes	Reductores de agua	Agua
Cal	Acrílicas	Granulometría	Natural	Humo de sílice	Reductores de agua de alta actividad	Disolvente Orgánico
Yeso	<b>Termoestables</b>	Porosidad del árido	Machaqueo	Escorias de alto horno	Modificadores de fraguado	
Arcillas	Poliéster		Artificial	<b>No activas</b>	Inclusores de Aire	
	Epoxi		<b>Según su naturaleza</b>	Fillers	Multifuncionales	
			Silíceas			
			Calcáreas			
			Mixtas			
			Otros			



- **Morteros**

- **Definición**

- **los morteros son materiales compuestos basicamente por**
  - un ligante
  - áridos finos
  - agua

- **Ligante**

- **puede ser de muy diferentes tipos**

- **Aparte de esos componentes básicos**

- **suelen llevar otros aditivos y adiciones que les hacen mejorar sus características y sus propiedades**





- **Morteros**

- **Propiedades más importantes de los morteros**

- cada una de las propiedades **puede ser relevante** para unos usos pero no para otros

- **Resistencia a compresión**

- es importante principalmente

- para los morteros de reparación de hormigón

- **para morteros de productos de relleno y anclaje**



- **Morteros**

- **Propiedades más importantes de los morteros**

- cada una de las propiedades **puede ser relevante** para unos usos pero no para otros

- **Adherencia**

- es una propiedad importante para casi todos los usos
- **El buen funcionamiento de cualquier mortero para cualquier uso depende en gran medida de lo bien adherido que esté al soporte**



## • Morteros

### • Propiedades más importantes de los morteros

- cada una de las propiedades **puede ser relevante** para unos usos pero no para otros

#### • Deformabilidad/flexibilidad

- esta propiedad es importante para determinados usos
  - como por ejemplo
    - revestimientos de impermeabilización
    - morteros para enfoscado y regularización de fachadas
  - Con esta propiedad se consigue evitar que el mortero fisure en soportes muy deformables
  - **a la vez que se logra una buena capacidad de puenteo de fisuras**



- **Morteros**

- **Propiedades más importantes de los morteros**

- cada una de las propiedades **puede ser relevante** para unos usos pero no para otros

- **Permeabilidad**

- es una característica relevante no sólo
  - en los morteros que se van a utilizar para revestimientos impermeables
  - sino también para morteros
    - en fachadas
    - en reparación de hormigón
    - **etc.**



- **Morteros**

- **Propiedades más importantes de los morteros**

- cada una de las propiedades **puede ser relevante** para unos usos pero no para otros

- **Velocidad de fraguado y endurecimiento**

- es la propiedad más importante para morteros que se van a utilizar
  - en la fijación de elementos
  - **en anclajes y rellenos**



- **Morteros**
- **Propiedades más importantes de los morteros**
  - cada una de las propiedades **puede ser relevante** para unos usos pero no para otros
- **Existen muchas otras propiedades en los morteros**
- **Pero las anteriores son algunas de las que en mayor medida hay que fijarse**
  - **a la hora de elegirlos.**



- **Morteros**

- **Han tenido históricamente muchos usos**
  - **que con el paso del tiempo**
    - **aparición de nuevos materiales**
    - **tecnicas nuevas de uso**
  - **van surgiendo nuevos tipos**
- **Usos de los morteros**
  - **Reparación de hormigón**
  - **Regularización y enfoscados en fachadas**
  - **Fijación rápida de elementos**
  - **Anclajes y rellenos**
  - **Impermeabilización de distintos elementos constructivos**
  - **Pegado de cerámica**
  - **Recibido de ladrillos**
  - **Realización de pavimentos**
  - **etc.**



## • Morteros

- Desde el punto de vista de su constitución los morteros pueden ser de los siguientes tipos
- Morteros cementosos (CC, Cementitious Concrete)
  - son los que están hechos exclusivamente de cemento y áridos (arena) y agua
- Morteros cementosos mejorados con polímeros (PCC, Polymer Cementitious Concrete)
  - son los morteros que llevan en su formulación unos polímeros que mejoran algunas de sus propiedades
  - (adherencia, flexibilidad, tendencia a fisuración, impermeabilidad,...)
- Morteros de ligantes mixtos (ECC, Epoxy Cementitious Concrete)
  - son morteros de ligantes mixtos (epoxi y cemento), que hacen que mejoren casi todas las características de los mismos.



# Morteros

## Definición y clasificaciones

- El artículo 37.4.3. de la EHE “Resistencia del hormigón frente al ataque por sulfatos”
- establece como obligatorio el uso de un hormigón/mortero en el que el cemento
- deberá poseer la característica adicional de resistencia a los sulfatos
- según la UNE 80303:96
  - siempre que el contenido (en sulfatos)
    - sea igual o mayor que 600 mg/l en el caso de aguas
    - igual o mayor que 3000 mg/kg, en el caso de suelos



# Morteros

## Definición y clasificaciones

- Los morteros no requieren especial sofisticación para su puesta en obra
- Pueden ser aplicados manualmente, por vertido o por proyección
- Ofrece la posibilidad de adaptar sus propiedades a las exigencias que se deseen conforme a la composición y dosificación precisas.



# Morteros

## Definición y clasificaciones

- **Morteros según su aplicación**
  - **Morteros de revestimiento**
  - **Morteros de reparación**
  - **Morteros de impermeabilización**

**Nos centraremos en**



# Morteros

## Definición y clasificaciones

- **Resumen de ventajas de los morteros secos**
  - **Proyecto:**
    - Adaptación exacta a las especificaciones del prescriptor
    - Versatilidad
    - Control exhaustivo de los componentes y recepción en fábrica
    - Dosificación rigurosa
    - **Calidad uniforme y verificada.**



# Morteros

## Definición y clasificaciones

- **Resumen de ventajas de los morteros secos**
- **Obra:**
  - Reducción de costes de fabricación e indirectos, de la mano de obra y equipos auxiliares.
  - Disminución del espacio en obra para acopio y sectorización de materiales
  - Protección del material ante agentes externos.
  - Limpieza, no ensuciamiento por volatilidad de arenas, polvos, ...
  - Ausencia de desperdicio: se fabrica en cada momento lo que se va a consumir.
  - Reducción de la gestión y recepción de pedidos (cementos, arenas, pigmentos, etc.)
  - **Fabricación inmediata, sencilla y automatizada**

**Protección del hormigón (UNE-EN 1504/2)**  
**Generalidades. Soluciones: Impregnaciones, Revetimiento. Morteros Sika de protección del Hormigón: Tipos, características. Tablas de propiedades y empleo. Ejemplos representativos**



# norma española

**UNE-EN 1504-2**

De acuerdo con el Reglamento Interior de CEN/CENELEC, están obligados a adoptar esta norma europea los organismos de normalización de los siguientes países: Alemania, Austria, Bélgica, Chipre, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Malta, Noruega, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Suecia y Suiza.

## **TÍTULO**

**Productos y sistemas para la protección y reparación de estructuras de hormigón**

**Definiciones, requisitos, control de calidad y evaluación de la conformidad**

**Parte 2: Sistemas de protección superficial para el hormigón**



Esta norma europea especifica los requisitos para la identificación, las prestaciones (incluyendo los aspectos de durabilidad), la seguridad y la evaluación de la conformidad de los productos y sistemas que se deben utilizar para la protección superficial del hormigón, con el fin de aumentar la durabilidad del hormigón y de las estructuras de hormigón armado, tanto para el hormigón nuevo como para los trabajos de mantenimiento y de reparación.

Los métodos de protección superficial cubiertos por esta norma son los siguientes:

- impregnación hidrófoba;
- impregnación;
- revestimiento.

Los sistemas de revestimiento en edificios que no están previstos para proteger o restablecer la integridad de una estructura de hormigón están normalizados en la Norma Europea EN 13813.



**3.1 impregnación hidrófoba:** Tratamiento del hormigón destinado a producir una superficie repelente al agua. La superficie interior de los poros y capilares está revestida pero éstos no están rellenos. No se forma película en la superficie del hormigón y su aspecto se ve modificado algo o nada.

NOTA – Los componentes activos pueden ser, por ejemplo, silanos o siloxanos.



**Fig. 1 – Representación esquemática de una impregnación hidrófoba típica**



# Impregnaciones Hidrófobas





# Daños principales en el Hormigón



**Corrosión de armaduras por cloruros**



**Ataque por sulfatos**



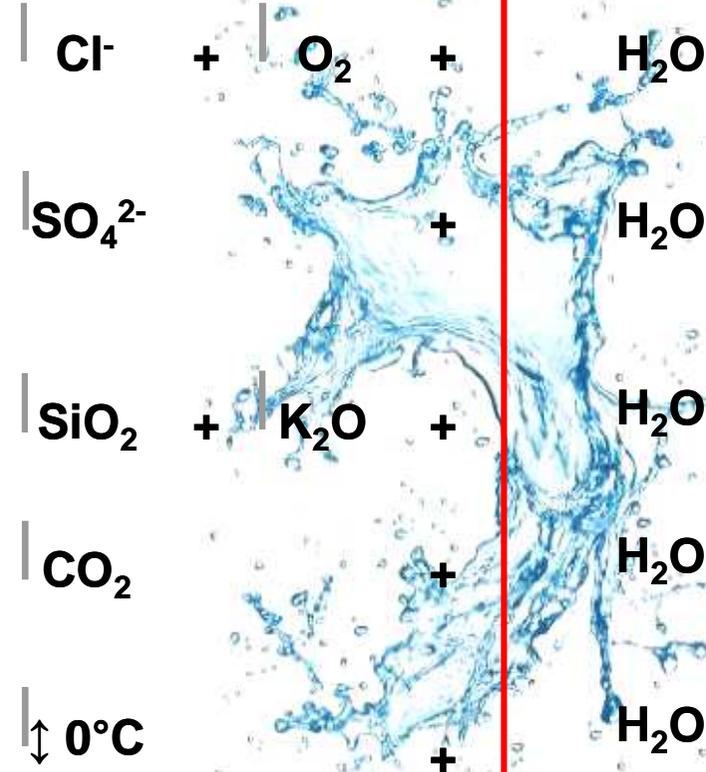
**Reacción Alcali-Árido**



**Carbonatación**



**Ataque ciclos hielo-deshielo**



**ojo**



# ¿Cómo proteger las estructuras de la entrada de agua?

Con Impregnaciones Hidrófobas

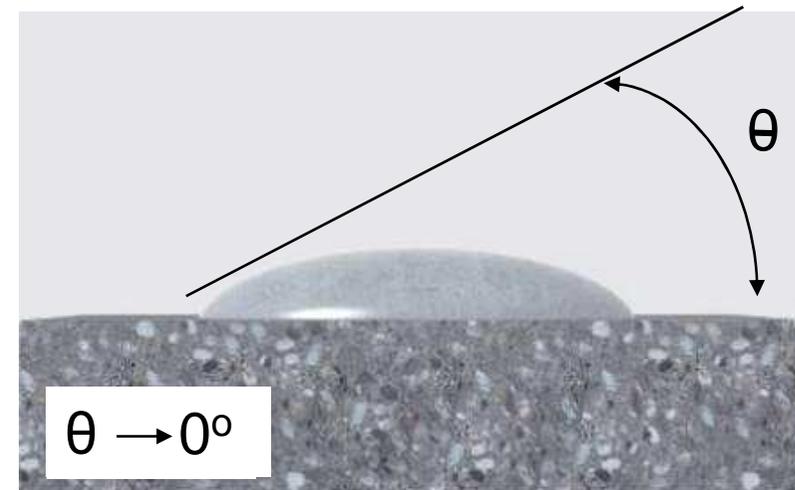




## ¿Qué es una Impregnación Hidrófoba?

### Soporte Sin Hidrófugo

- La tensión superficial es mayor que la del propio agua.
- La atracción del soporte al agua es mayor que la propia interacción entre las moléculas del agua.



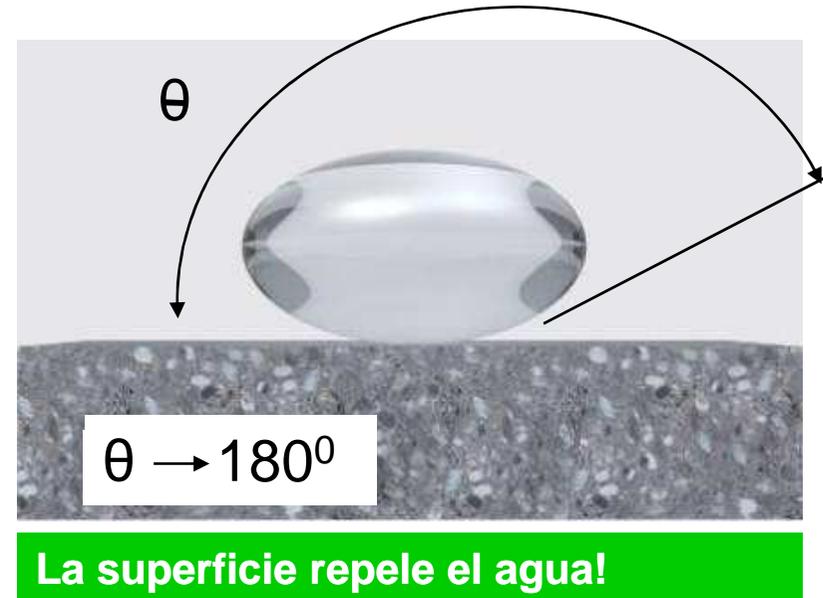
**Absorción del agua por el soporte!**



## ¿Qué es una Impregnación Hidrófoba?

### Soporte con Hidrófugo

- Reducción de la tensión superficial por la impregnación hidrófoba.
- La atracción intermolecular es mucho mayor que la atracción del soporte sobre el agua.





# Impregnaciones Hidrófobas



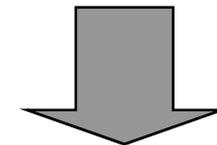


## Requerimientos para diferentes **Tipos de Estructuras**

Puentes



- ✓ **Profundidad de penetración**
- ✓ **Reducción de la absorción del agua**
- ✓ **Reducción de la difusión de iones cloruro**
- ✓ **Alta resistencia a ciclos de hielo-deshielo y sales de deshielo**
- ✓ **Resistencia UV**

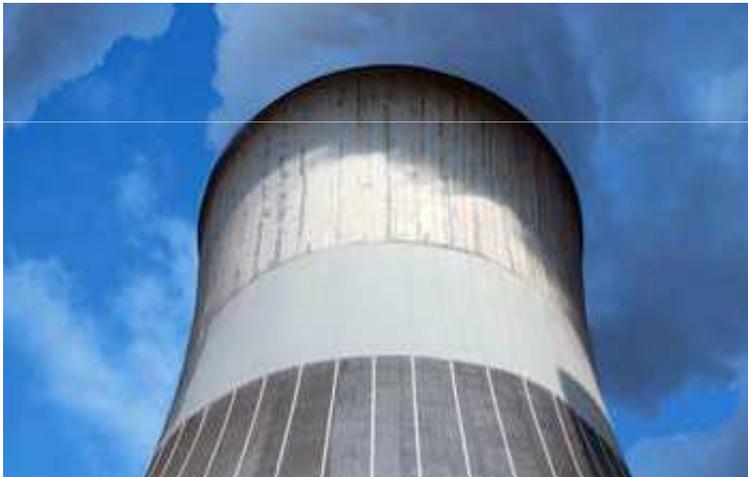


**Silanos**

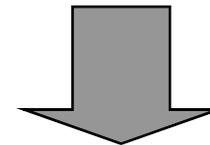


## Requerimientos para diferentes **Tipos de Estructuras**

Silos, chimeneas, torres de refrigeración



- ✓ **Profundidad de penetración**
- ✓ **Reducción de la absorción del agua**
- ✓ **Alta resistencia a ciclos de hielo-deshielo**
- ✓ **Resistencia UV**



**Silanos ó Siloxanos**

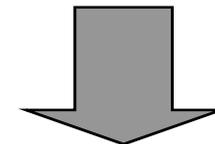


## Requerimientos para diferentes **Tipos de Estructuras**

### Estructuras marinas



- ✓ **Profundidad de penetración**
- ✓ **Reducción de la absorción del agua**
- ✓ **Reducción de la difusión de iones cloruro**
- ✓ **Resistencia UV**



**Silanos**

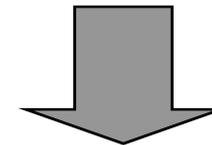


## Requerimientos para diferentes **Tipos de Estructuras**

### Edificios



- ✓ Reducción de la absorción del agua
- ✓ Reducción de eflorescencias
- ✓ Reducción de polvo, suciedad en el soporte
- ✓ Resistencia UV



**Siloxanos ó siliconatos**



# Impregnaciones Hidrófobas





## Referencias Obra Civil



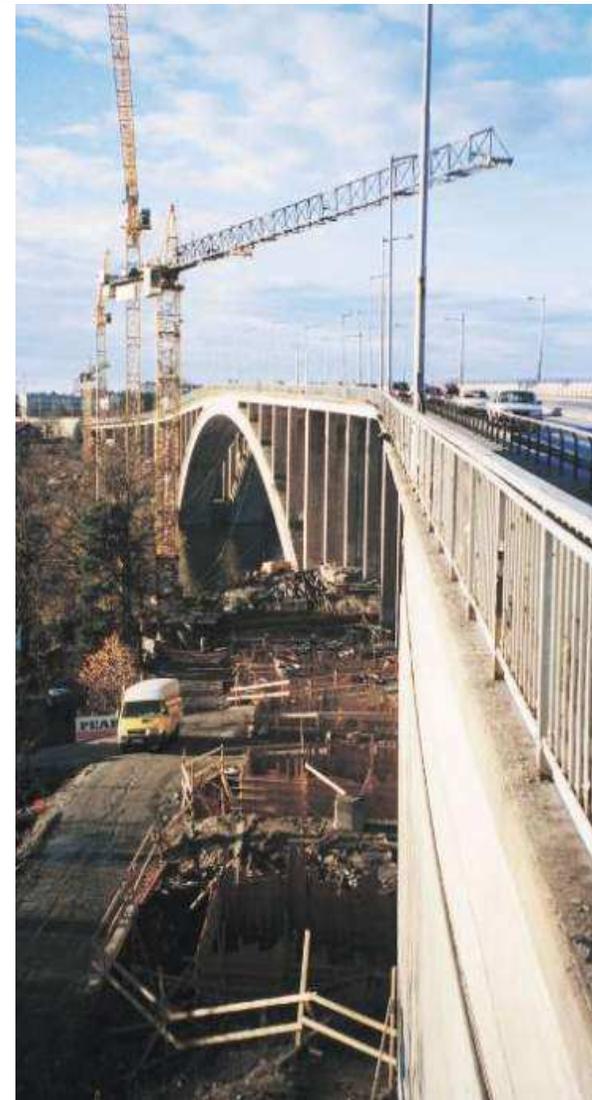


## Puentes

### Tranesbergsbridge in Sweden

#### Requerimientos:

- **Protección del viaducto frente a los ciclos hielo-deshielo y sales de deshielo**



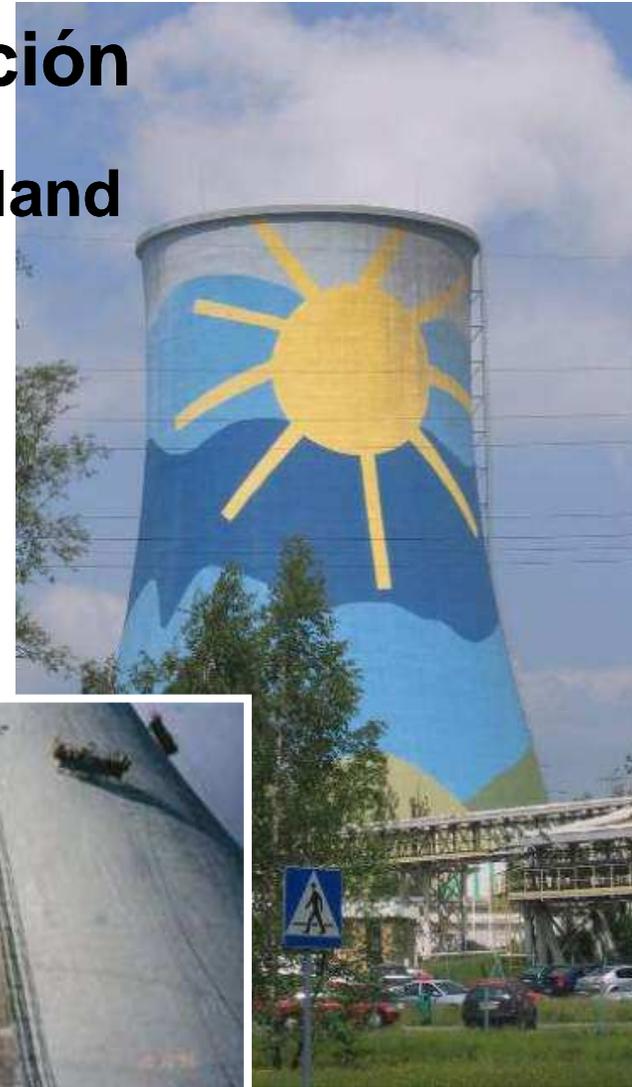


# Torres de Refrigeración

## Tùrow Thermal Power Plant, Poland

Requerimientos:

- Refuerzo
- Protección externa frente a ambiente industrial muy agresivo





## Estructuras marinas

### Saldahan Jetty en South Africa

#### Requerimientos:

- Protección de un muelle de más de 40 años frente al ambiente marino.
- Sistema de protección con varias capas





## Edificios

### Hotel Tivoli Vilamoura, Algarve, Portugal en 2009

#### Requerimientos:

- Protección del nuevo edificio
- Granito muy poroso
- Ambiente marino
- Protección para evitar la aparición de eflorescencias





## Edificios Históricos



**Palacio Real**





# Edificios Públicos

## Hospital La Plana-Villareal





## Edificios Públicos Universidad Pontevedra





01234

Compañía, dirección

00

0123-CPD-0456

EN 1504-2

Productos para protección superficial

Impregnación hidrófoba

Profundidad de penetración Clase II:  $\geq 10$  mm

Absorción de agua y resistencia a los álcalis

Grado de absorción  $< 7,5\%$  en comparación con una probeta no tratada

Grado de absorción  $< 10\%$  después de la inmersión en una disolución alcalina

Velocidad de desecación para impregnación hidrófoba: clase II:  $> 10\%$

Sustancias peligrosas: conforme con el apartado 5.4

Marcado de conformidad CE consistente en el símbolo "CE" dado en la Directiva 93/68/CEE

Número de identificación del organismo notificado (para el sistema 2+)

Nombre o logotipo y dirección registrada del fabricante

Dos últimos dígitos del año de impresión del marcado

Número del certificado de control de producción en fábrica (para el sistema 2+)

Número de la norma europea

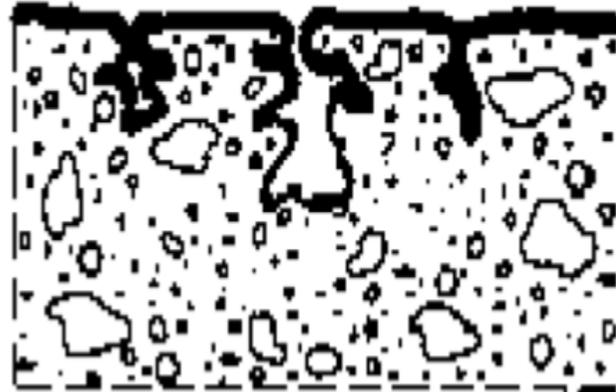
Descripción e información del producto y de las características reglamentadas



**3.2 impregnación:** Tratamiento del hormigón destinado a reducir la porosidad superficial y a reforzar la superficie. Los poros y capilares están parcial o completamente rellenos.

NOTA 1 – Este tratamiento produce generalmente una película delgada discontinua en la superficie del hormigón.

NOTA 2 – Los conglomerantes pueden ser, por ejemplo, polímeros orgánicos.



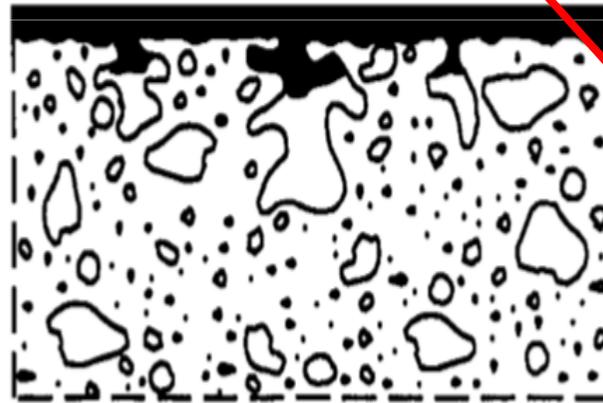
**Fig. 2 – Representación esquemática de una impregnación típica**



### 3.3 revestimiento: Tratamiento destinado a producir una capa protectora continua en la superficie del hormigón.

NOTA 1 – El espesor está comprendido, generalmente, entre 0,1 mm y 5,0 mm. Ciertas aplicaciones pueden necesitar un espesor mayor que 5 mm.

NOTA 2 – Los conglomerantes pueden ser, por ejemplo, polímeros orgánicos, polímeros orgánicos que contengan como filler cemento o cemento hidráulico modificado con una dispersión de polímero.



**Ojo entre 0,1 y 5 mm**

Fig. 3 – Representación esquemática de un revestimiento típico



## Tipos de reparación según la norma

- **Estructural**
  - todo lo que afecte a la capacidad portante de la estructura.
  - Por ejemplo: vigas, pilares, forjados, etc
- **No estructural**
  - lo que no afecte a la estructura.
  - Por ejemplo: balcones, frentes de forjado, peldaños de escaleras, barandillas, etc



## Clases de morteros de acuerdo con la UNE-EN 1504

- De R1 (**el peor**) a R4 (**el mejor**)
- R1 y R2
  - para reparaciones no estructurales
- R3 y R4
  - para reparaciones estructurales

# Nombres de los nuevos MonoTop

- **Sika MonoTop-412 SFG**

Morteros cementosos de 1 comp.

4xx: cifra de clase R (de acuerdo a EN 1504-3)

x1x: cifra s/ plasticidad/modo de aplicación

1	Tixotrópico, aplic. mano/máquina
2	Semifluido
3	Vertible
4	Multiuso
5	Ligero

xx2: cifra de tamaño max. árido

Letras adicionales:

<b>SFG</b>	fraguado lento, inhibidor FerroGard
<b>NFG</b>	fraguado normal, inhibidor FerroGard
<b>RFG</b>	fraguado rápido, inhibidor FerroGard



## Tabla de Morteros de revestimiento (0,5/5 mm.)

Tipo	Nombre	Espesor (min/max)	Polimero	Inhibidor corrosión	Componentes	Cemento	Rapidez endurecimiento	Aplicación Man/mec
------	--------	-------------------	----------	---------------------	-------------	---------	------------------------	--------------------



## Tabla de Morteros de revestimiento (0,5/5 mm.)

Tipo	Nombre	Espesor (min/max)	Polimero	Inhibidor corrosión	Componentes	Cemento	Rapidez endurecimiento	Aplicación Man/mec
R1	Sika Rep 111	2/10 mm.	Si	No	1	Portland	No	Man/mec



## Tabla de Morteros de revestimiento (0,5/5 mm.)

Tipo	Nombre	Espesor (min/max)	Polimero	Inhibidor corrosión	Componentes	Cemento	Rapidez endurecimiento	Aplicación Man/mec
R1	Sika Rep 111	2/10 mm.	Si	No	1	Portland	No	Man/mec
R2	Sika Rep 212	3/20 mm.	Si	No	1	Portland	Si	Manual



## Tabla de Morteros de revestimiento (0,5/5 mm.)

Tipo	Nombre	Espesor (min/max)	Polimero	Inhibidor corrosión	Componentes	Cemento	Rapidez endurecimiento	Aplicación Man/mec
R1	Sika Rep 111	2/10 mm.	Si	No	1	Portland	No	Man/mec
R2	Sika Rep 212	3/20 mm.	Si	No	1	Portland	Si	Manual
R3	Sika Rep 311 R	2/30 mm.	No	No	1	Portland	Si	Manual
	Sika Monotop 612	5/30 mm.	Si	No	1	Portland	No	Man/Mec
	Sika Monotop 620	1,5/5 mm.	Si	No	1	Portland	No	Man/Mec



## Tabla de Morteros de revestimiento (0,5/5 mm.)

Tipo	Nombre	Espesor (min/max)	Polimero	Inhibidor corrosión	Componentes	Cemento	Rapidez endurecimiento	Aplicación Man/mec
R1	Sika Rep 111	2/10 mm.	Si	No	1	Portland	No	Man/mec
R2	Sika Rep 212	3/20 mm.	Si	No	1	Portland	Si	Manual
R3	Sika Rep 311 R	2/30 mm.	No	No	1	Portland	Si	Manual
	Sika Monotop 612	5/30 mm.	Si	No	1	Portland	No	Man/Mec
	Sika Monotop 620	1,5/5 mm.	Si	No	1	Portland	No	Man/Mec
R4	Sika Top 121	2/5 mm.	Si	No	2	Portland	No	Manual



## Tabla de Morteros de revestimiento (0,5/5 mm.)

Tipo	Nombre	Espesor (min/max)	Polimero	Inhibidor corrosión	Componentes	Cemento	Rapidez endurecimiento	Aplicación Man/mec	Precio/Kg
R1	Sika Rep 111	2/10 mm.	Si	No	1	Portland	No	Man/mec	0,94
R2	Sika Rep 212	3/20 mm.	Si	No	1	Portland	Si	Manual	0,84
R3	Sika Rep 311 R	2/30 mm.	No	No	1	Portland	Si	Manual	0,94
	Sika Monotop 612	5/30 mm.	Si	No	1	Portland	No	Man/Mec	1,10
	Sika Monotop 620	1,5/5 mm.	Si	No	1	Portland	No	Man/mec	1,15
R4	Sika Top 121	2/5 mm.	Si	No	2	Portland	No	Manual	1,78

~~Proyecto: recrecido con Sika Monotop 612 con espesor de 30 mm.~~

~~Ejecucion: con Sika Rep 111 por precio~~

~~Problemas: dando 30 mm. por capa fisurara (max. 10 mm. por capa)~~

~~Problemas: es un R1 no es valido~~



## Tabla de Morteros de revestimiento/impermeabilizacion

Mortero	Tipo	Nº Componentes	flexibilidad	Adherencia al hormigon	Permeabilidad	Presion Positiva	Presion Negativa
---------	------	----------------	--------------	------------------------	---------------	------------------	------------------



## Tabla de Morteros de revestimiento/impermeabilizacion

Mortero	Tipo	Nº Componentes	flexibilidad	Adherencia al hormigon	Permeabilidad	Presion Positiva	Presion Negativa
Sika Top Seal 107	Mortero cementoso + Polimeros	1	Alta	- 2,1 Mpa	0,02 kg/m <sup>2</sup> x h <sup>0,5</sup>	30 m.	10 m.



## Tabla de Morteros de revestimiento/impermeabilizacion

Mortero	Tipo	Nº Componentes	flexibilidad	Adherencia al hormigon	Permeabilidad	Presion Positiva	Presion Negativa
Sika Top Seal 107	Mortero cementoso + Polimeros	1	Alta	- 2,1 Mpa	0,02 kg/m <sup>2</sup> x h <sup>0,5</sup>	30 m.	10 m.
Sika Top 209	Mortero cementoso + Polimeros	1	Muy Alta	- 1,5 Mpa	0,05 kg/m <sup>2</sup> x h <sup>0,5</sup>	100 m.	20 m.



## Tabla de Morteros de revestimiento/impermeabilizacion

Mortero	Tipo	Nº Componentes	flexibilidad	Adherencia al hormigon	Permeabilidad	Presion Positiva	Presion Negativa
Sika Top Seal 107	Mortero cementoso + Polimeros	1	Alta	- 2,1 Mpa	0,02 kg/m <sup>2</sup> x h <sup>0,5</sup>	30 m.	10 m.
Sika Top 209	Mortero cementoso + Polimeros	1	Muy Alta	- 1,5 Mpa	0,05 kg/m <sup>2</sup> x h <sup>0,5</sup>	100 m.	20 m.
Sika Monotop 107	Mortero cementoso + Polimeros	1	Media	- 1,7 Mpa	0,07 kg/m <sup>2</sup> x h <sup>0,5</sup>	20 m.	4 m.



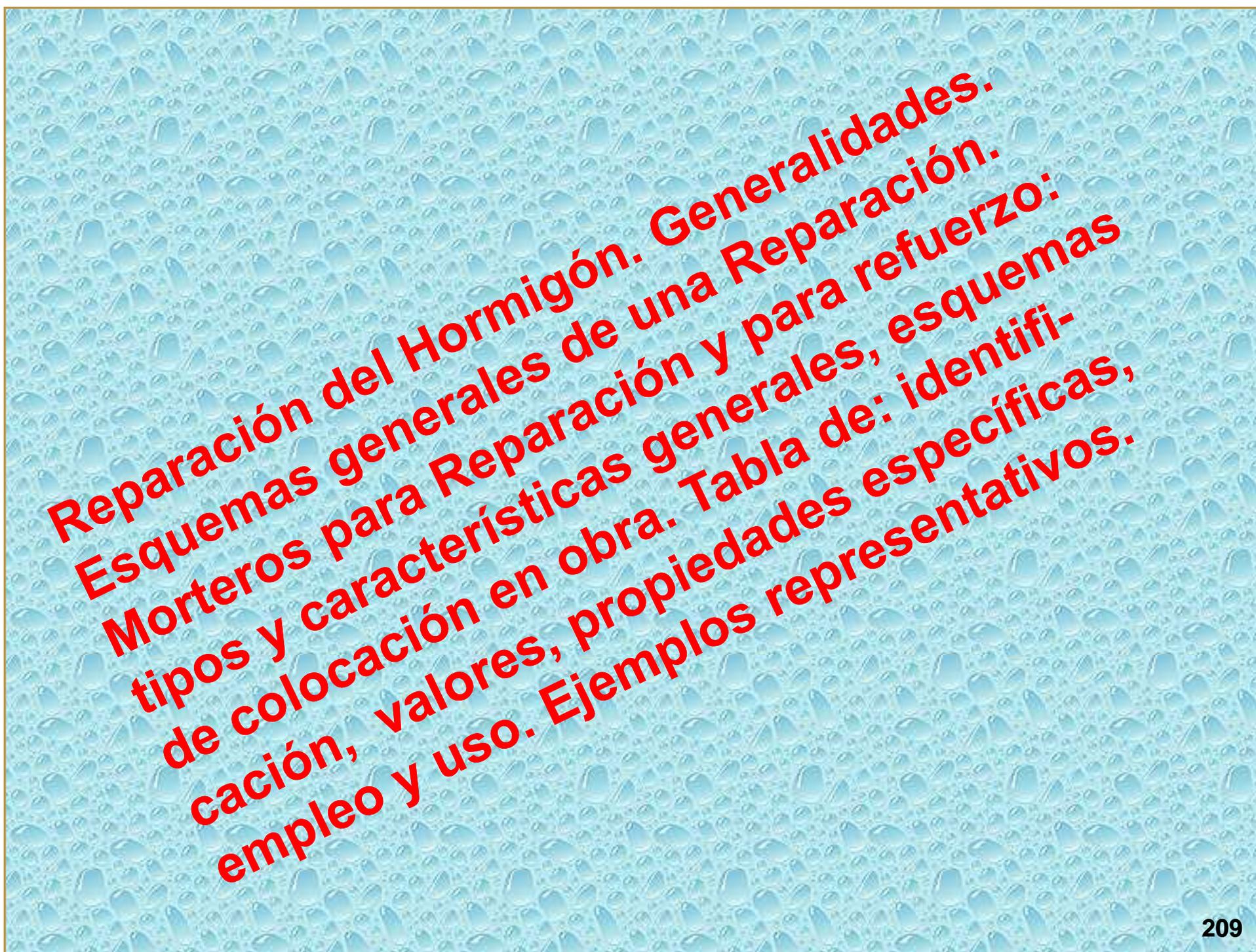
## Tabla de Morteros de revestimiento/impermeabilizacion

Mortero	Tipo	Nº Componentes	flexibilidad	Adherencia al hormigon	Permeabilidad	Presion Positiva	Presion Negativa
Sika Top Seal 107	Mortero cementoso + Polimeros	1	Alta	- 2,1 Mpa	0,02 kg/m <sup>2</sup> x h <sup>0,5</sup>	30 m.	10 m.
Sika Top 209	Mortero cementoso + Polimeros	1	Muy Alta	- 1,5 Mpa	0,05 kg/m <sup>2</sup> x h <sup>0,5</sup>	100 m.	20 m.
Sika Monotop 107	Mortero cementoso + Polimeros	1	Media	- 1,7 Mpa	0,07 kg/m <sup>2</sup> x h <sup>0,5</sup>	20 m.	4 m.
Sikalastic 1K	Mortero cementoso + Polimeros	1	Muy Alta	- 1,7 Mpa	0,05 kg/m <sup>2</sup> x h <sup>0,5</sup>	25 m	4 m.



## Tabla de Morteros de revestimiento/impermeabilizacion

Mortero	Tipo	Nº Componentes	flexibilidad	Adherencia al hormigon	Permeabilidad	Presion Positiva	Presion Negativa
Sika Top Seal 107	Mortero cementoso + Polimeros	1	Alta	- 2,1 Mpa	0,02 kg/m <sup>2</sup> x h <sup>0,5</sup>	30 m.	10 m.
Sika Top 209	Mortero cementoso + Polimeros	1	Muy Alta	- 1,5 Mpa	0,05 kg/m <sup>2</sup> x h <sup>0,5</sup>	100 m.	20 m.
Sika Monotop 107	Mortero cementoso + Polimeros	1	Media	- 1,7 Mpa	0,07 kg/m <sup>2</sup> x h <sup>0,5</sup>	20 m.	4 m.
Sikalastic 1K	Mortero cementoso + Polimeros	1	Muy Alta	- 1,7 Mpa	0,05 kg/m <sup>2</sup> x h <sup>0,5</sup>	25 m	4 m.
Sika Seal 205 Migrating	Lechada de impermeabilizacion por cristalización en la red capilar	1	Baja	-	0,02 kg/m <sup>2</sup> x h <sup>0,5</sup>	30 m.	10 m.



**Reparación del Hormigón. Generalidades.  
Esquemas generales de una Reparación.  
Morteros para Reparación y para refuerzo:  
tipos y características generales, esquemas  
de colocación en obra. Tabla de: identifi-  
cación, valores, propiedades específicas,  
empleo y uso. Ejemplos representativos.**



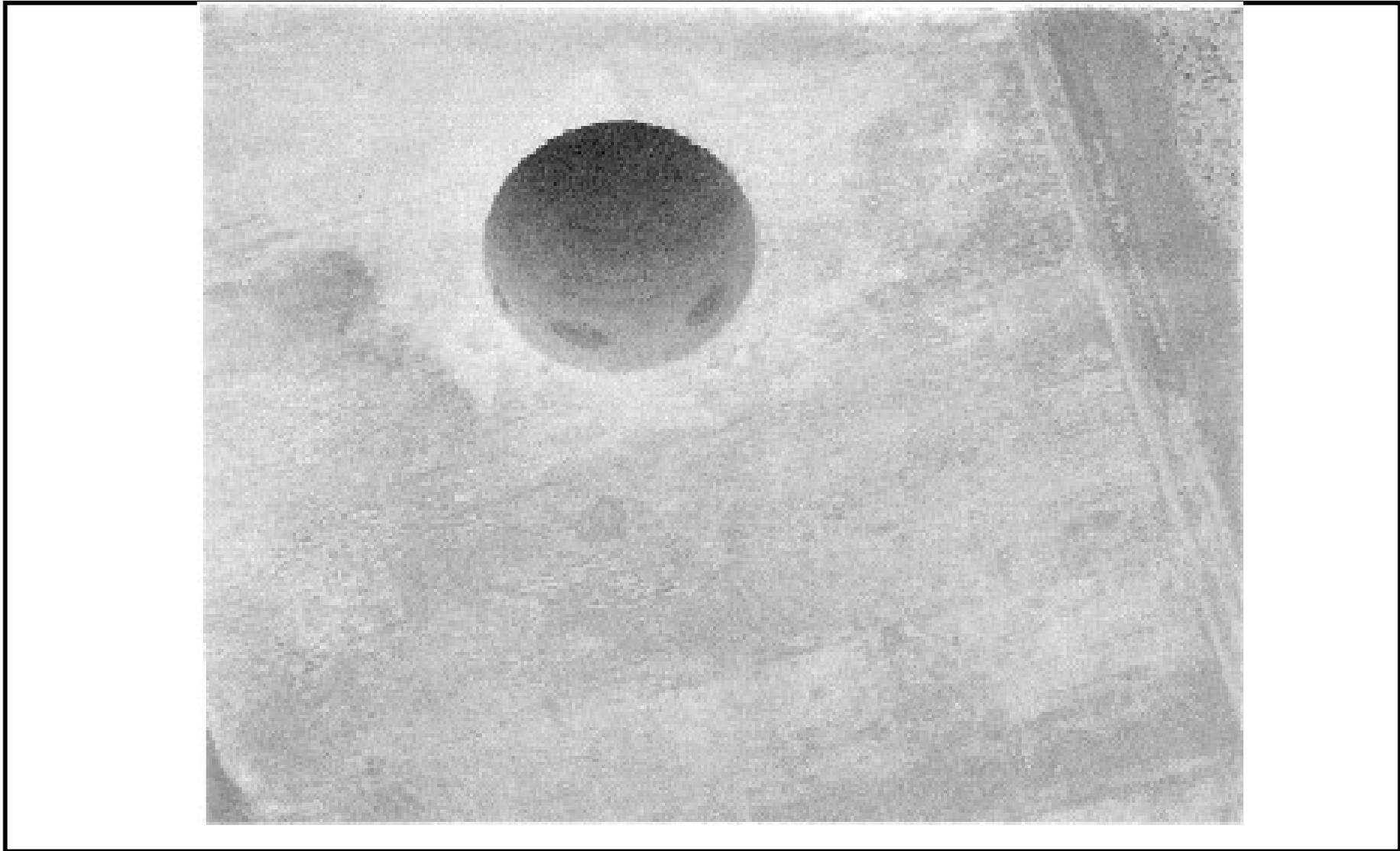
Ojo el hormigon no es un material homogeneo

















# Reparación

## UNE-EN 1504/3 y UNE-EN 1504/9



## Las fases de los Proyectos de Reparación y Protección del Hormigón de acuerdo con la UNE-EN 1504 Parte 9

- **Información sobre la estructura**

- Historia de la estructura
- Revisión de la documentación
- Condiciones de inspección

1

- **UNE-EN 1504-9 Cláusula 4, Anexo A**



## Las fases de los Proyectos de Reparación y Protección del Hormigón de acuerdo con la UNE-EN 1504 Parte 9

- **Proceso de evaluación**

- Diagnóstico de los defectos
- Análisis de resultados
- Identificación de la causa habitual
- Evaluación estructural

2

- **UNE-EN 1504-9 Cláusula 4, Anexo A**



## Las fases de los Proyectos de Reparación y Protección del Hormigón de acuerdo con la UNE-EN 1504 Parte 9

- **Estrategia de dirección**

- Opciones de reparación
- Selección de Principios
- Selección de Métodos
- Cuestiones de seguridad y salud

3

- **UNE-EN 1504-9 Cláusula 5 y 6, Anexo 4**



## Las fases de los Proyectos de Reparación y Protección del Hormigón de acuerdo con la UNE-EN 1504 Parte 9

- **Planificación del trabajo de reparación**
  - Definición de las prestaciones
  - Preparación del soporte
  - Productos
  - Aplicación
  - Especificaciones
  - Planos
- **UNE-EN 1504 Partes 2-7 y UNE-EN 1504-9**  
**Claúsula 6,7 y 9**

4



## Las fases de los Proyectos de Reparación y Protección del Hormigón de acuerdo con la UNE-EN 1504 Parte 9

- **Trabajos de reparación**

- Selección del producto final
- Selección del equipo
- Evaluación de la salubridad y seguridad
- Definición del Control de Calidad y de Aprobación

**5**

- **UNE-EN 1504-9 Cláusula 9 y 10 y UNE-EN 1504-10**



## Las fases de los Proyectos de Reparación y Protección del Hormigón de acuerdo con la UNE-EN 1504 Parte 9

- **Aprobación del trabajo de reparación**

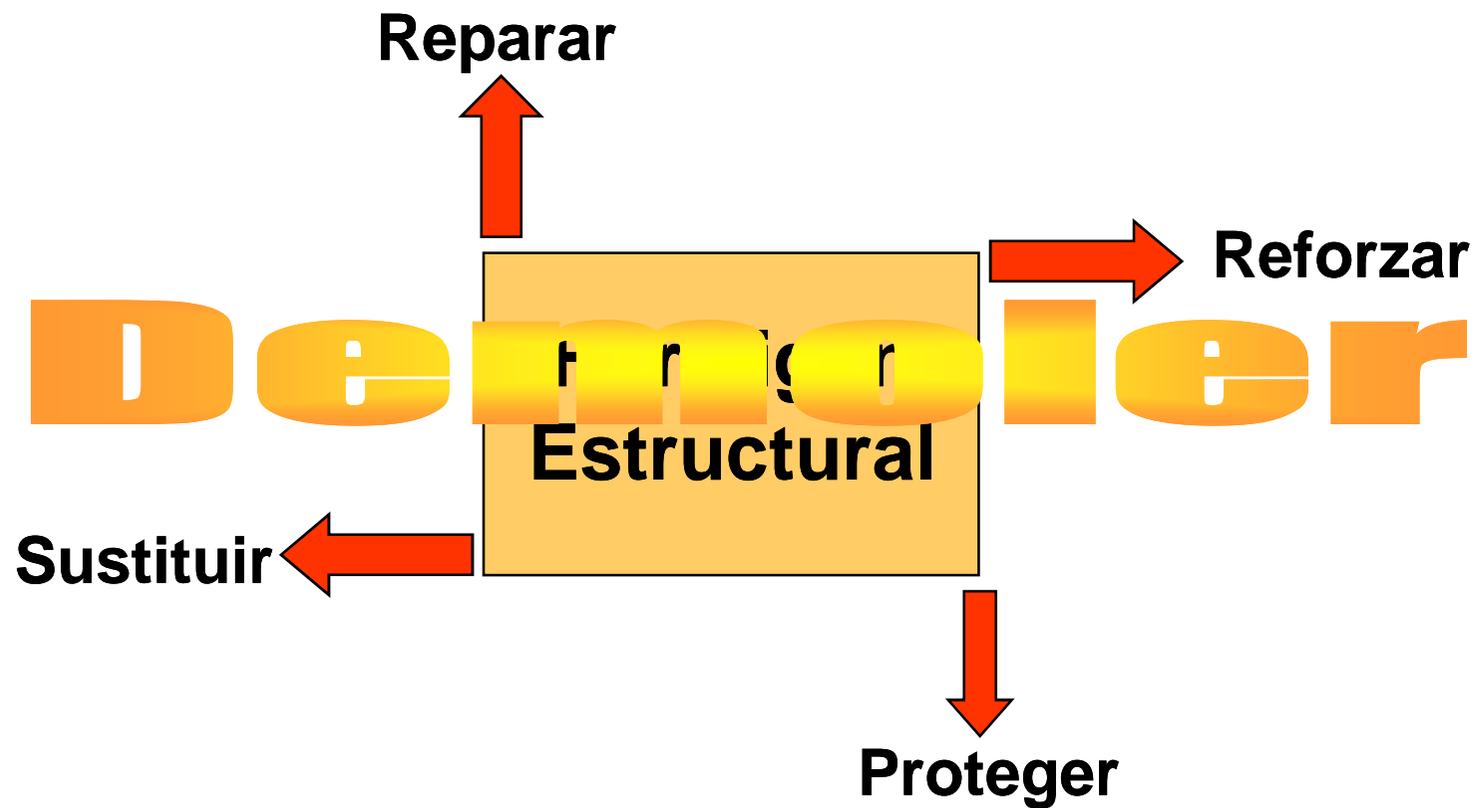
- Ensayo de recepción
- Trabajos correctores
- Documentación final
- Estrategia de mantenimiento

6

- **UNE-EN 1504-9 Cláusula 8 y UNE-EN 1504-10**



# Conceptos básicos





# Conceptos básicos

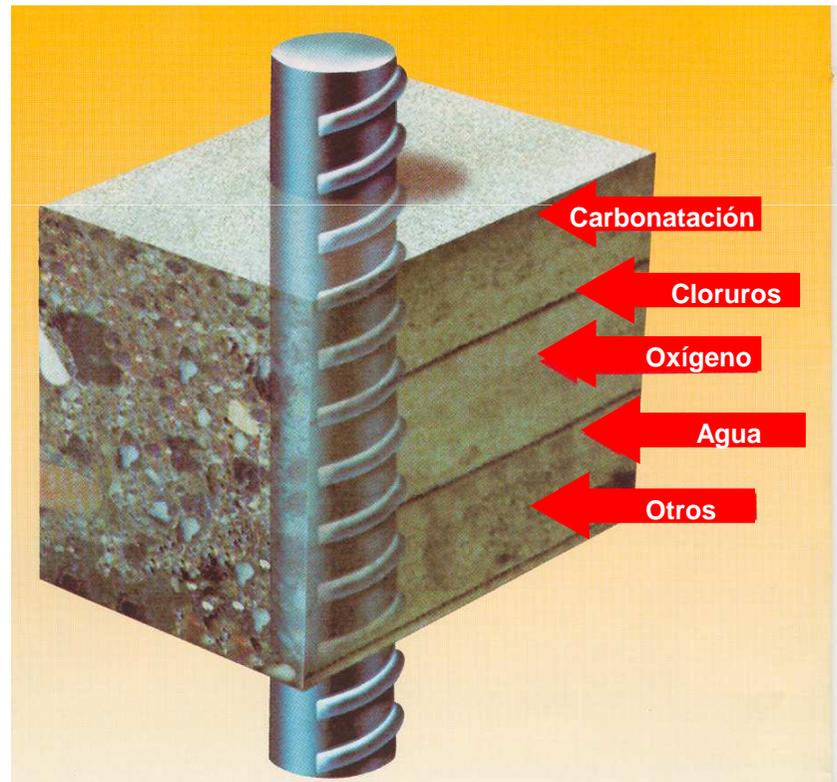
## Reparar

- Son todos aquellos “arreglos”
- mas o menos importantes
- que se deben realizar en los elementos de hormigón de una estructura
- para que su capacidad resistente siga siendo la de proyecto
- dichas actuaciones podrán estar encaminadas a un solo elemento, a varios elementos o a toda la estructura
- los daños existentes vendrán determinados básicamente por un proceso de corrosión de las armaduras.



# Conceptos básicos

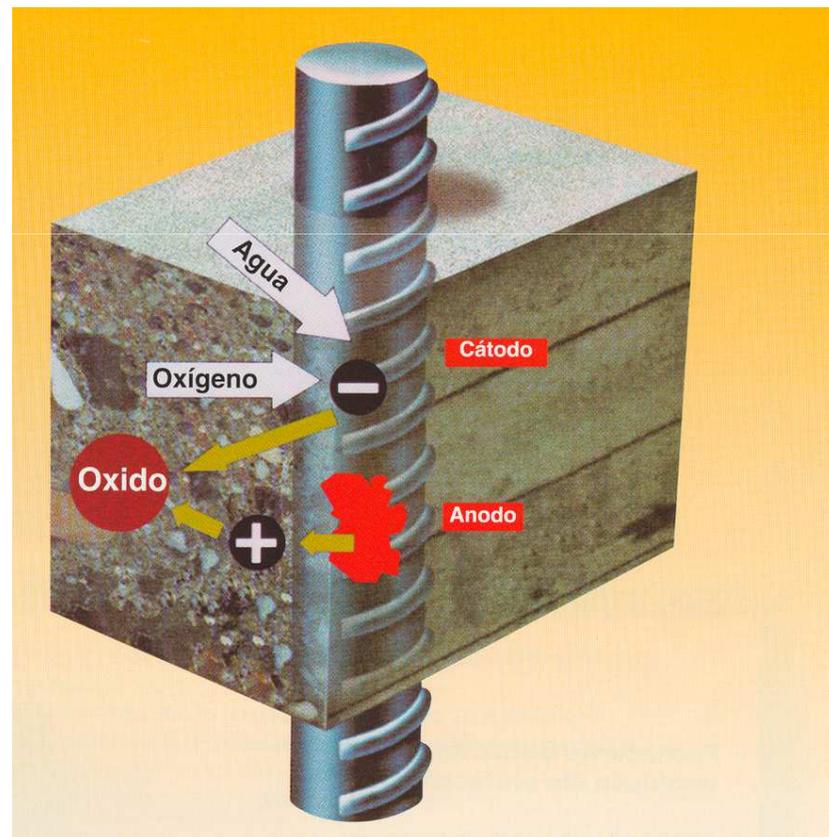
## Entrada por red capilar





# Conceptos básicos

## Efectos producidos





# Conceptos básicos

Esquema de aparición de daños











# Conceptos básicos

## Reparación

### Requisitos generales

- Técnico especialista
- Diagnósis
- Sistema de Reparación
- Empresa especializada
- **Materiales correctos**



# Reparación

Fases generales  
de una **Reparación**

**Saneado**

**Limpieza**

**Pasivación**

**Regeneración**

**Revestimiento**

**Protección**

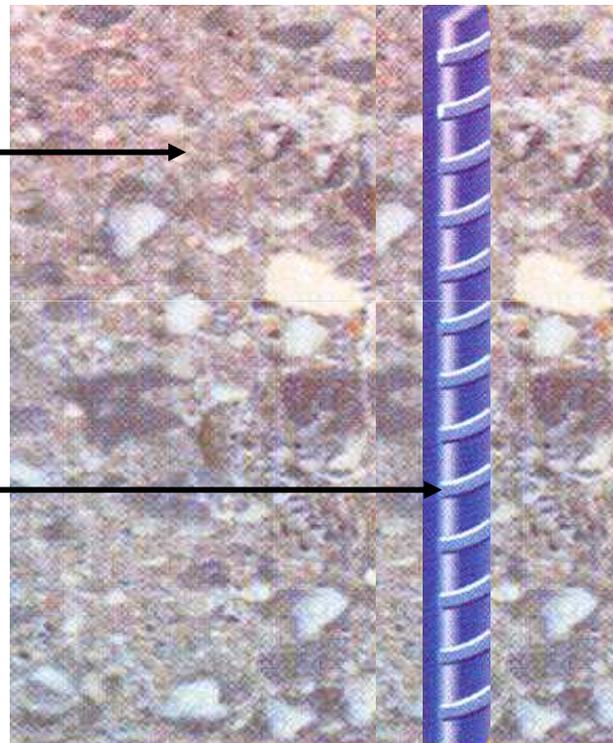


## Fases de Reparación

Hormigón



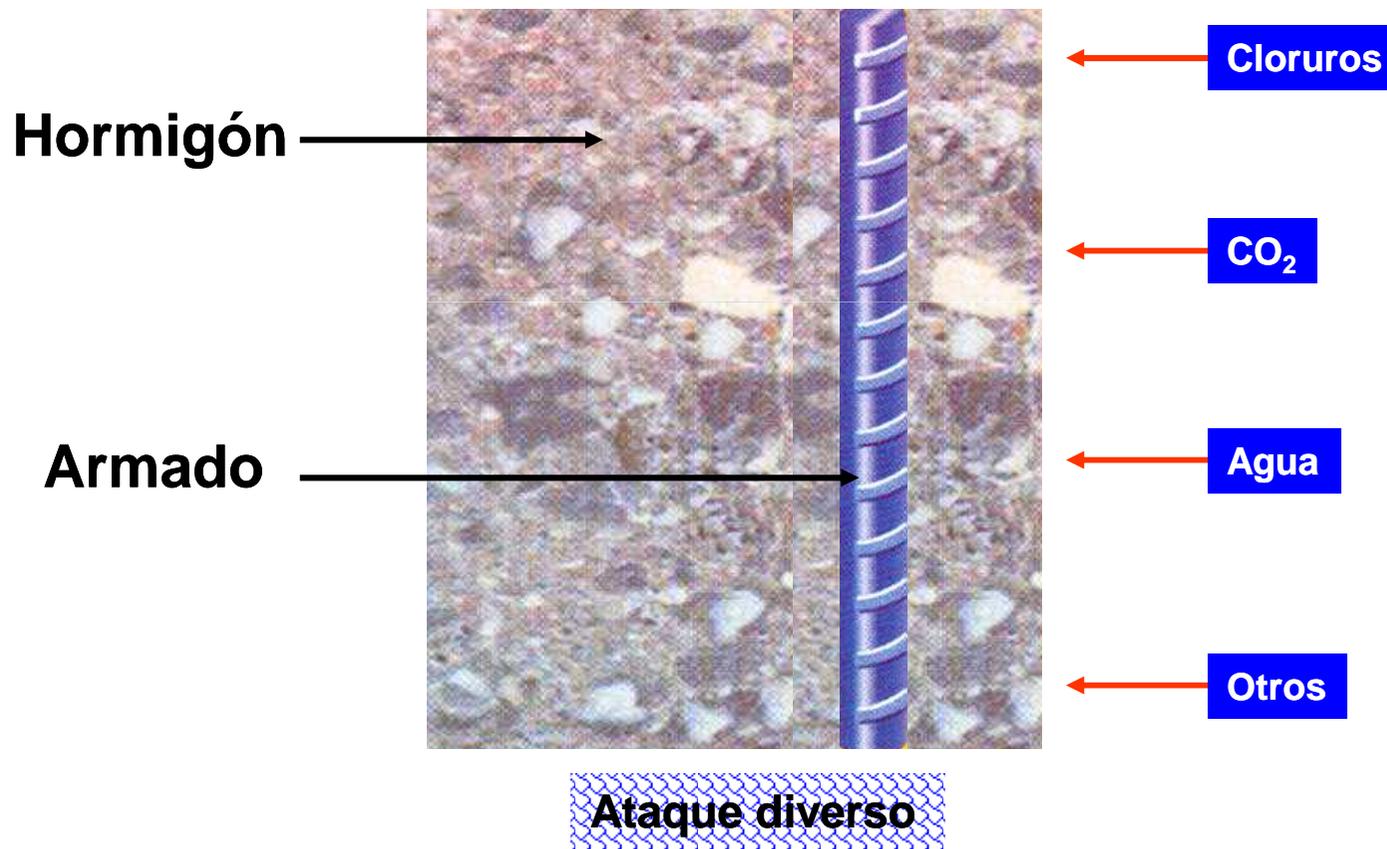
Armado



Estado inicial

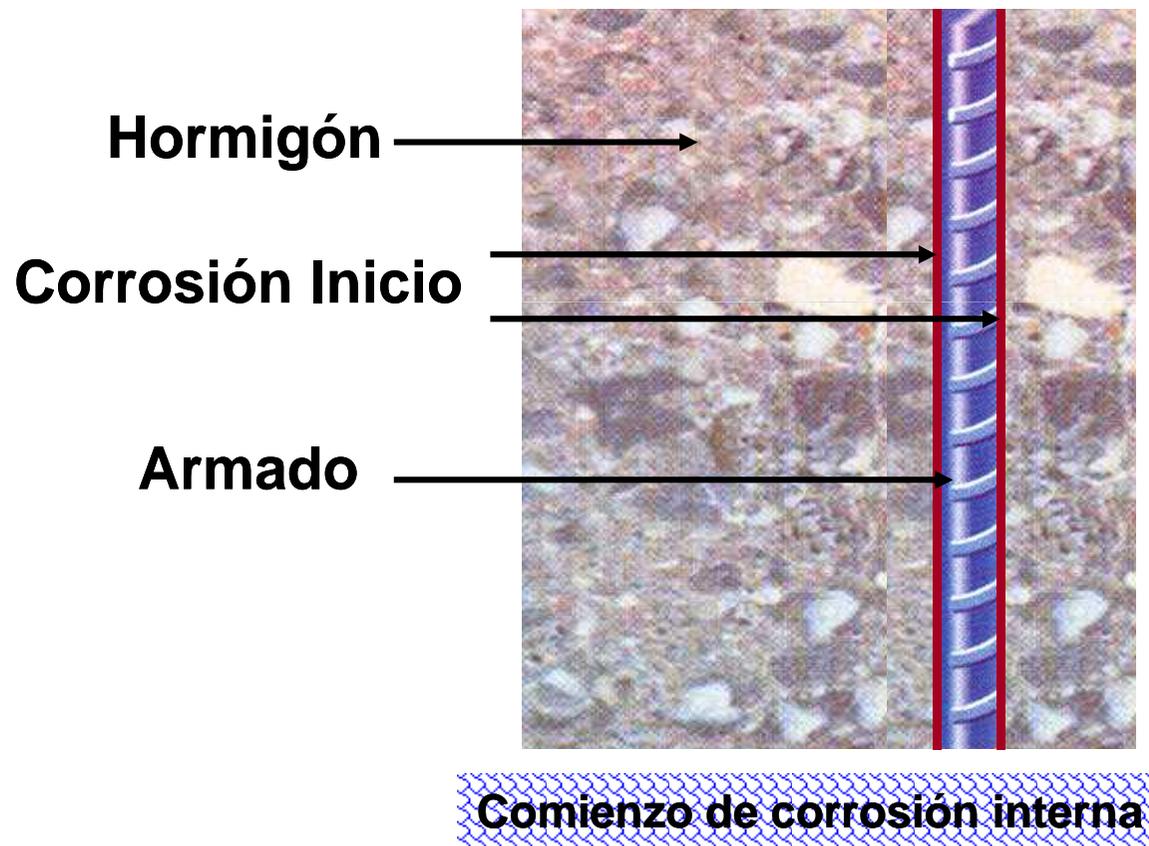


## Fases de Reparación



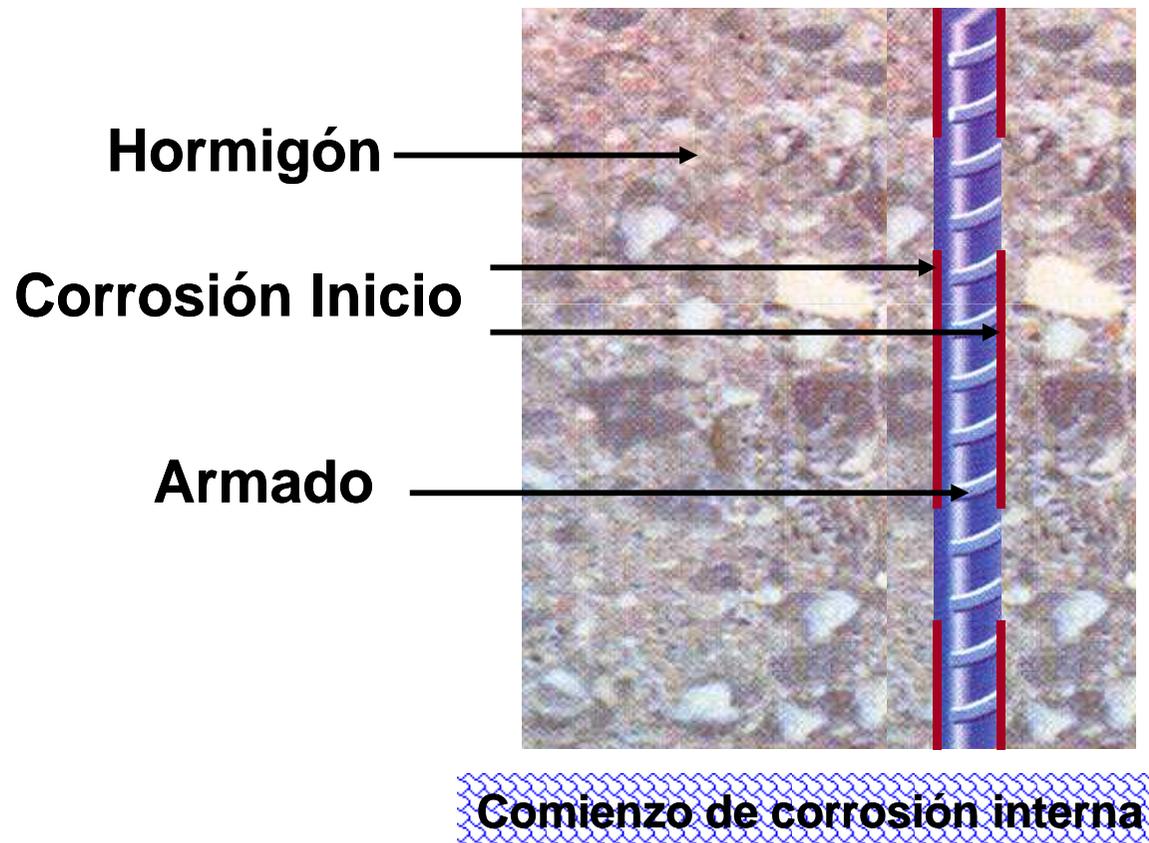


## Fases de Reparación





## Fases de Reparación



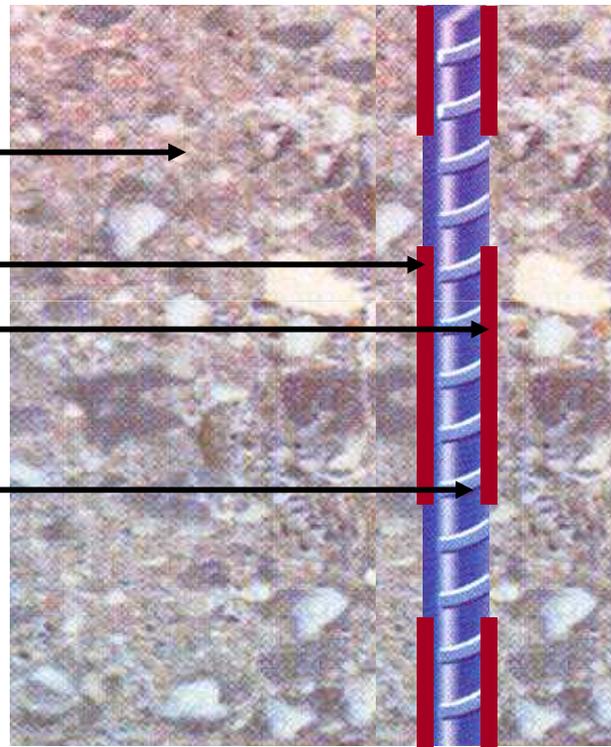


## Fases de Reparación

Hormigón

Corrosión

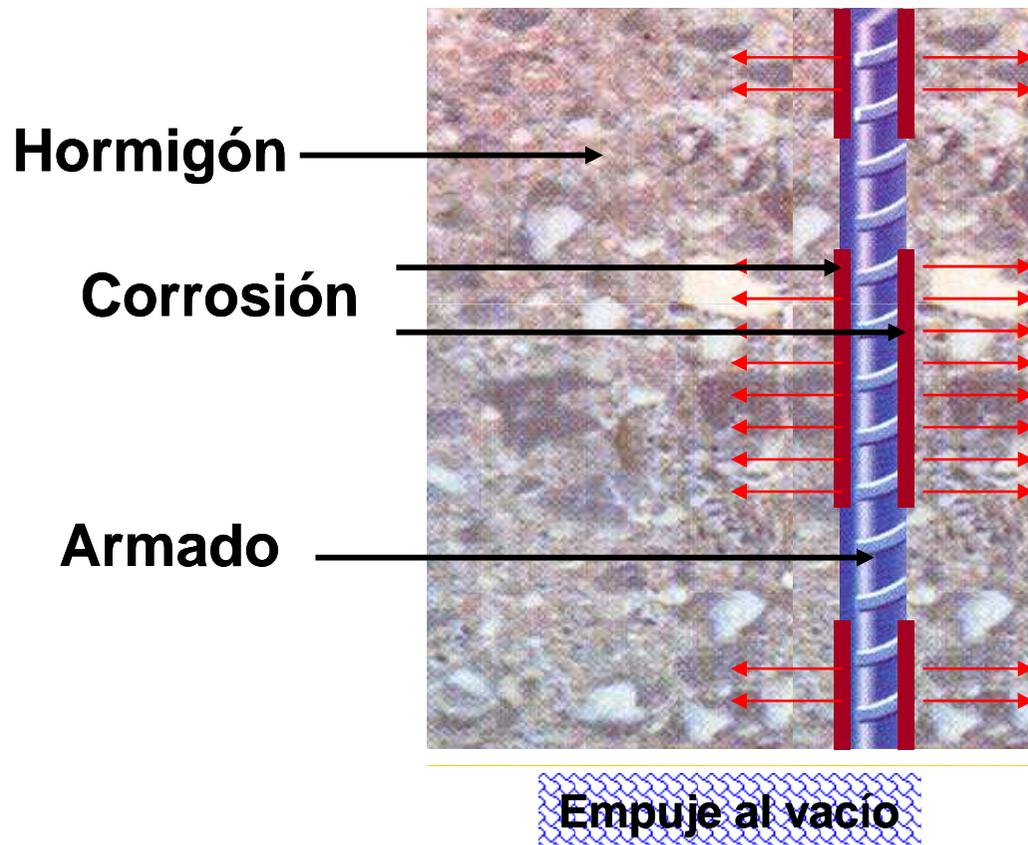
Armado



Sigue proceso de corrosión interno

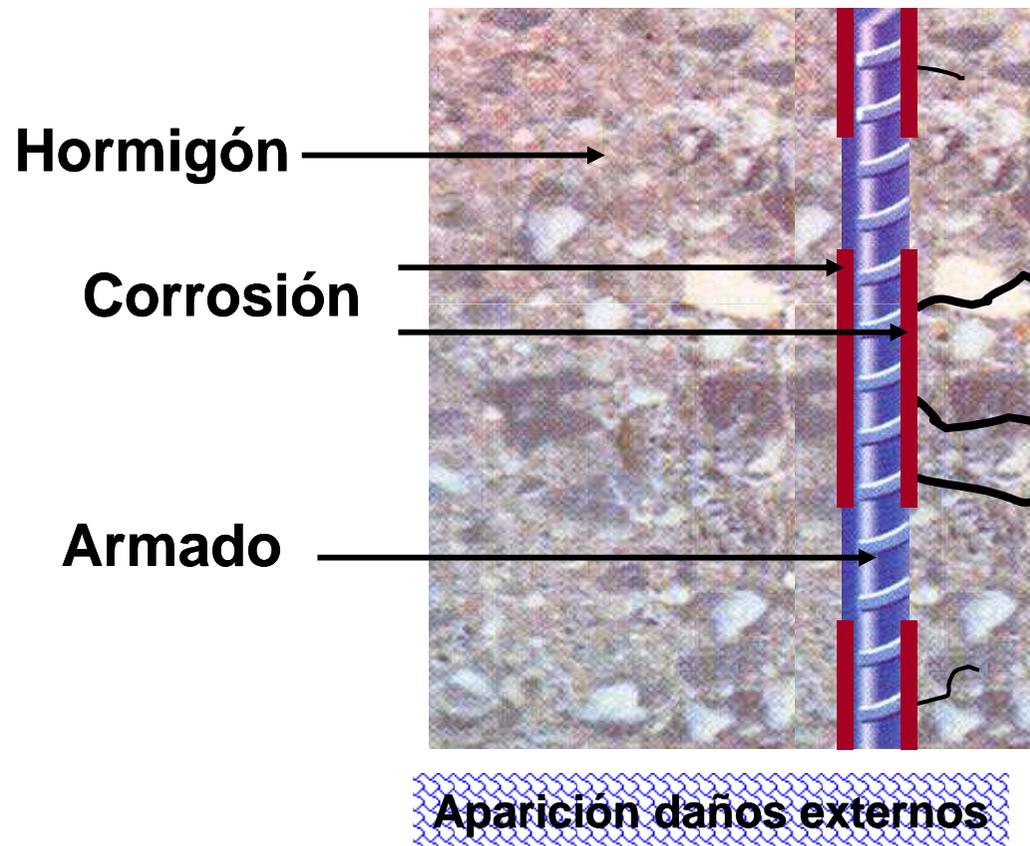


## Fases de Reparación



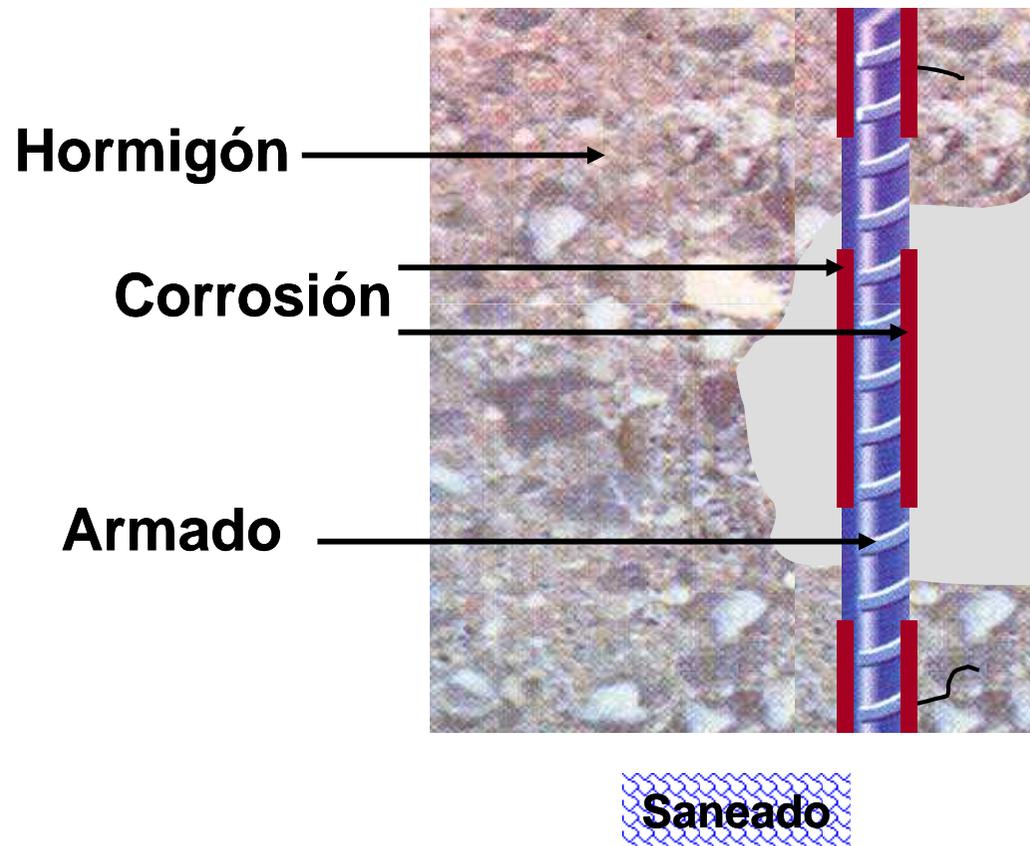


## Fases de Reparación





## Fases de Reparación

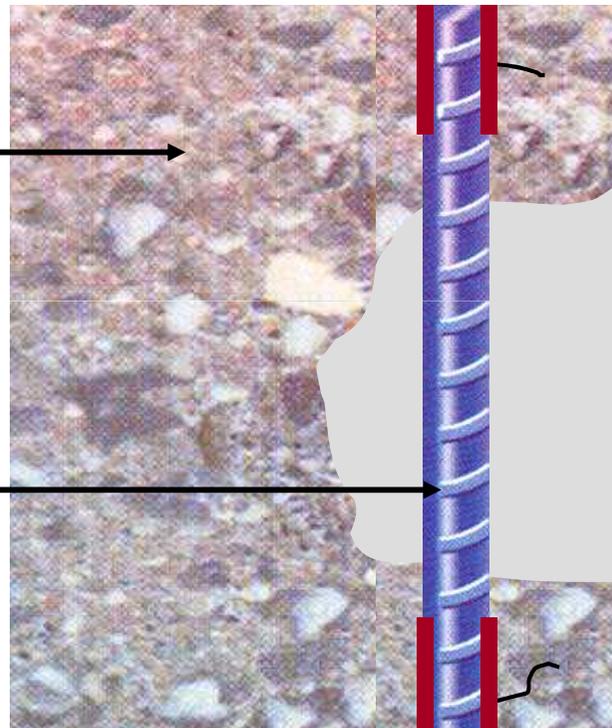




## Fases de Reparación

Hormigón

Armado



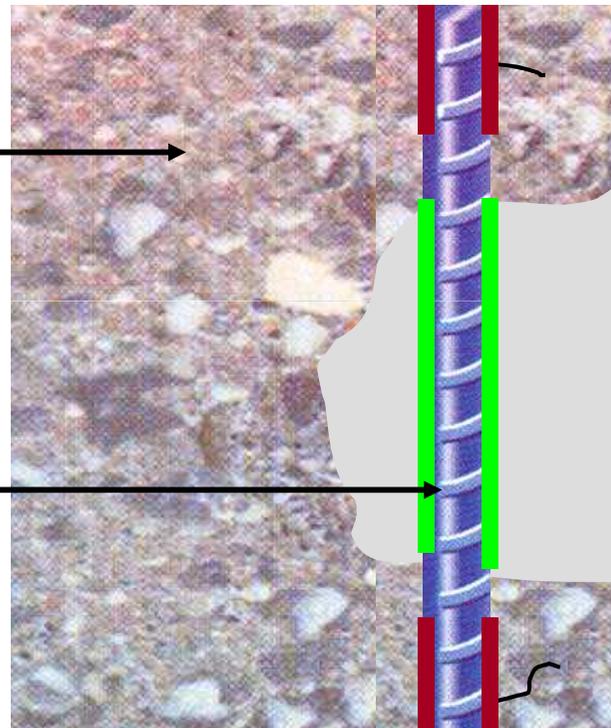
Limpieza



## Fases de Reparación

Hormigón

Armado



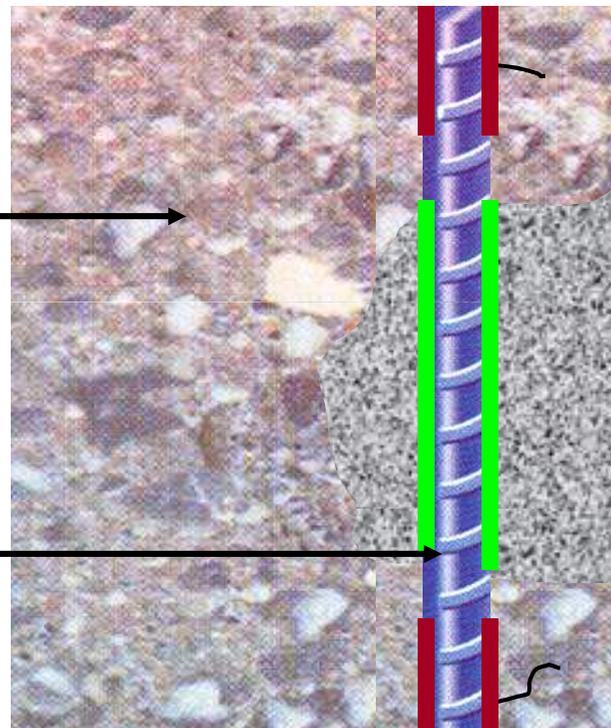
Pasivación



## Fases de Reparación

Hormigón

Armado



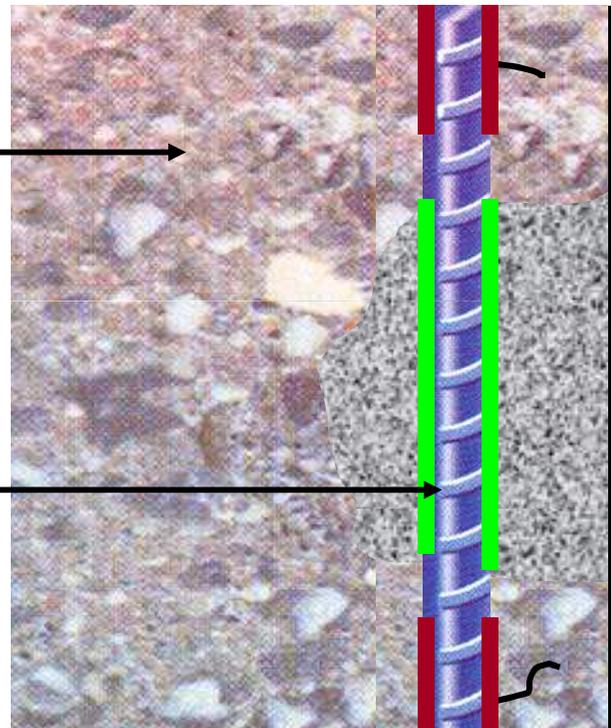
Regeneración



## Fases de Reparación

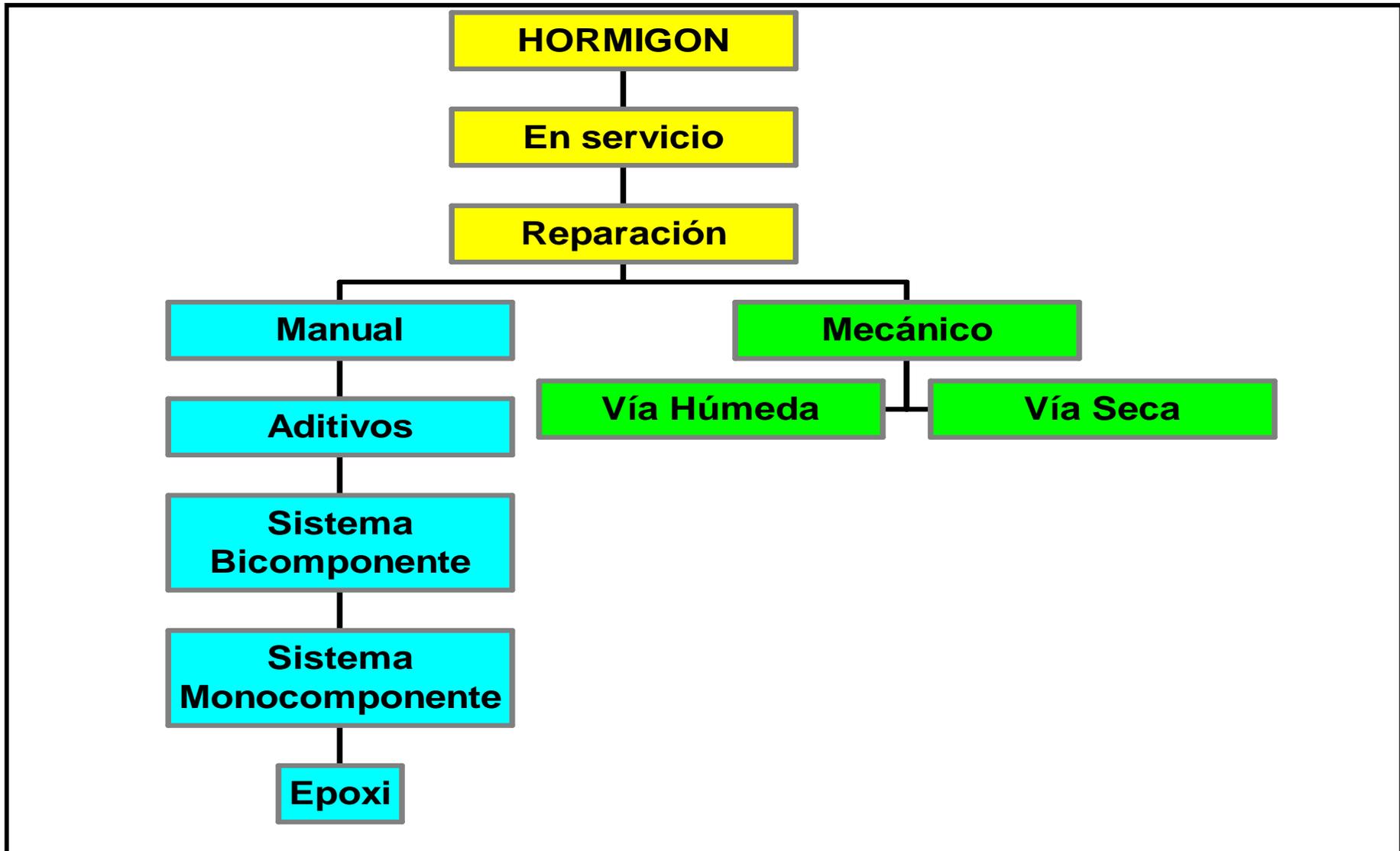
Hormigón

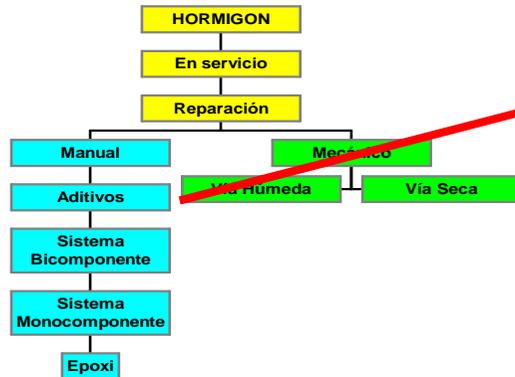
Armado



Revestimiento fino







## Reparación: Aditivos

Confección propia

Mortero 1/3

Añadir aditivo impermeabilizante

Añadir aditivo plastificante

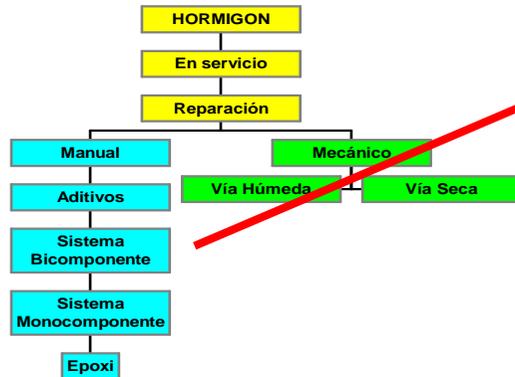
Añadir aditivo adherente

Añadir aditivo

Calidad final de mortero no uniforme  
Mucha mano de obra no cualificada  
No recomendable para grandes reparaciones  
Utilizable para pequeñas reparaciones de poca garantía.

Mortero no garantizable

**No es valido para la UNE-EN 1504**



## Reparación: Morteros preparados Bicomponentes

**Confección en planta**

**Incluye:**

**Proporciones exactas mezcla (seca)**

**Humo de sílice**

**Plastificante**

**Fibra**

**Etc.**

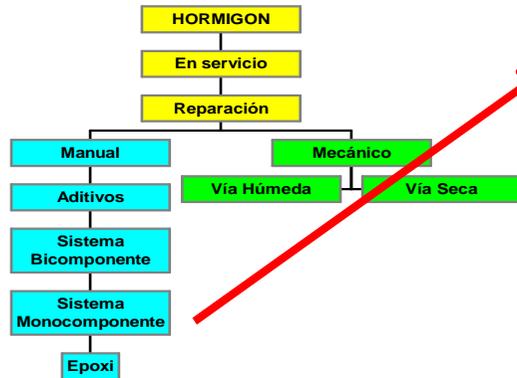
**Calidad final del mortero uniforme**

**Mano de obra solo para amasar y colocar**

**Recomendable para grandes reparaciones**

**Util en pequeñas reparaciones.**

**Mortero garantizable**



## Reparación: Morteros preparados Monocomponentes

**Confección en planta**

**Incluye:**

**Proporciones exactas mezcla (seca)**

**Humo de sílice**

**Plastificante**

**Fibra**

**Etc.**

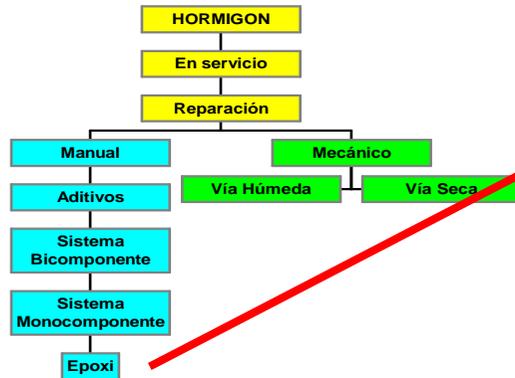
**Calidad final del mortero uniforme**

**Mano de obra solo para amasar y colocar**

**Recomendable para grandes reparaciones**

**Util en pequeñas reparaciones.**

**Mortero garantizable**



## Reparación: Morteros base de resinas epoxi

**Confección en planta**

**Incluye:**

**Proporciones exactas mezcla**

**Alto precio**

**Problemas de dilatación**

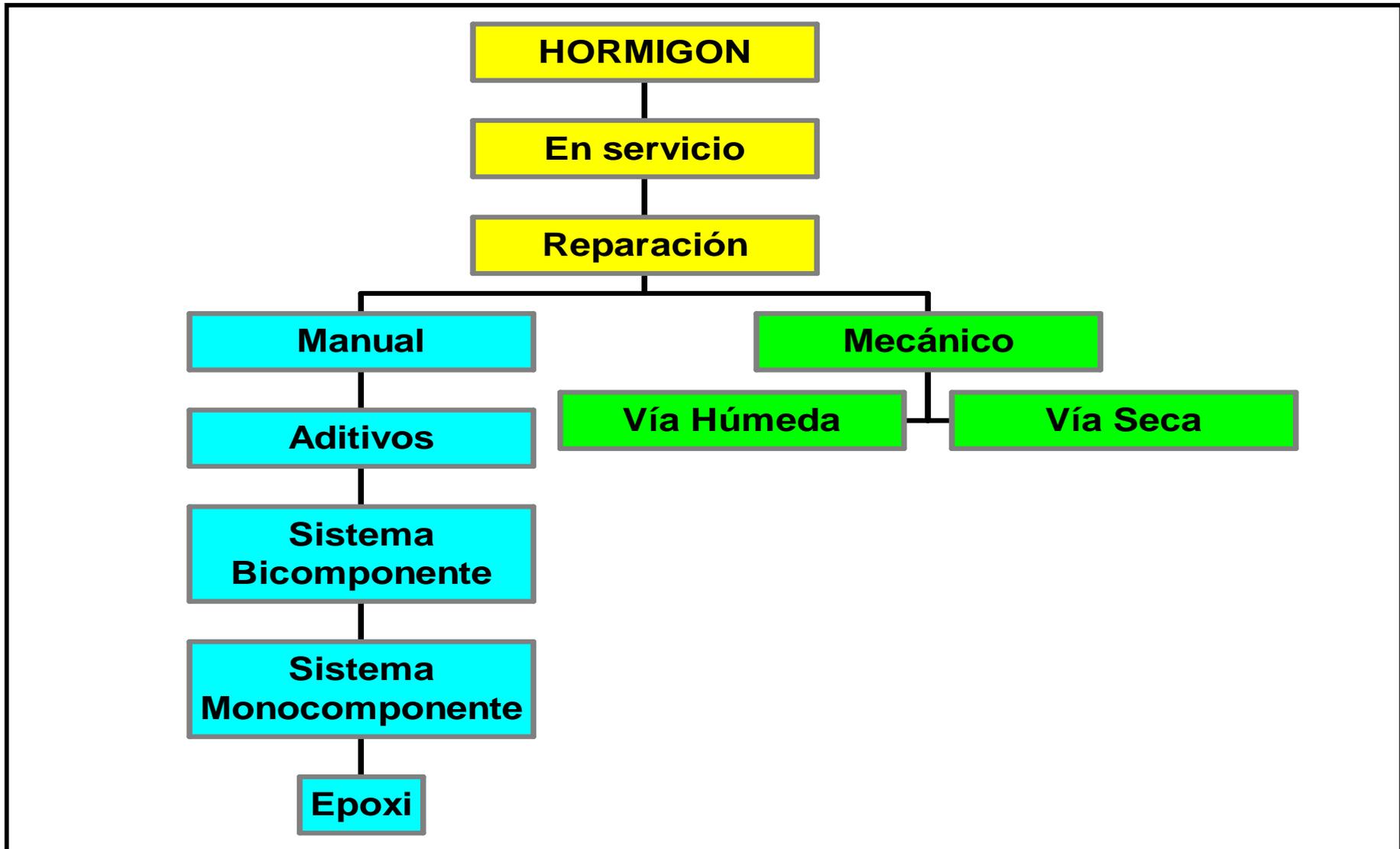
**Calidad final del mortero uniforme**

**Mano de obra solo para amasar y colocar**

**Uso muy controlado en grandes reparaciones**

**Util en pequeñas reparaciones.**

**Mortero garantizable**





- **Morteros**
- **Metodos de aplicación los morteros de reparación**
  - Se pueden aplicar de 3 formas diferentes según
    - las necesidades
    - las características
    - las dimensiones
  - de la obra
    - Manual
    - Vertido
    - **Proyección**



- **Morteros**

- **Metodos de aplicación los morteros de reparación**

- **Manual**

- **aplicación de los morteros mediante**

- **una llana, espátula, paleta, paletín o cualquier otra herramienta de mano**

- **con esas herramientas se aplica el mortero sobre el hueco a rellenar**

- **compactándolo mediante presión sobre el producto aplicado**

- **este tipo de aplicación es adecuada para realizar parcheos**

- **tiene la ventaja de que no se necesitan herramientas ni equipos sofisticados para su aplicación**







Tipo	Nombre	Espesor (min/max)	Polimero	Inhibidor corrosión	Componentes	Cemento	Rapidez endurecimiento	Aplicación
R1	Sika Rep 111	2/10 mm.	Si	No	1	Portland	No	Manual
R2	Sika Rep 212	3/20 mm.	Si	No	1	Portland	Si	Manual
R3	Sika Rep 311 R	2/30 mm.	No	No	1	Portland	Si	Manual
	Sika Monotop 612	5/30 mm.	Si	No	1	Portland	No	Manual
	Sika Monotop 618	25/80 mm.	Si	No	1	Portland	No	Manual
	Sika Monotop 620	1,5/5 mm.	Si	No	1	Portland	No	Manual
R4	Sika Monotop 412 S	6/50 mm.	No	No	1	Sulforesistente	No	Manual
	Sika Monotop 412 SFG	6/50 mm.	Si	Si	1	Sulforesistente	No	Manual
	Sika Monotop 412 R	6/50 mm.	No	No	1	Sulforesistente	Si	Manual
	Sika Monotop 418 S	25/80 mm.	No	No	1	Sulforesistente	No	Manual
	Sika Top 91	2/5 mm.	Si	No	2	Portland	No	Manual
	Sika Top 122	5/20 mm.	Si	No	2	Portland	No	Manual



## Precauciones

- Si en proyecto se hace con un R4 no se puede cambiar por otro, solo por otro R4
- Si en proyecto cemento sulforresistente cambio por otro de igual cemento
- Si diseñado con espesores determinados por capa ojo a los posibles cambios, se pueden producir fisuras
- Si diseñado con polimero cambio a otro con polimero
- Si diseñado con inhibidor de corrosion cambiar por otro con inhibidor de corrosion
- Si diseñado con 2 componentes no cambiar a un monocomponente
- Normalmente cuando el que ejecuta quiere cambiar de mortero es siempre por precio y no mira características del mortero



- **Morteros**

- **Metodos de aplicación los morteros de reparación**

- **Por Proyección**

- **consiste en la colocación del mortero**

- **mediante la proyección del mismo con una máquina adecuada para ese uso**

- **estas máquinas son capaces de mezclar el producto e impulsarlo con fuerza para colocarlo sobre el soporte**

- **con ello se logra una gran compactación y calidad de aplicación**

- **este tipo de aplicación es muy adecuada cuando**

- **sea necesario colocar grandes cantidades de mortero**

- **se necesite mucha velocidad de aplicación**

- **se pueden hacer aplicación por proyección tanto en**

- **horizontal/vertical/hacia arriba.**



## Reparación/Refuerzo con Proyectado

### Definiciones

**Gunitar:** Puesta en obra de mortero u hormigón por proyección a gran velocidad sobre una superficie previamente transportado en forma neumática a través de mangueras y lanzado por una boquilla.

**Hormigón proyectado:** Es un hormigón cuyo tamaño máx. de árido es superior a 8 mm. y que aplicado a máquina se proyecta a gran velocidad sobre una superficie a través de una manguera y boquilla.

**Mortero proyectado:** Mortero cuyo tamaño máx. de árido puede llegar hasta 8 mm. y que aplicado a máquina, se proyecta a gran velocidad sobre superficie a través de una manguera y boquilla.



# Reparación/Refuerzo con Proyectado

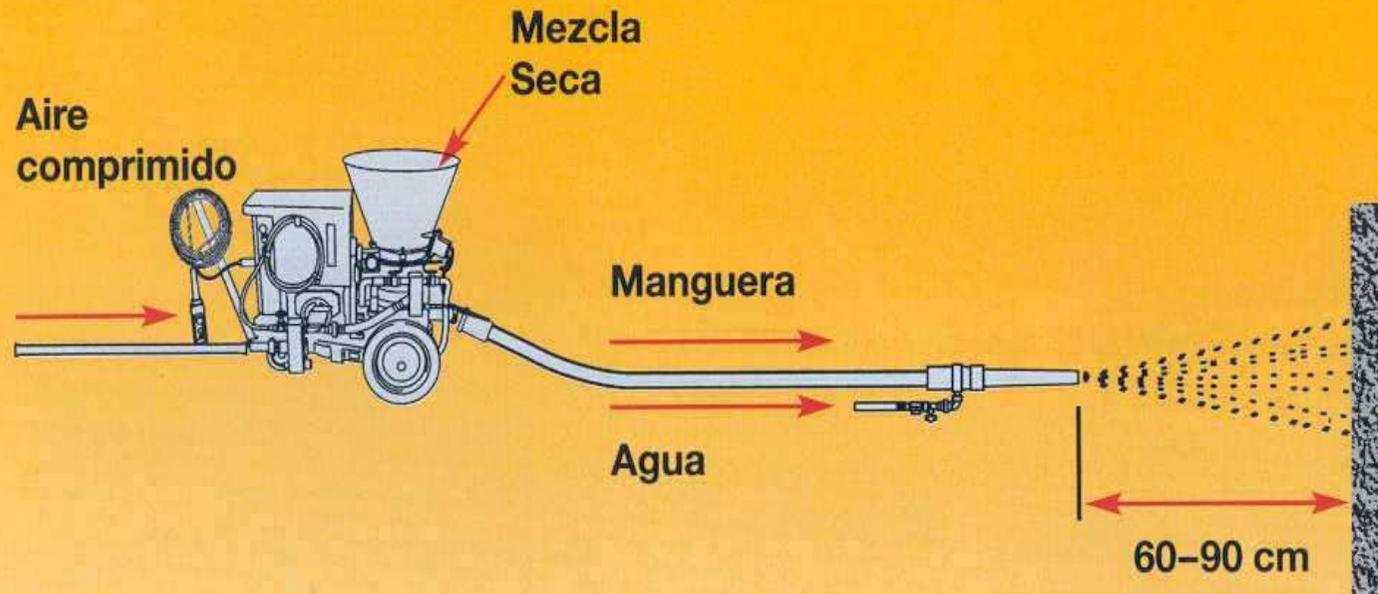
## Tipos Básicos

Vía seca

Vía húmeda

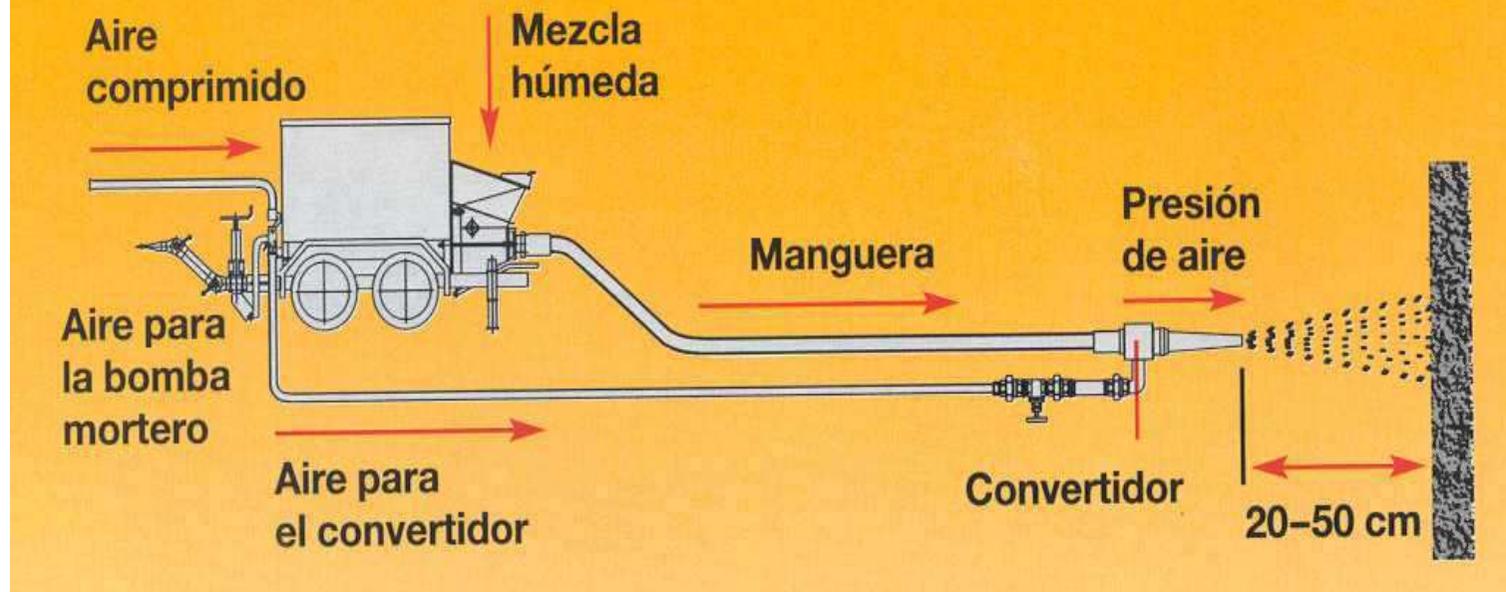


## Proceso de Aplicación "Vía Seca"





## Proceso de Aplicación "Vía Húmeda"



**obra**



## Obra de Reparación/Refuerzo con incorporación de armaduras mediante Proyectado

**Hormigón en muy mal estado, resistencias insuficientes; proceso de corrosión en armaduras alto.**



## Reparación/Refuerzo Proyectado

**Estado inicial de los  
elementos de la estruc-  
tura, existencia de  
fisuración importante**





## Reparación/Refuerzo Proyectado

**Estado inicial de los  
elementos de la estruc-  
tura, existencia de  
fisuración importante**





## Reparación/Refuerzo Proyectado

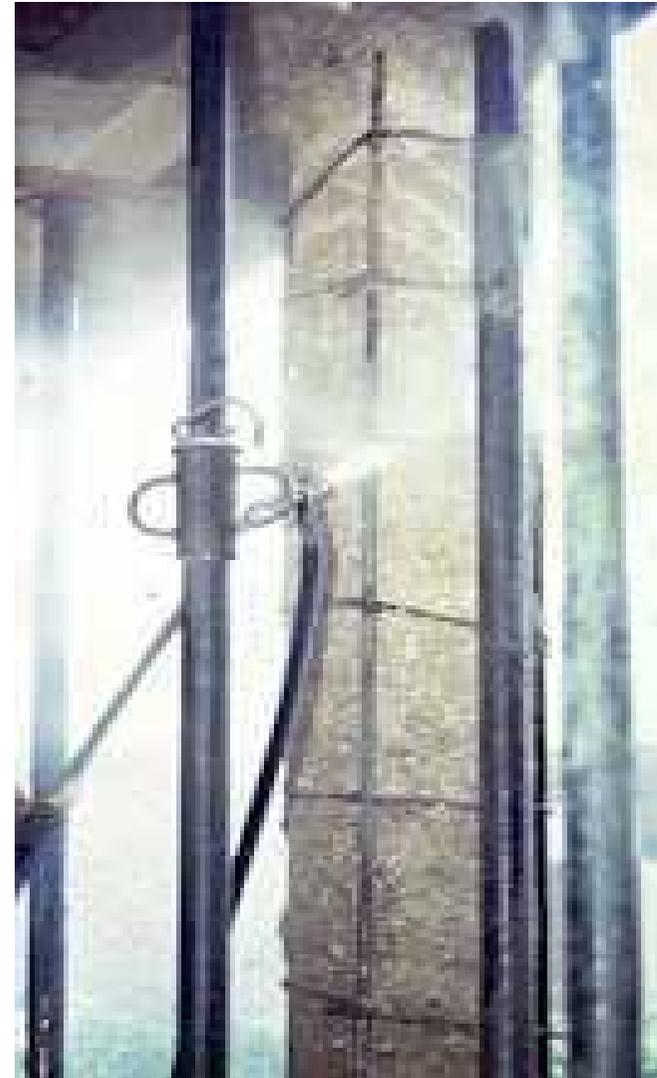
**Saneado de los pilares,  
hasta línea de armaduras  
y limpieza de las  
mismas.**





## Reparación/Refuerzo Proyectado

**Limpieza de armaduras  
mediante chorro de agua  
y arena.**





## Reparación/Refuerzo Proyectado

**Colocación del nuevo  
armado de acuerdo con  
las especificaciones de  
proyecto.**





## Reparación/Refuerzo Proyectado

**Proyectado del hormigón  
hasta línea de armaduras.**





## Reparación/Refuerzo Proyectado

**Otra fase del  
proyectado.**





## Reparación/Refuerzo Proyectado

**Encofrado a dos caras  
y posterior relleno  
hasta borde de  
encofrado.**





## Reparación/Refuerzo Proyectado

Vista del proyectado.





## Reparación/Refuerzo Proyectado

**Acabado superficial, listo  
para pintar, mediante paso  
de cuchilla apoyada en el  
encofrado**





Tipo	Nombre	Espesor (min/max)	Polimero	Inhibidor corrosión	Componentes	Cemento	Rapidez endurecimiento	Aplicación Man/mec
R3	Sika Monotop 612	5/30 mm.	Si	No	1	Portland	No	Man/Mec
	Sika Monotop 618	25/80 mm.	Si	No	1	Portland	No	Man/mec
	Sika Monotop 620	1,5/5 mm.	Si	No	1	Portland	No	Man/Mec
R4	Sika Monotop 412 S	6/50 mm.	No	No	1	Sulforesistente	No	Man/Mec
	Sika Monotop 412 SFG	6/50 mm.	Si	Si	1	Sulforesistente	No	Man/Mec

**Morteros Sika de Reparación  
Sistema de colocación mecánico**

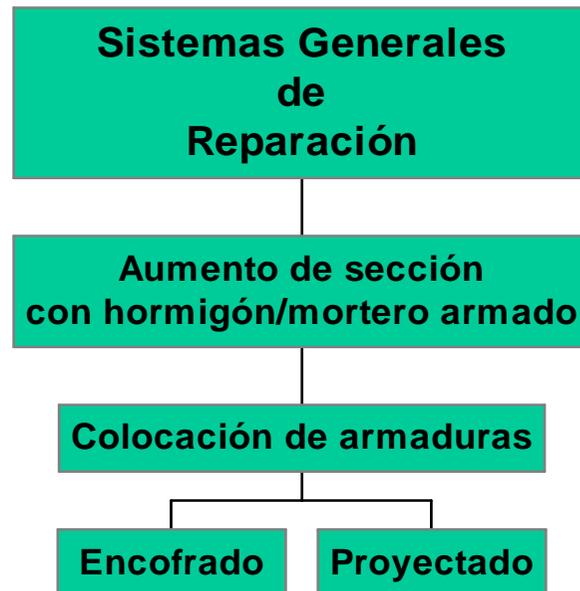


- **Morteros**
- **Metodos de aplicación los morteros de reparación**
  - **Por vertido**
    - **consiste en la utilización de productos fluidos**
      - **que se vierten sobre huecos en zonas horizontales**
      - **o en sitios donde se ha colocado un encofrado**
    - **los morteros que se utilizan se colocan por gravedad**
    - **sin necesidad de vibración o compactación de ningún tipo**
    - **este tipo de aplicación tiene la ventaja de la rapidez y facilidad de ejecución**
    - **en cambio tiene la desventaja de necesitar un encofrado previo**
    - **en algunos casos. evidentemente este tipo de aplicación sólo vale para aplicaciones en horizontal**

Reparación/Refuerzo mediante  
aumentar la sección  
**Mediante encofrado**



## Tamaños



1-3 cm. mortero preparado

3-7 cm. mortero preparado + gravilla (3/10)

→ **Encofrado**

>7 cm. microhormigón + superplastificante + puente de adherencia

**obra**



# Obra de Reparación/Refuerzo sin incorporación de armaduras me- diante vertido y encofrado



**Aumento de  
sección  
encofrado**







**Aumento de  
sección  
encofrado**







## Morteros de reparacion autonivelantes

Tipo	Nombre	Espesor (min/max)	Polimero	Inhibidor corrosion	Componentes	Cemento	Rapidez endurecimiento	Aplicación	Precio
R4	Sika Monotop 432 ES	5/30 mm.	Si	No	1	Sulforesistente	No	Vertido	0,80
	Sika Monotop 632	5/30 mm.	Si	No	1	Portland	No	Vertido	1,18
	Sika Monotop 638	20/80 mm.	Si	No	1	Portland	No	Vertido	1,18
	Sika Rep 434	4/150 mm.	No	No	1	Portland	No	Vertido	0,61

- En proyecto Sika Monotop 638 espesor max por capa 80 mm. Precio 1,18
- Se puede cambiar por Sika Monotop 632 precio igual, pero espesor max. por capa 30 mm.



## Morteros de reparacion autonivelantes

Tipo	Nombre	Espesor (min/max)	Polimero	Inhibidor corrosion	Componentes	Cemento	Rapidez endurecimiento	Aplicación	Precio
R4	Sika Monotop 432 ES	5/30 mm.	Si	No	1	Sulforesistente	No	Vertido	0,80
	Sika Monotop 632	5/30 mm.	Si	No	1	Portland	No	Vertido	1,18
	Sika Monotop 638	20/80 mm.	Si	No	1	Portland	No	Vertido	1,18
	Sika Rep 434	4/150 mm.	No	No	1	Portland	No	Vertido	0,61

- En proyecto Sika Monotop 638 espesor max por capa 80 mm. Precio 1,18
- Se puede cambiar por Sika Monotop 632 precio igual, pero espesor max. por capa 30 mm.
- En proyecto Sika Monotop 638 espesor max por capa 80 mm. Precio 1,18
- **Por precio interesaria Sika Monotop 432 ES, pero ojo al espesor serian casi 3 capas, psoblemas de fisuracion**

**Los principios relativos a  
los defectos en el  
Hormigón según la Norma  
UNE-EN 1504**



## ¿Por qué los Principios?

- **Durante muchos años**
  - los tipos de daños
  - las principales causas de éstos
- **se conocían perfectamente**
  - ahora se han establecido los métodos para la correcta reparación y protección.

**Todo este conocimiento y experiencia, resumido y clarificado, se expone en los 11 Principios en la norma UNE-EN 1504, Parte 9**



## ¿Por qué los Principios?

- Esto permite al **Tecnico** la correcta
  - Reparación
  - Refuerzo
  - Protección
- Los Principios del 1 al 6 definen los **defectos** en el propio hormigón
- Los Principios del 7 al 11 definen los **daños** debidos a la corrosión de armaduras.

**La Unión Europea introdujo la Norma UNE-EN 1504 de obligado cumplimiento el 1 de Enero del 2009**



## ¿Por qué los Principios?

- **Estas Normas definen los trabajos**
  - De evaluación
  - De diagnóstico
  - Los productos a emplear
  - Los sistemas a definir
- **Incluyendo**
  - Comportamiento
  - Procedimientos alternativos
  - Métodos de aplicación
  - **Control de calidad de los materiales y los trabajos.**



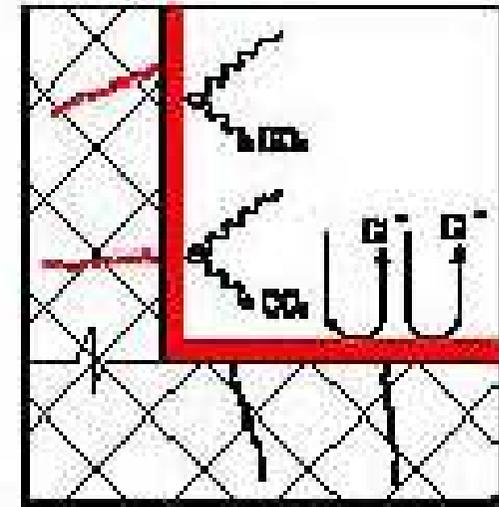
## ¿Por qué los Principios?

- **Los principios se basan en fundamentos**
  - químicos
  - físicos
- **que conducen a**
  - la prevención
  - la estabilización
- **de los procesos de deterioro**
  - químico
  - físico
- **del hormigón o corrosión electroquímica de la superficie del acero.**



# Los principios relativos a los defectos en el Hormigón

## Principio 1 (PI) Protección contra la penetración



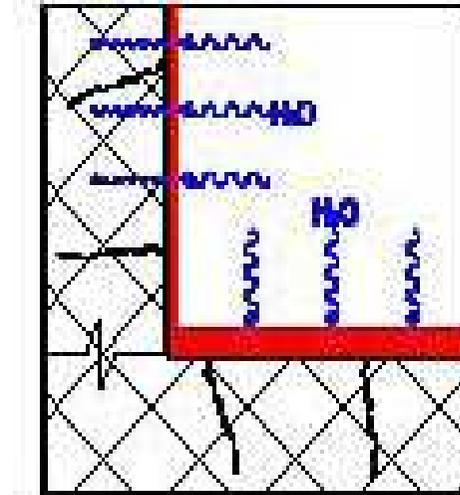


Principio	Descripción	Método
<b>Principio 1 (PI)</b>	<b>Protección contra la penetración</b> Reducción o prevención de la entrada de agentes adversos p.e. agua, otros líquidos, vapor, gas, agentes químicos y biológicos	1.1 Impregnaciones Hidrófobas
		1.2 Impregnaciones
		1.3 Revestimientos 
		1.4 Fisuras con vendaje local
		1.5 Relleno de fisuras
		1.6 Continuidad de las fisuras a través de las juntas
		1.7. Levantamiento de paneles exteriores
		1.8. Aplicación de membranas



# Los principios relativos a los defectos en el Hormigón

## Principio 2 (MC) Control de Humedad



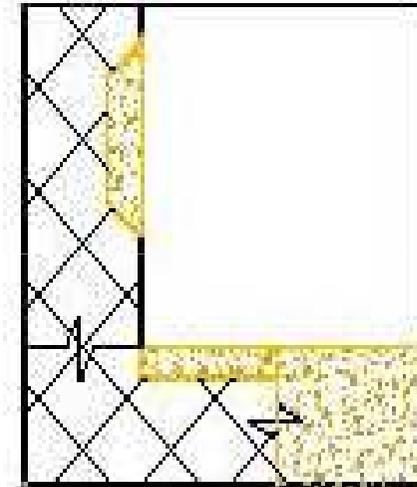


Principio	Descripción	Método
<b>Principio 2 (MC)</b>	<b>Control de la Humedad</b> Ajuste y mantenimiento del contenido de humedad en el hormigón dentro de un intervalo de valores especificado	2.1 Impregnaciones Hidrófugas
		2.2 Impregnaciones
		2.3 Revestimiento superficial 
		2.4 Levantamiento de Paneles exteriores
		2.5 Tratamiento electroquímico



## Los principios relativos a los defectos en el Hormigón

### Principio 3 (CR) Restauración del hormigón





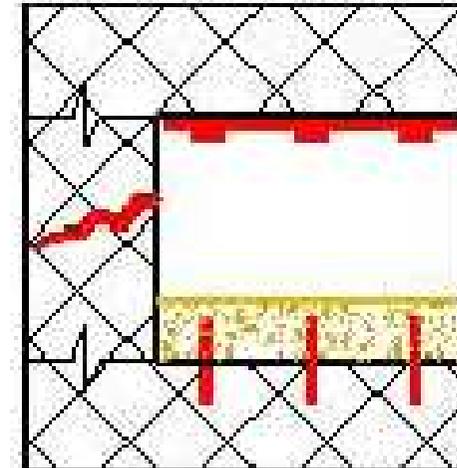
Principio	Descripción	Método
<b>Principio 3 (CR)</b>	<b>Restauración del hormigón</b> Restauración del hormigón original de un elemento de la estructura a la forma y función especificada originalmente.	3.1 Aplicación manual del mortero 3.2 Relleno con hormigón y mortero 3.3 Proyección de hormigón y mortero
	Restauración de la estructura de hormigón por sustitución parcial	3.4. Reemplazo elementos





# Los principios relativos a los defectos en el Hormigón

## Principio 4 (SS) Refuerzo estructural





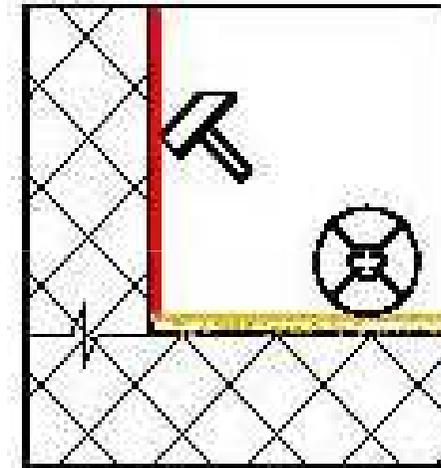
Principio	Descripción	Método
<b>Principio 4 (SS)</b>	<b>Refuerzo estructural</b> Incremento o restauración de la capacidad portante de un elemento de la estructura de hormigón	4.1. Adición ó reposición de las barras de acero estructural embebidas o exteriores.
		4.2. Instalación de barras de unión en agujeros prefabricados u horadados en el hormigón.
		4.3. Adhesión de chapas.
		4.4. Adición de mortero u hormigón
		4.5. Inyección de fisuras, huecos o intersticios.
		4.6. Relleno de fisuras, huecos e intersticios.
		4.7. Pretensado (Post-tesado)





## Los principios relativos a los defectos en el Hormigón

### **Principio 5 (PR)** **Resistencia al ataque físico**





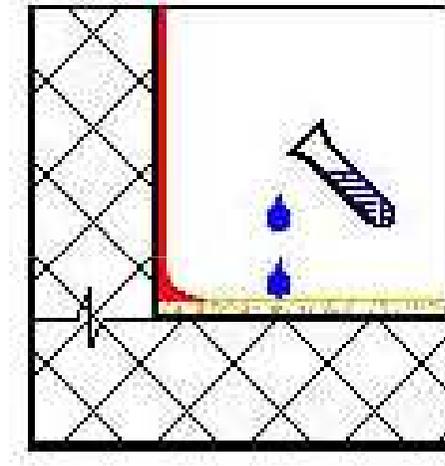
Principio	Descripción	Método
<b>Principio 5 (PR)</b>	Resistencia al ataque físico Incremento de la resistencia al ataque físico o mecánico	5.1. Capas o Revestimientos
		5.2. Impregnación
		5.3. Adición de mortero u hormigón





# Los principios relativos a los defectos en el Hormigón

## Principio 6 (RC) Resistencia a productos químicos





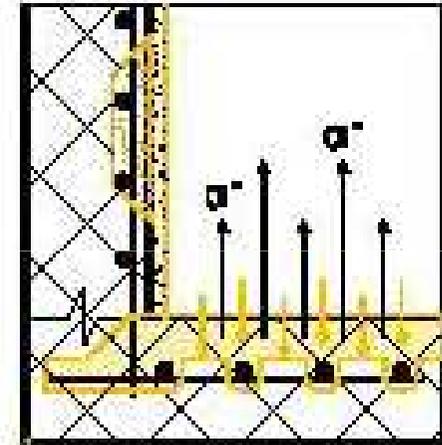
Principio	Descripción	Método
<b>Principio 6 (RC)</b>	Resistencia a productos químicos Incremento de la resistencia de la superficie del hormigón al deterioro por ataque químico	6.1 Capas o Revestimientos
		6.2 Impregnación
		6.3. Adición de mortero u hormigón





## Los principios relativos a la protección frente a la corrosión

### **Principio 7 (RP)** **Conservación o restauración del pasivado**





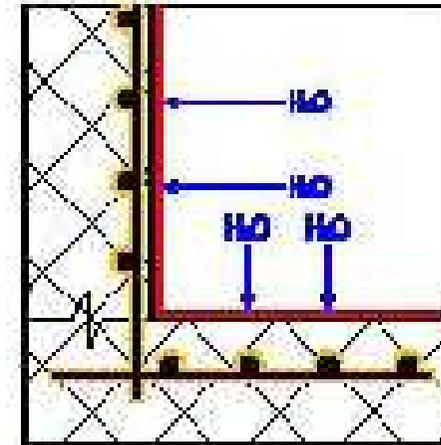
Principio	Descripción	Método
<b>Principio 7 (RP)</b>	<b>Conservación o restauración del pasivado</b> Creación de las condiciones químicas en las que la superficie de la armadura se mantenga o retorne a las condiciones de pasivado	7.1. Incremento del recubrimiento de la armadura con mortero de cemento u hormigón adicional
		7.2. Reemplazo del hormigón contaminado o carbonatado.
		7.3. Realcalinización del hormigón contaminado o carbonatado
		7.4. Realcalinización del hormigón carbonatado por difusión
		7.5. Extracción electroquímica de los iones cloruro





## Los principios relativos a la protección frente a la corrosión

### Principio 8 (IR) Incremento de la Resistividad





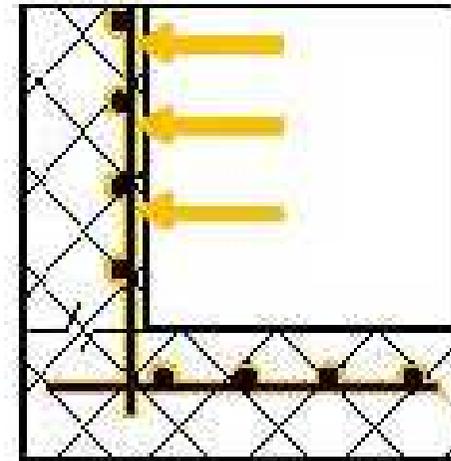
Principio	Descripción	Método
<b>Principio 8 (IR)</b>	<b>Incremento de la resistividad</b> Incremento de la resistividad eléctrica del hormigón	8.1. Impregnación hidrofóbica 8.2. Impregnación 8.3. Revestimiento superficial





## Los principios relativos a la protección frente a la corrosión

### Principio 9 (CC) Control catódico



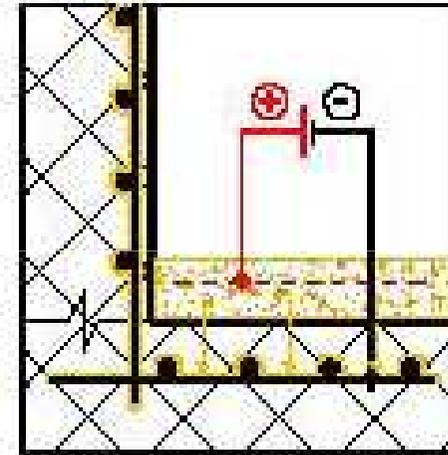


Principio	Descripción	Método
<b>Principio 9 (CC)</b>	<b>Control Catódico</b> Creación de las condiciones para que las áreas potencialmente catódicas de la armadura hagan imposible alcanzar una reacción anódica	9.1. Limitación del contenido de oxígeno (en el cátodo) por saturación o revestimiento superficial



## Los principios relativos a la protección frente a la corrosión

### Principio 10 (CP) Protección catódica



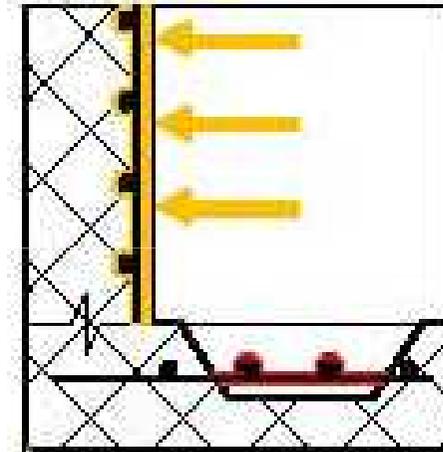


Principio	Descripción	Método
<b>Principio 10 (CP)</b>	Protección Catódica	10.1 Aplicación de un potencial eléctrico



## Los principios relativos a la protección frente a la corrosión

### Principio 11 (CA) Control de áreas anódicas





<b>Principio</b>	<b>Descripción</b>	<b>Método</b>
<b>Principio 11 (CA)</b>	<b>Control de áreas anódicas</b> Creación de las condiciones para que las áreas potencialmente anódicas de la armadura hagan imposible alcanzar una reacción de corrosión	11.1 Pintado de la armadura con revestimientos que contengan pigmentos activos  11.2 Pintado de la armadura con revestimiento barrera  11.3 Aplicación de inhibidores de corrosión al hormigón



# Causas habituales de los daños y deterioro del hormigón



## Causas habituales de daños y deterioro del hormigón **Defectos y Daños en el Hormigón**

### Ataque mecánico

**Causas**                      **Principios aplicables para reparar y proteger**

**Impacto**                      **Principios 3, 5**

**Sobrecargas**                **Principios 3, 4**

**Movimientos**               **Principios 3, 4**

**Vibraciones**               **Principios 3, 4**

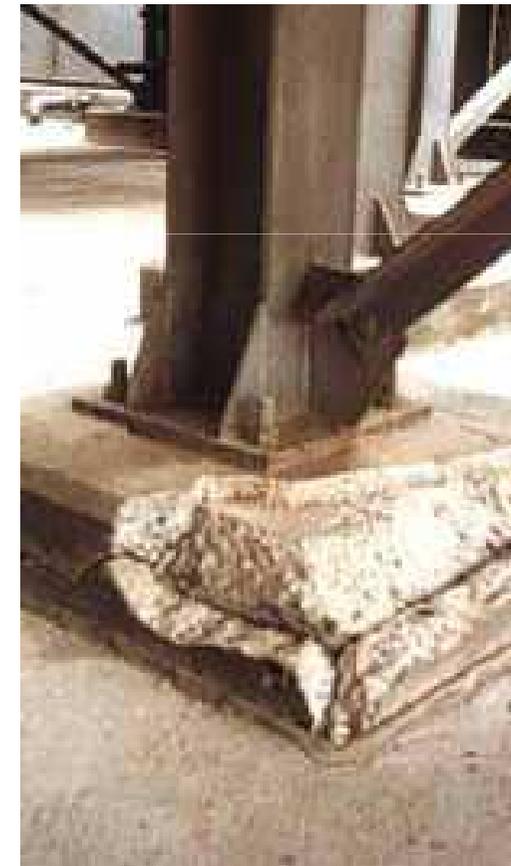
**Terremotos**

**Explosiones**

**Principio 3 Restauracion del hormigon**

**Principio 4 Refuerzo estructural**

**Principio 5 Resistencia a ataque fisico**





# Causas habituales de daños y deterioro del hormigón

## Defectos y Daños en el Hormigón

### Ataque químico

#### Causas

#### Principios aplicables para reparar y proteger

Reacciones álcali-árido

Principios 1, 2, 3

Exposición química

Principios 1, 2, 6

Acciones biológicas

Principios 1, 2, 6

Eflorescencias/Filtraciones

Principios 1, 2

Principio 1 Protección contra la penetración

Principio 2 Control de humedad

Principio 3 Restauración del hormigón

Principio 6 Resistencia a productos químicos





## Causas habituales de daños y deterioro del hormigón **Defectos y Daños en el Hormigón**

### Ataque físico

Causas

Principios aplicables para reparar y proteger

Acción hielo/deshielo

Principios 1, 2, 3, 5

Cambios térmicos

Principios 1, 3

Cristalización de sales

Principios 1, 2, 3

Retracción

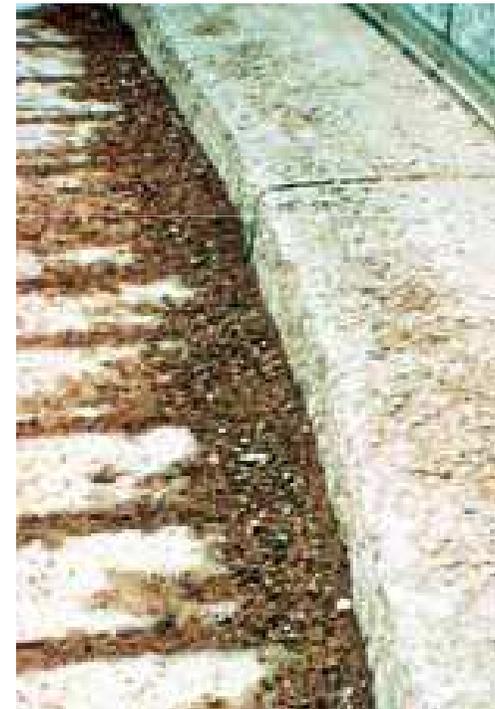
Principios 1, 4

Erosión

Principios 3, 5

Abrasión y desgaste

Principios 3, 5



Principio 1 Protección contra la penetración

Principio 4 Refuerzo estructural

Principio 2 Control de humedad

Principio 5 Resistencia a ataque físico

Principio 3 Restauración del hormigón





- **Objetivo**

- **Estudiar diferentes estrategias de reparación desde una perspectiva de ciclo de vida**
  - con el fin de evaluar si la estrategia más eficiente económicamente
  - también ofrece beneficios desde un perspectiva sostenible
- **Veremos SikaMonotop-412 SFG/SikaMonotop-412 S**
  - comparación de un mortero de reparación convencional (menor calidad)
  - con un mortero de alta calidad y prestaciones
- **Se consideran dos escenarios de reparación**
  - ambiente normal (IIb)
  - ambiente marino (IIIa)
- **según EHE 08**



**TABLA 2**

CLASE GENERAL DE EXPOSICION				DESCRIPCION	EJEMPLOS
Clase	Subclase	Designación	Tipo de Proceso		
No agresiva		<b>I</b>	Ninguno	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Interiores de edificios no sometidos a condensaciones.</li> <li>- Elementos de hormigón en masa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Interiores de edificios protegidos de la intemperie.</li> </ul>
<b>NORMAL</b>	Humedad alta	<b>II a</b>	Corrosión de origen diferente de los cloruros	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Interiores sometidos a humedades relativas medias altas (&gt;65%) o a condensaciones.</li> <li>- Exteriores en ausencia de cloruros y expuestos a lluvia en zonas con precipitación media anual superior a 600 mm.</li> <li>- Elementos enterrados o sumergidos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sótanos no ventilados.</li> <li>- Cimentaciones.</li> <li>- Tableros y pilas de puentes en zonas con precipitación media anual superior a 600 mm.</li> <li>- Elementos de hormigón en cubiertas de edificios.</li> </ul>
	Humedad media	<b>II b</b>	Corrosión de origen diferente de los cloruros	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Exteriores en ausencia de cloruros, sometidos a la acción del agua de lluvia, en zonas con precipitación media anual inferior a 600 mm.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Construcciones exteriores protegidas de la lluvia.</li> <li>- Tableros y pilas de puentes en zonas de precipitación media anual inferior a 600 mm.</li> </ul>
<b>MARINA</b>	Aérea	<b>III a</b>	Corrosión por cloruros	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elementos de estructuras marinas, por encima del nivel de pleamar.</li> <li>- Elementos exteriores de estructuras situadas en las proximidades de la línea costera (a menos de 5 Km).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Edificaciones en proximidad de la costa.</li> <li>- Puentes en proximidad de la costa.</li> <li>- Zonas aéreas de diques, pantalanés y otras obras de defensa litoral.</li> <li>- Instalaciones portuarias.</li> </ul>
	Sumergida	<b>III b</b>	Corrosión por cloruros	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elementos de estructuras marinas, sumergidas permanentemente, por debajo del nivel mínimo de bajamar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zonas sumergidas de diques, pantalanés y otras obras de defensa litoral.</li> <li>- Cimentaciones y zonas sumergidas de pilas de puentes en el mar.</li> </ul>
	En zona de mareas	<b>III c</b>	Corrosión por cloruros	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elementos de estructuras marinas, situadas en la zona de carrera de mareas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zonas situadas en el recorrido de marea de diques, pantalanés y obras de defensa litoral.</li> <li>- Zonas de pilas de puentes sobre el mar, en recorrido de marea.</li> </ul>
Con cloruros de origen diferente del medio marino.		<b>IV</b>	Corrosión por cloruros	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Instalaciones no impermeabilizadas en contacto con agua que presente un contenido elevado de cloruros; no relacionados con el ambiente marino.</li> <li>- Superficies expuestas a sales de deshielo no impermeabilizadas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Piscinas.</li> <li>- Pilas de pasos superiores o pasarelas en zonas de nieve.</li> <li>- Estaciones de tratamiento de agua.</li> </ul>



- **Morteros**
- **SikaMonotops-412 SFG**
  - mortero de reparación de alta calidad, **R4** (según EN 1504-3)
  - contiene polímero e inhibidor de corrosión
- **SikaMonotop-412 S**
  - mortero de reparación sin polímero, también **R4**
- **Se puede estimar**
  - que una estructura de hormigón reparada con un mortero de altas prestaciones
  - especialmente formulado con polímero e inhibidor de corrosión
- **durará dos veces más que una estructura reparada con un mortero convencional**



## Categorías de impacto consideradas

- **CED/Demanda de energía acumulada (MJ):**
  - Cantidad total de energía primaria, de fuentes renovables y no renovables, consumida a lo largo de todo el ciclo de vida del producto
- **GWP/Potencial de Calentamiento Global [kg CO<sub>2</sub>-eq.]:**
  - Contribución potencial al cambio climático, centrándose en las emisiones de gases de efecto invernadero, como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) que mejoran la absorción de la radiación de calor de la atmósfera, haciendo que la temperatura de la superficie de la Tierra aumente.
- **POCP/Potencial de Creación de Ozono Fotoquímico [kg ethylene-eq.]:**
  - Mide la contribución potencial a la calima de verano, relativa al ozono inducido por la luz solar en compuestos orgánicos volátiles (COV) y los óxidos de nitrógeno (Nox)



## Reparacion Sostenible

Fuente Ana Carmona

- **Caso 1**
- **Comparacion**
  - **Sika Monotop 412 S (mortero de reparacion convencional)**
  - **Sika Monotop 412 SFG (mortero de alta calidad y prestaciones)**
- **Objetivo**
  - **demostrar los beneficios durante la fase de uso**
  - **de un mortero de reparacion de hormigon de altas prestaciones**
  - **gracias a su mejores propiedades de anti-carbonatacion**
  - **y por tanto larga durabilidad**



## Reparacion Sostenible

Fuente Ana Carmona

- **Caso : Morteros de Reparación**
- **Unidad Funcional: 1 m<sup>2</sup> estructura de hormigon**
- **Esperanza de Vida: 25 años**
- **Enfoque del estudio: Durabilidad**
- **Metodologia ACV: CML 2001 –Nov. 2010**
- **Alcance: Cuna a Tumba (Inicio/Final)**
- **Categorias de Impacto relevantes: CED, GWP, POCP**
- **Sistemas de Morteros analizados**
  - **mortero alta calidad vs convencional**
- **Escenarios de Reparacion**
- **normal (IIb) y marino (IIIa), segun EHE 08**



# Reparacion Sostenible

Fuente Ana Carmona

## Caso Morteros de Reparacion

Características	Requisitos EN 1504-3	Mortero altas prestaciones "A"		Mortero Convencional "B"	
Marcado CE	--	EN 1504-3 clase R4		EN 1504-3 clase R4	
Adherencia a hormigón a 28d (UNE EN-1542)	$\geq 2$ MPa	2,6 Mpa		2,5 Mpa	
Resistencia a Compresión (UNE EN 12190)	$\geq 45$ MPa	1d= 13 Mpa	28d= 55 MPa	1d= 16 Mpa	28d= 54 MPa
Resistencia a Carbonatación (UNE EN 13295)	$D_k \leq$ hormigón control MC (0,45)	$D_k = 0,6$ mm (MC 0,45 = 4,9 mm)		$D_k = 1,7$ mm (MC 0,45 = 4,9 mm)	



## Reparación Sostenible

Fuente Ana Carmona

### Caso

### Morteros de Reparación (Especificación de Sistemas)

Aplicación y Tecnología	Imprimación (Producto, kg/m <sup>2</sup> )	Acabado* (Producto, kg/m <sup>2</sup> )	Escenario IIb (frecuencia de reparación)	Escenario IIIa (frecuencia de reparación)	Consumo total de material (Kg)	
Reparación de hormigón con Mortero Cementoso (Mortero R4, EN 1504-3)	Imprimación Epoxi-cemento con inhibidor de corrosión (4)	Mortero "B" (19+2.8 agua)	Dos veces	Cuatro veces	IIb 77,4	IIIa 129
Reparación de hormigón con Mortero Cementoso que contiene polímero e inhibidor de corrosión (Mortero R4, EN 1504-3)	Imprimación Epoxi-cemento con inhibidor de corrosión (4)	Mortero "A" (19+2.8 agua)	Una vez	Dos veces	IIb 51,6	IIIa 77,4

*Se estima, que una estructura de hormigón reparada con un mortero de altas prestaciones, especialmente formulado con polímero e inhibidor de corrosión, durará dos veces más que una estructura reparada con un mortero convencional.*



## Reparación Sostenible

Fuente Ana Carmona

### Caso

### Morteros de Reparación (Especificación de Sistemas)

Escenario IIb – ambiente normal, humedad media

Caso IIb. Ambiente normal, humedad media



Sika Monotop 412 S      2x0,83 (precio Kg)= 1,63  
Sika Monotop 412 SFG    1x1,34 (precio Kg)= 1,34  
Ahorro 18% en esos 25 años

Obra de 5 Tn de mortero por tratamiento  
Sika Monotop 412 S      2x5000x0,83= 8.300 euros  
Sika Monotop 412 SFG    1x5000x1,34= 6.700 euros  
Dif 1.600 euros de material y la mitad de la mano de obra



# Reparación Sostenible

Fuente Ana Carmona

## Caso

## Morteros de Reparación (Especificación de Sistemas)

### Caso IIIa Ambiente marino



Sika Monotop 412 S      4x0,83 (precio Kg)= 3,32  
Sika Monotop 412 SFG    2x1,34 (precio Kg)= 2,68  
Ahorro 20% en esos 25 años

Obra de 5 Tn de mortero por tratamiento  
Sika Monotop 412 S      4x5000x0,83= 16.600 euros  
Sika Monotop 412 SFG    2x5000x1,34= 13.400 euros  
Dif 3,100 euros de material y la mitad de la mano de obra



# Reparación Sostenible

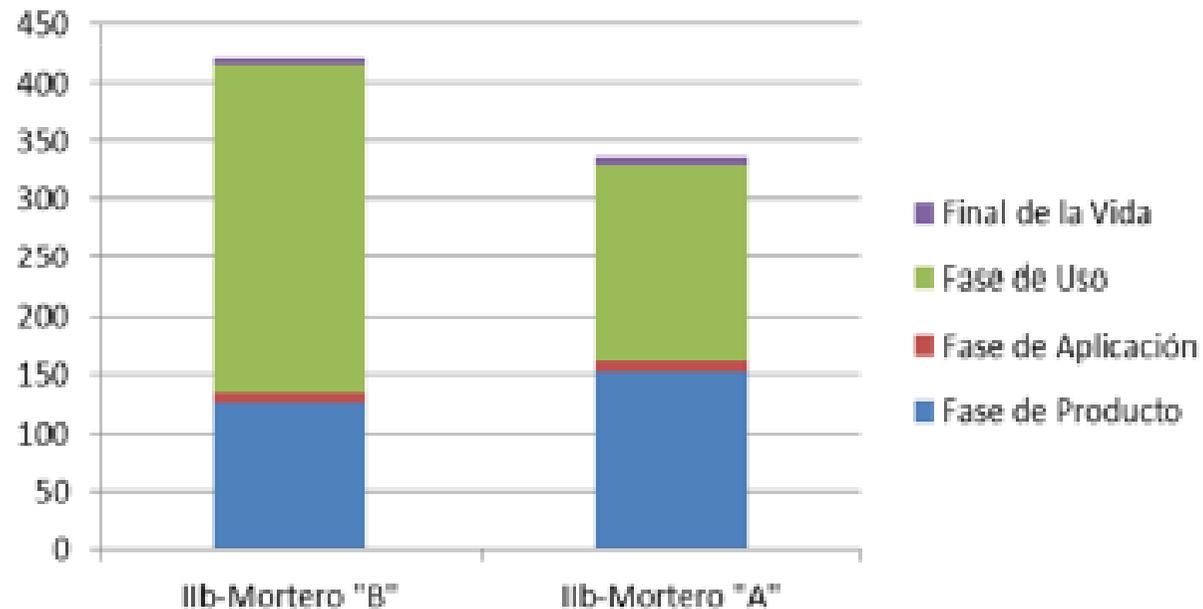
Fuente Ana Carmona

## Caso

### Morteros de Reparación (Especificación de Sistemas)

Resultados Escenario IIb - ambiente normal, humedad media

Demanda de Energía Acumulada (CED), Sistema de Morteros  
Escenario IIb para 25 años de vida útil [MJ/m<sup>2</sup>]





# Reparación Sostenible

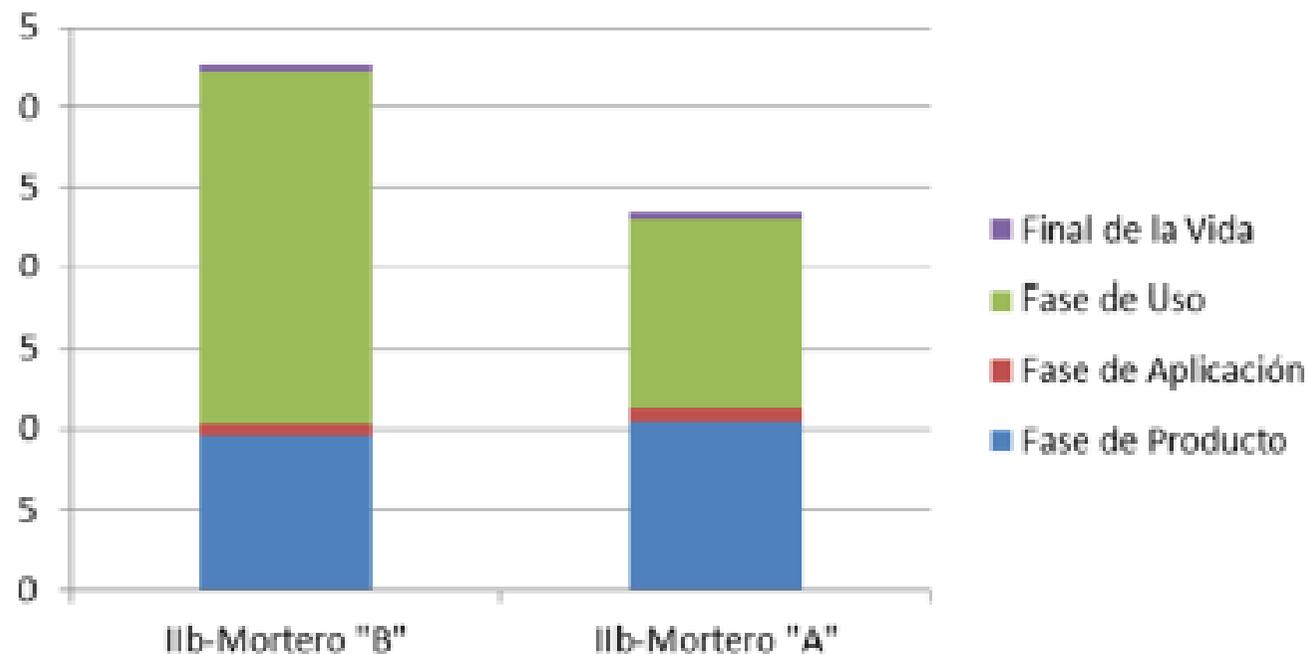
Fuente Ana Carmona

## Caso

### Morteros de Reparación (Especificación de Sistemas)

Resultados Escenario IIb - ambiente normal, humedad media

Potencial de Calentamiento Global (GWP), Sistema de Morteros  
Escenario IIb para 25 años de vida útil [kg CO<sub>2</sub>-eq/m<sup>2</sup>]





# Reparación Sostenible

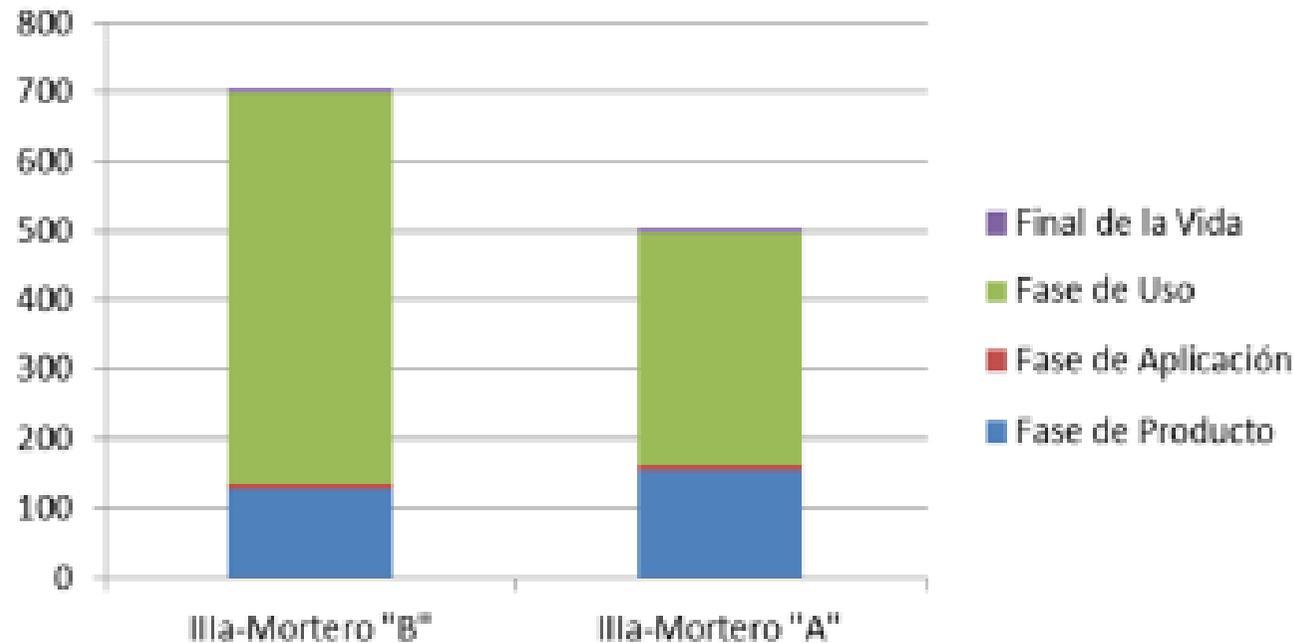
Fuente Ana Carmona

## Caso

### Morteros de Reparación (Especificación de Sistemas)

Resultados Escenario IIIa - ambiente marino

Demanda de Energía Acumulada (CED), Sistema de Morteros  
Escenario IIIa para 25 años de vida útil [MJ/m<sup>2</sup>]





# Reparación Sostenible

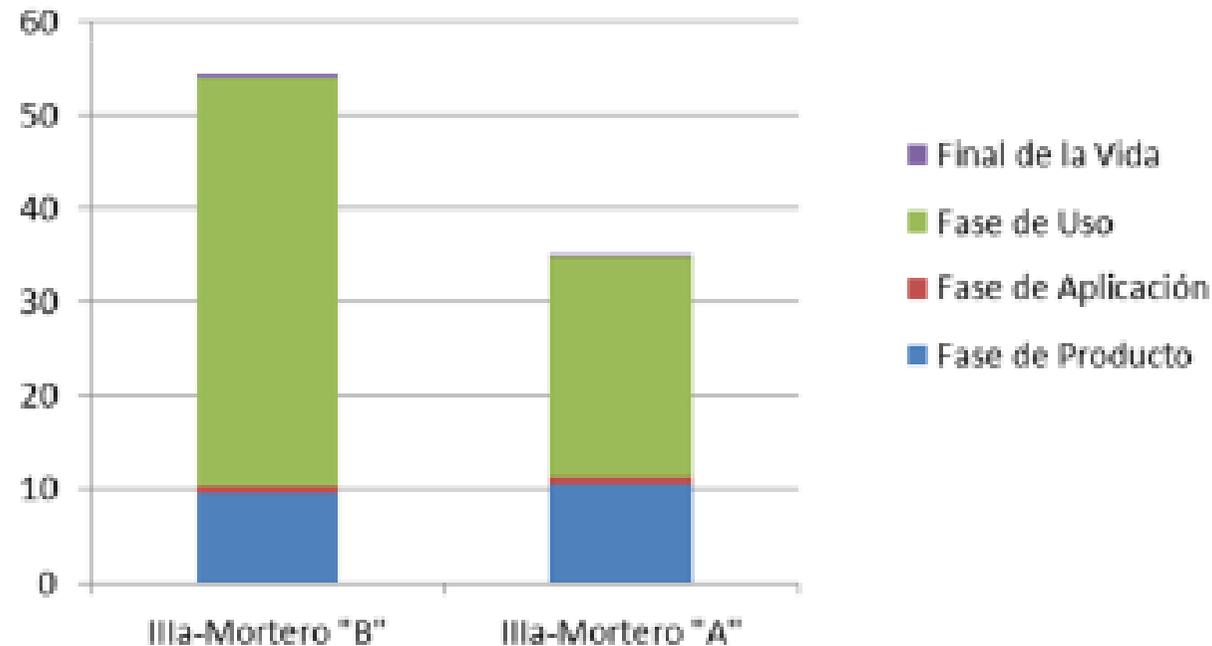
Fuente Ana Carmona

## Caso

### Morteros de Reparación (Especificación de Sistemas)

Resultados Escenario IIIa - ambiente marino

Potencial de Calentamiento Global (GWP), Sistema de Morteros  
Escenario IIIa para 25 años de vida útil [kg CO<sub>2</sub>-eq/m<sup>2</sup>]





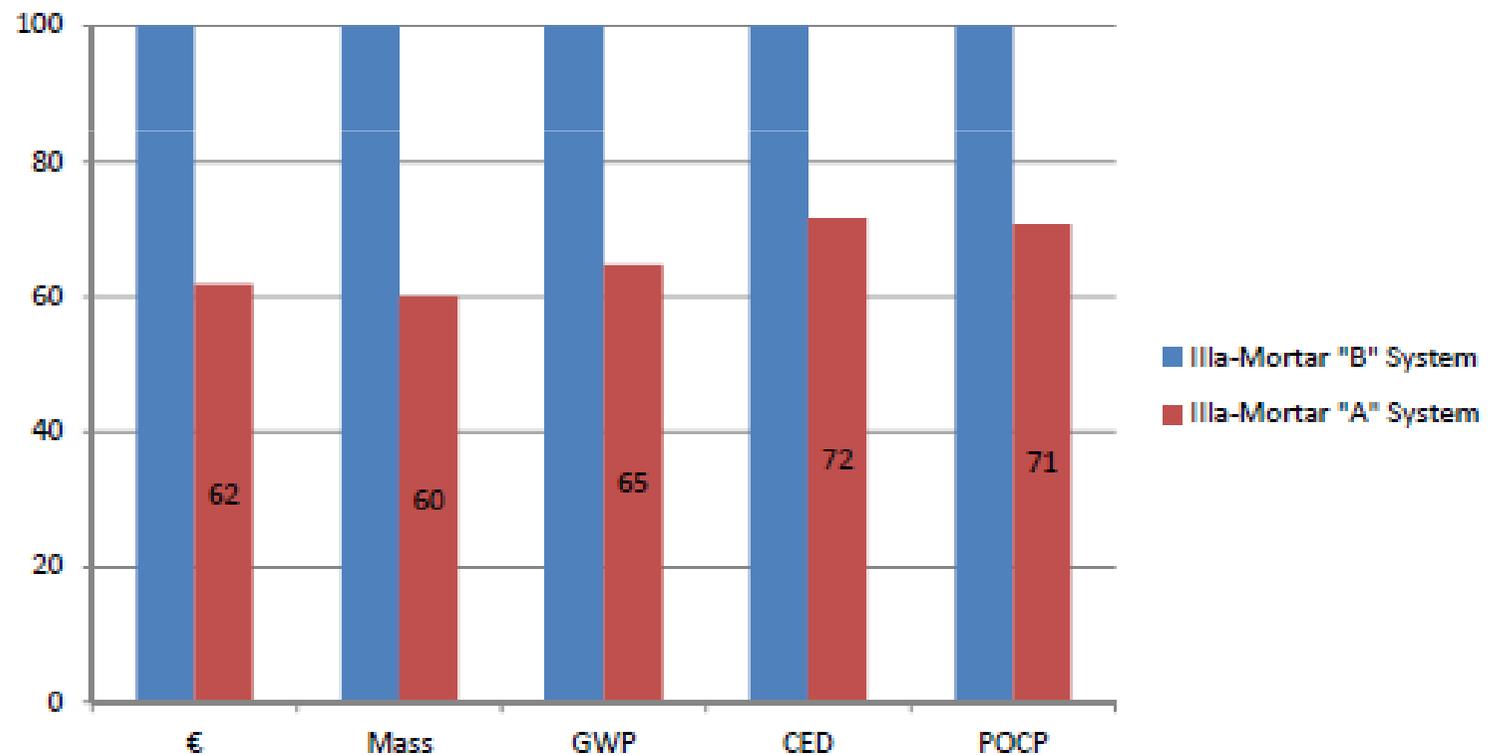
# Reparación Sostenible

Fuente Ana Carmona

## Caso

### Morteros de Reparación (Especificación de Sistemas)

Comparación Relativa Escenario Marino, por m<sup>2</sup>, 25 años (%)





# Reparacion Sostenible

Fuente Ana Carmona

## Caso

## Morteros de Reparacion

## Conclusiones

- **La aplicacion de un mortero de altas prestaciones conlleva los siguientes beneficios**
  - **Mejores propiedades anti-carbonatacion e impermeabilizacion**
  - **Aumento de la durabilidad de la estructura**
  - **Mayor durabilidad y rendimiento, y por tanto, menos ciclos de renovacion**
  - **Menores costes (economicos y ambientales) a largo plazo**



# Reparacion Sostenible

Fuente Ana Carmona

## Caso comparativo Grout

- Comparacion
  - grout convencional
  - grout con alto contenido en cenizas volantes como sustituto de cemento



## Reparacion Sostenible

Fuente Ana Carmona

### Caso Grout

- **Objetivo**
  - **demostrar como un mortero de relleno de alto rendimiento y prestaciones**
    - **en el que se ha sustituido una cantidad significativa de cemento Portland (28%)**
    - **por Materiales Sustitutos de Cemento**
    - **ofrece beneficios medioambientales sin comprometer la calidad**
  - **En comparacion con un producto equivalente, el nuevo Grout posee;**
    - **Contenido Reducido de cemento**
    - **Aumento del contenido de cenizas volantes**
    - **Reduccion de las emisiones de gases de efecto invernadero**



# Reparación Sostenible

## Caso Grout

Fuente Ana Carmona

Características	Grout original		Gout nuevo
Marcado CE	EN 1504:6		EN 1504:6
Espesor de Aplicación	10-125 mm		10 – 125 mm
Plasticidad estática (UNE-EN 13395-1)	≥ 300 mm después de 45 min.		≥ 300 mm después de 45 min.
Resistencia a compresión (UNE EN 12190)	1 d = 34 Mpa	28 d = 64 MPa	1 d = 35 MPa 28 d = 64 MPa
Adherencia por tracción (UNE EN 1542)	2,8 MPa		3.4 MPa
Retracción (UNE EN 12617-4)	0,54 mm a 90 días		0,52 mm a 90 días
Resistencia a la carbonatación (UNE-EN 13295)	No carbonat. a 28/56 días		No carbonat. a 28/56 días
Módulo de elasticidad (UNE EN 13412)	29,6 Gpa		30 GPa



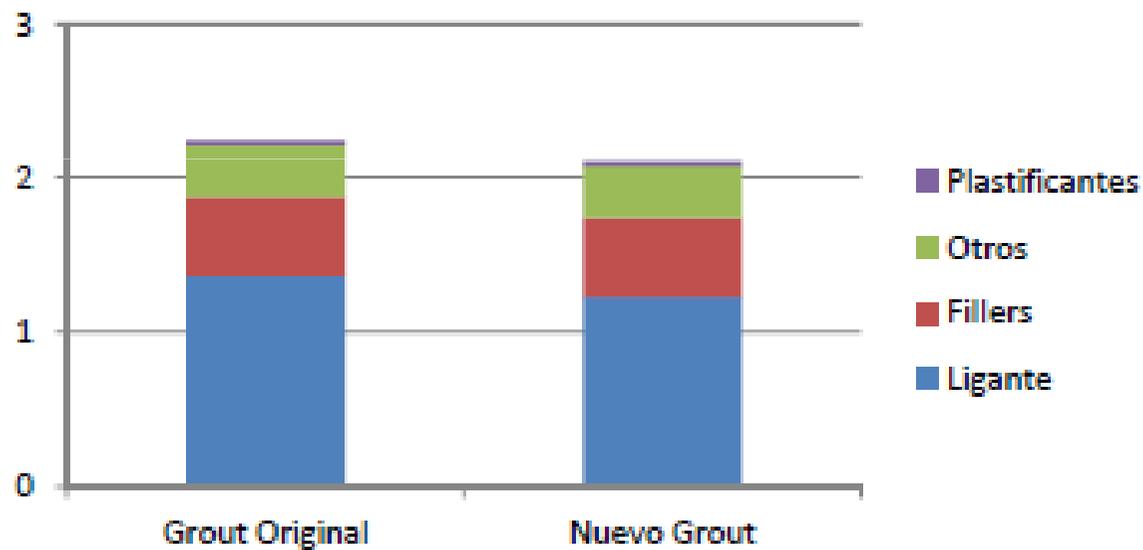
# Reparacion Sostenible

Fuente Ana Carmona

## Caso

## Grout (Análisis del ciclo de vida)

Cumulative Energy Demand [MJ/1 kg formulation]



El cemento Portland se estima que genera aproximadamente una tonelada de Dioxido de Carbono por cada tonelada producida

La reduccion significativa (28%) de cemento Portland, en comparacion directa con un mortero equivalente, se demuestra que conlleva los siguientes beneficios:

~ 6% de Reduccion en la demanda de energia primaria (CED)

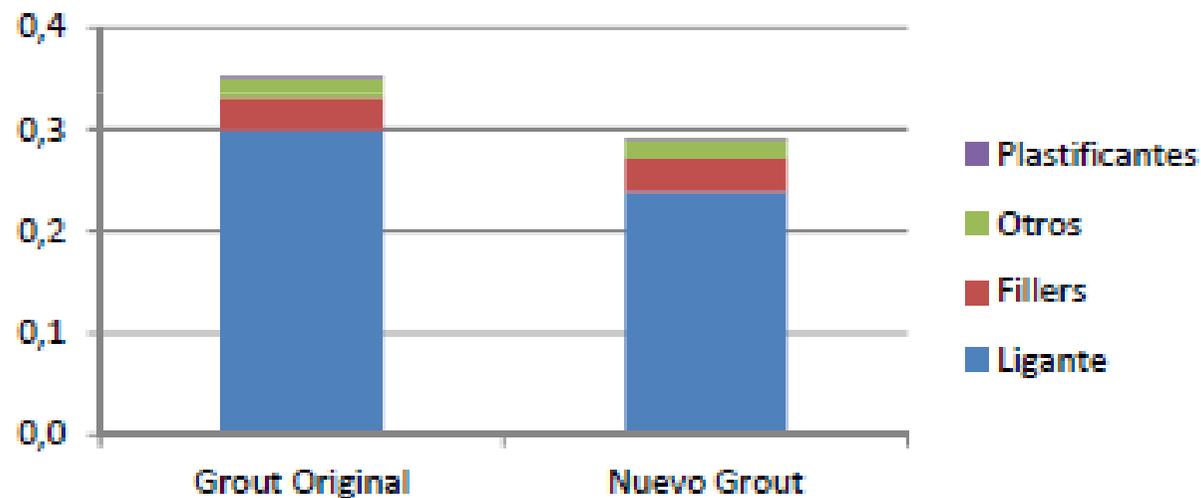


## Reparacion Sostenible

Fuente Ana Carmona

### Caso Grout (Análisis del ciclo de vida)

Global Warming Potential [kg CO<sub>2</sub>-eq./kg formulation]



El cemento Portland se estima que genera aproximadamente una tonelada de Dioxido de Carbono por cada tonelada producida

La reduccion significativa (28%) de cemento Portland, en comparacion directa con un mortero equivalente, se demuestra que conlleva los siguientes beneficios:

~ 17% de reduccion en las emisiones de dioxido de carbono (GWP)



Fuente Ana Carmona

## Conclusiones

- La tendencia hacia sostenibilidad es un hecho innegable
- La legislación y normativa incluyen cada vez mas requisitos obligatorios relativos a sostenibilidad, para la industria
- La Sostenibilidad es un importante factor conductor para el futuro crecimiento de los materiales de construccion
- La sostenibilidad en materiales de reparacion requiere de altas prestaciones que conlleve una alta durabilidad.
- **Los requisitos normativos de prestaciones son necesarios, pero no suficientes dentro del enfoque de gestion de Ciclo de Vida**



# Caso de estudio sostenible



# Caso de estudio sostenible

**PROYECTO JOHNSON CONTROLS**





# Plan experimental de Ensayos con morteros Caso 1

**Tesis Doctoral: Angel Gonzalez Lucas**



## **Plan experimental de Ensayos con morteros**

- **Fabricación de siete morteros para evaluar sus propiedades mecánicas y de durabilidad**
  - **En primer lugar se ha considerado un mortero normalizado, que servirá de referencia y comparación.**
  - **Se fabrica también un mortero tipo R4 sin polímeros con el que se va a comparar la acción de la adición de polímeros en morteros de reparación.**
  - **Se prepararon cinco morteros mejorados con polímeros en diferente proporción, desde 0% hasta un 25%.**

**Tesis Doctoral: Angel Gonzalez Lucas**



## Plan experimental de Ensayos con morteros

Mortero	M-0	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6
Descripción	Mortero normalizado fabricado, UNE-EN 196-1, con una relación cemento /arena de 1:3 y cemento CEM I 52,5 R.	Mortero base cemento sin polímero, resistente a sulfatos y agua de mar.	Mortero cementoso monocomponente, modificado con polímero y reforzado con fibras	Mortero de reparación, de un componente, reforzado con fibras y humo de sílice	Mortero monocomponente con polímero redispersable, reforzado con fibras derivadas de acrilamidas en un 0,1- 0,3% en masa.	Mortero monocomponente modificado con polímero bombeable y de fraguado normal.	Mortero impermeabilizante, monocomponente, flexible, reforzado con fibras derivadas de acrilamidas en un 0,1- 0,3 % en masa
agua/cemento	0,5	0,41	0,48	0,41	0,4	0,42	0,4
agua/árido	0,166	0,207	0,21	0,198	0,17	0,189	0,19
polímero/masa total	0	0	0,02	0,023	0,032	0,1	0,25
Consumo (kg/m <sup>2</sup> )	1,4	1,4	1,7	1,8	1,4	1,7	1,2
Tiempo abierto de aplicación (min)	30	45	45	45	30	20	20
Tiempo de mezclado	3	3	3	2	4	3	4

**Tesis Doctoral: Angel Gonzalez Lucas**



## **Plan experimental de Ensayos con morteros**

- **Se trata de evaluar**
  - la mejora que supone la incorporación de diferentes contenidos de polímero
- **en las propiedades**
  - mecánicas y de durabilidad de los morteros
- **basado en ensayos característicos**

**Tesis Doctoral: Angel Gonzalez Lucas**



# Plan experimental de Ensayos con morteros

## Ensayos de caracterización de propiedades mecánicas

Resistencia a compresión	UNE-EN 12190:1999
Expansión-Retracción	UNE-EN 12617-4:202
Módulo de elasticidad	UNE-EN 13412:2008
Adherencia a tracción directa	UNE-EN 1542:2000

**Tesis Doctoral: Angel Gonzalez Lucas**



**Tabla 3 – Requisitos de las prestaciones de productos para reparación estructural y no estructural**

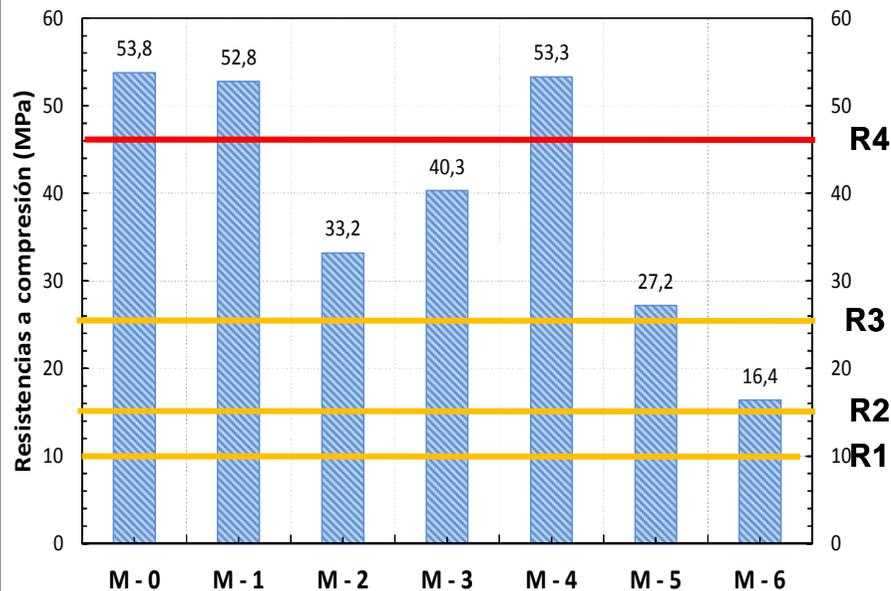
N°	Característica de las prestaciones	Soporte de referencia (EN 1766)	Método de ensayo	Requisito			
				Estructural		No-estructural	
				Clase R4	Clase R3	Clase R2	Clase R1
1	Resistencia a compresión	Ninguno	EN 12190	$\geq 45$ MPa	$\geq 25$ MPa	$\geq 15$ MPa	$\geq 10$ MPa
2	Contenido en iones cloruro	Ninguno	EN 1015-17	$\leq 0,05\%$		$\leq 0,05\%$	
3	Adhesión	MC(0,40)	EN 1542	$\geq 2,0$ MPa	$\geq 1,5$ MPa	$\geq 0,8$ MPa <sup>a</sup>	
4	Retracción/expansión controladas <sup>b,c</sup>	MC(0,40)	EN 12617-4	Resistencia de unión después del ensayo <sup>d,*</sup>			Ningún requisito
				$\geq 2,0$ MPa	$\geq 1,5$ MPa	$\geq 0,8$ MPa <sup>a</sup>	
5	Resistencia a la carbonatación <sup>f</sup>	Ninguno	EN 13295	$\alpha_k \leq$ hormigón de control MC (0,45)		Sin requisito <sup>g</sup>	
6	Módulo de elasticidad	Ninguno	EN 13412	$\geq 20$ GPa	$\geq 15$ GPa	Sin requisito	
7	Compatibilidad térmica <sup>fh</sup> Parte 1: Hielo/deshielo	MC(0,40)	EN 13687-1	Resistencia de unión después de 50 ciclos <sup>d,*</sup>			Inspección visual después de 50 ciclos <sup>g</sup>
				$\geq 2,0$ MPa	$\geq 1,5$ MPa	$\geq 0,8$ MPa	
8	Compatibilidad térmica <sup>fh</sup> Parte 2: Lluvia tormentosa	MC(0,40)	EN 13687-2	Resistencia de unión después de 30 ciclos <sup>d,*</sup>			Inspección visual después de 30 ciclos <sup>g</sup>
				$\geq 2,0$ MPa	$\geq 1,5$ MPa	$\geq 0,8$ MPa <sup>a</sup>	
9	Compatibilidad térmica <sup>fh</sup> Parte 4: Ciclos secos	MC(0,40)	EN 13687-4	Resistencia de unión después de 30 ciclos <sup>d,*</sup>			Inspección visual después de 30 ciclos <sup>g</sup>
				$\geq 2,0$ MPa	$\geq 1,5$ MPa	$\geq 0,8$ MPa <sup>a</sup>	
10	Resistencia al deslizamiento	Ninguno	EN 13036-4	Clase I: > 40 unidades ensayadas en húmedo		Clase I: > 40 unidades ensayadas en húmedo	
				Clase II: > 40 unidades ensayadas en seco		Clase II: > 40 unidades ensayadas en seco	
				Clase III: > 55 unidades ensayadas en húmedo		Clase III: > 55 unidades ensayadas húmedo	
11	Coefficiente de dilatación térmica <sup>e</sup>	Ninguno	EN 1770	No se requiere si se han efectuado los ensayos 7, 8 ó 9; en otro caso el valor declarado		No se requiere si se han efectuado los ensayos 7, 8 ó 9; en otro caso el valor declarado	
				$\leq 0,5$ kg·m <sup>-2</sup> ·h <sup>-0,5</sup>	$\leq 0,5$ kg·m <sup>-2</sup> ·h <sup>-0,5</sup>	Ningún requisito	

**Tesis Doctoral: Angel Gonzalez Lucas**



# Plan experimental de Ensayos con morteros

## Resistencia a compresión



Morteros	Resistencias a compresión (MPa)	Clasificación según norma UNE-EN 1504-3
M - 0	53,8	R4
M - 1	52,8	R4
M - 2	33,2	R3
M - 3	40,3	R3
M - 4	53,3	R4
M - 5	27,2	R3
M - 6	16,4	R2

### Requisitos de la norma UNE-EN 1504-3

Estructural		No estructural	
R4	R3	R2	R1
≥ 45 MPa	≥ 25 MPa	≥ 15 MPa	≥ 10 MPa

### Conclusiones

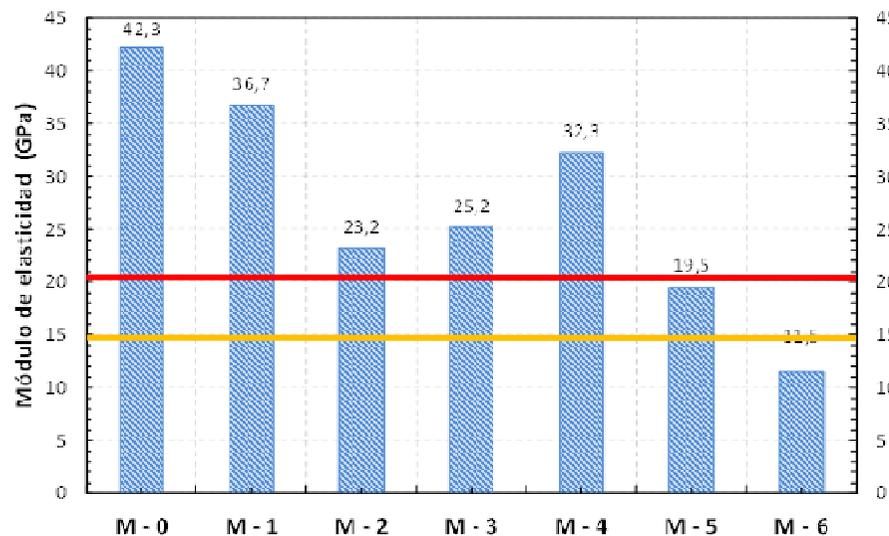
- Tiene gran influencia el contenido de cemento
- La incorporación de elevados porcentajes de polímero no aporta en principio resistencias a compresión, sino que más bien al contrario la penaliza.

Tesis Doctoral: Angel Gonzalez Lucas



# Plan experimental de Ensayos con morteros

## Módulo de elasticidad



Morteros	Módulo de elasticidad (GPa)	Clasificación según norma UNE-EN 1504-3
M - 0	42,3	R4
M - 1	36,7	R4
M - 2	23,2	R4
M - 3	25,2	R4
M - 4	32,3	R4
M - 5	19,5	R3
M - 6	11,5	R2

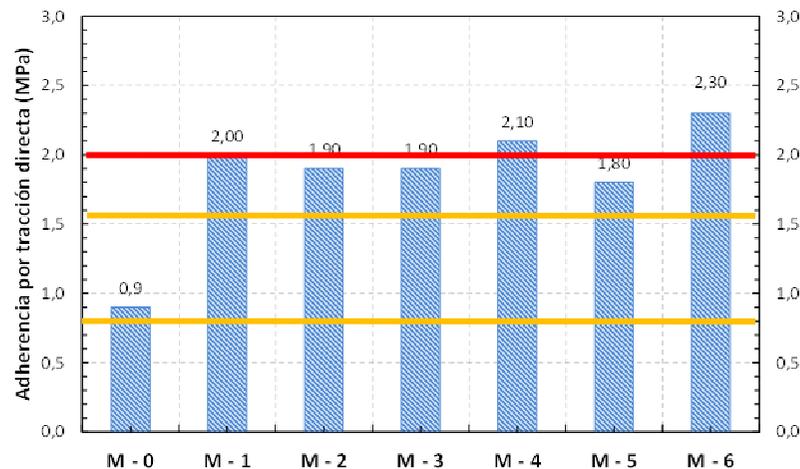
Requisitos de la norma UNE-EN 1504-3			
Estructural		No estructural	
R4	R3	R2	R1
≥ 20 GPa	≥ 15 GPa	Sin Requisito	

Tesis Doctoral: Angel Gonzalez Lucas



# Plan experimental de Ensayos con morteros

## Adherencia en Tracción Directa



R 4

R 3

R 2/R1

Morteros	Adherencia por tracción directa (MPa)	Clasificación según norma UNE-EN 1504-3
M - 0	0,9	R1
M - 1	2	R4
M - 2	1,9	R3
M - 3	1,9	R3
M - 4	2,1	R4
M - 5	1,8	R3
M - 6	2,3	R4

Requisitos de la norma UNE-EN 1504-3			
Estructural		No estructural	
R4	R3	R2	R1
≥ 2,0 MPa	≥ 1,5 MPa	≥ 0,8 MPa	

- El **empleo de polímeros** en las cantidades utilizadas garantiza valores de adhesión mínimos, superiores a los 1,5 Mpa.
- Los M-1, M-4 y M-6 tendrían clasificación R4, mientras que M-2, M-3 y M-5 serían R3.
- Se pueden alcanzar buenas prestaciones por dos vías diferentes, aportando **mayor contenido de cemento** o bien **aportando polímero**.

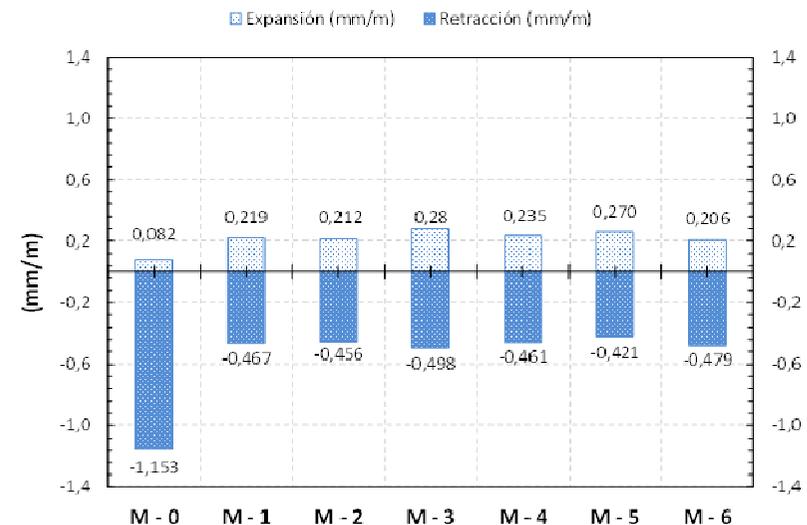
**Tesis Doctoral: Angel Gonzalez Lucas**



# Plan experimental de Ensayos con morteros

## Expansión - Retracción

- Se sumergen **probetas en agua**, en condiciones ambientales de laboratorio, para ser utilizadas en las medidas de expansión.
- Otras probetas se mantuvieron **al aire** en las mismas condiciones ambientales, y se utilizaran para las medidas de retracción por secado



- La expansión y la retracción en todos los morteros es muy similar, salvo frente al Mortero de referencia M-0 .
- Los morteros de reparación tienen una menor retracción y una mayor expansión, lo que permite que la adherencia al material a reparar sea mucho mejor.
- A priori parece que el **contenido de polímero no es diferencial** en esta propiedad.

**Tesis Doctoral: Angel Gonzalez Lucas**



# Plan experimental de Ensayos con morteros

## Ensayos de caracterización de la durabilidad

Absorción capilar

UNE-EN13057:2002

Resistencia a la Carbonatación

UNE-EN 13295:2005

Adherencia a la tracción directa después de ciclos de Hielo-Deshielo

UNE-EN 1542:2000 y UNE-EN 13687-1:2002

**Tesis Doctoral: Angel Gonzalez Lucas**



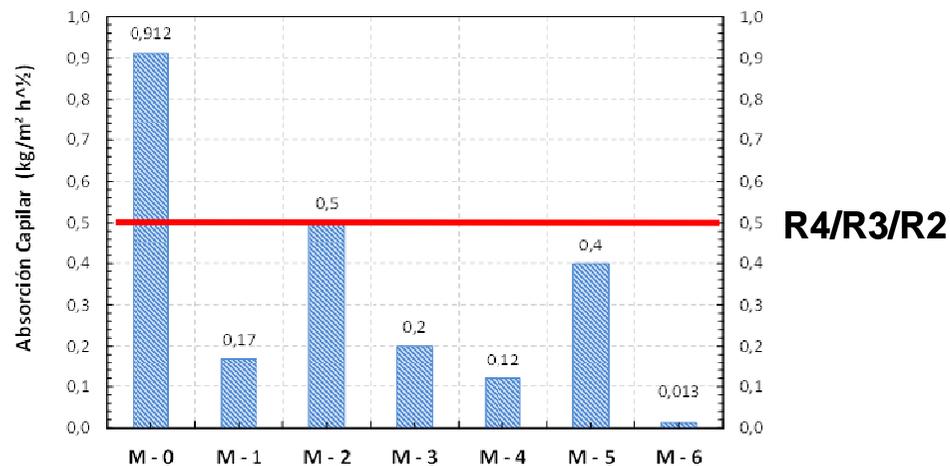
**Tabla 3 – Requisitos de las prestaciones de productos para reparación estructural y no estructural**

N°	Característica de las prestaciones	Soporte de referencia (EN 1766)	Método de ensayo	Requisito			
				Estructural		No-estructural	
				Clase R4	Clase R3	Clase R2	Clase R1
1	Resistencia a compresión	Ninguno	EN 12190	$\geq 45$ MPa	$\geq 25$ MPa	$\geq 15$ MPa	$\geq 10$ MPa
2	Contenido en iones cloruro	Ninguno	EN 1015-17	$\leq 0,05\%$		$\leq 0,05\%$	
3	Adhesión	MC(0,40)	EN 1542	$\geq 2,0$ MPa	$\geq 1,5$ MPa	$\geq 0,8$ MPa <sup>a</sup>	
4	Retracción/expansión controladas <sup>b,c</sup>	MC(0,40)	EN 12617-4	Resistencia de unión después del ensayo <sup>d,e</sup>			Ningún requisito
				$\geq 2,0$ MPa	$\geq 1,5$ MPa	$\geq 0,8$ MPa <sup>a</sup>	
5	Resistencia a la carbonatación <sup>f</sup>	Ninguno	EN 13295	$\alpha_k \leq$ hormigón de control MC (0,45)		Sin requisito <sup>g</sup>	
6	Módulo de elasticidad	Ninguno	EN 13412	$\geq 20$ GPa	$\geq 15$ GPa	Sin requisito	
7	Compatibilidad térmica <sup>fh</sup> Parte 1: Hielo/deshielo	MC(0,40)	EN 13687-1	Resistencia de unión después de 50 ciclos <sup>d,e</sup>			Inspección visual después de 50 ciclos <sup>o</sup>
				$\geq 2,0$ MPa	$\geq 1,5$ MPa	$\geq 0,8$ MPa	
8	Compatibilidad térmica <sup>fh</sup> Parte 2: Lluvia tormentosa	MC(0,40)	EN 13687-2	Resistencia de unión después de 30 ciclos <sup>d,e</sup>			Inspección visual después de 30 ciclos <sup>o</sup>
				$\geq 2,0$ MPa	$\geq 1,5$ MPa	$\geq 0,8$ MPa <sup>a</sup>	
9	Compatibilidad térmica <sup>fh</sup> Parte 4: Ciclos secos	MC(0,40)	EN 13687-4	Resistencia de unión después de 30 ciclos <sup>d,e</sup>			Inspección visual después de 30 ciclos <sup>o</sup>
				$\geq 2,0$ MPa	$\geq 1,5$ MPa	$\geq 0,8$ MPa <sup>a</sup>	
10	Resistencia al deslizamiento	Ninguno	EN 13036-4	Clase I: > 40 unidades ensayadas en húmedo Clase II: > 40 unidades ensayadas en seco Clase III: > 55 unidades ensayadas en húmedo	Clase I: > 40 unidades ensayadas en húmedo Clase II: > 40 unidades ensayadas en seco Clase III: > 55 unidades ensayadas húmedo		
11	Coefficiente de dilatación térmica <sup>c</sup>	Ninguno	EN 1770	No se requiere si se han efectuado los ensayos 7, 8 ó 9; en otro caso el valor declarado		No se requiere si se han efectuado los ensayos 7, 8 ó 9; en otro caso el valor declarado	
12	Absorción capilar	Ninguno	EN 13057	$\leq 0,5$ kg·m <sup>-2</sup> ·h <sup>-0,5</sup>	$\leq 0,5$ kg·m <sup>-2</sup> ·h <sup>-0,5</sup>	Ningún requisito	



# Plan experimental de Ensayos con morteros

## Absorción capilar



- Según la norma UNE-EN 1504-3, con los valores obtenidos, todos se clasifican como morteros R4.
- Los requisitos a cumplir tanto para morteros de clasificación R2, R3 y R4 son los mismos.
- Los resultados indican que se pueden alcanzar resultados similares bien con conglomerantes hidráulicos altos (cementos y adiciones puzolánicas) o con incorporación de polímeros en la matriz.

Morteros	Absorción Capilar (kg/m² h <sup>1/2</sup> )	Clasificación según norma UNE-EN 1504-3
M - 0	0,912	R2
M - 1	0,17	R4
M - 2	0,5	R4
M - 3	0,2	R4
M - 4	0,12	R4
M - 5	0,4	R4
M - 6	0,013	R4

### Requisitos de la norma UNE-EN 1504-3

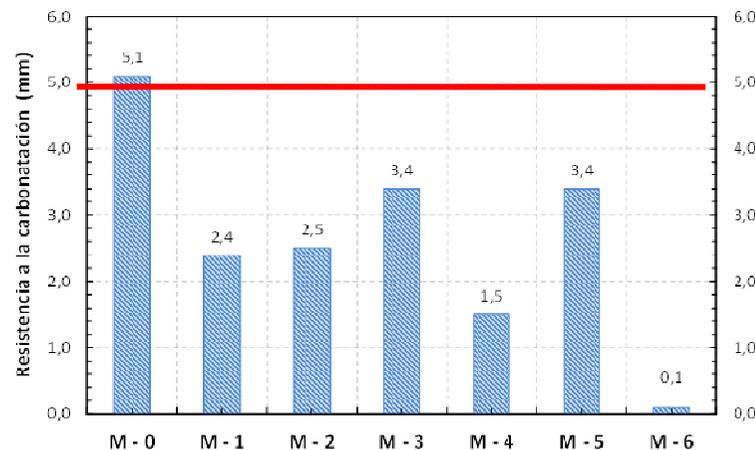
Estructural		No estructural	
R4	R3	R2	R1
≤ 0,5 Kg/m <sup>2</sup> h <sup>1/2</sup>	≤ 0,5 Kg/m <sup>2</sup> h <sup>1/2</sup>	≤ 0,5 Kg/m <sup>2</sup> h <sup>1/2</sup>	Sin Requisito

Tesis Doctoral: Angel Gonzalez Lucas



# Plan experimental de Ensayos con morteros

## Resistencia a la Carbonatación



Morteros	Resistencia a la carbonatación (mm)	Clasificación según norma UNE-EN 1504-3
M - 0	5,1	-
M - 1	2,4	R4
M - 2	2,5	R4
M - 3	3,4	R4
M - 4	1,5	R4
M - 5	3,4	R4
M - 6	0,1	R4

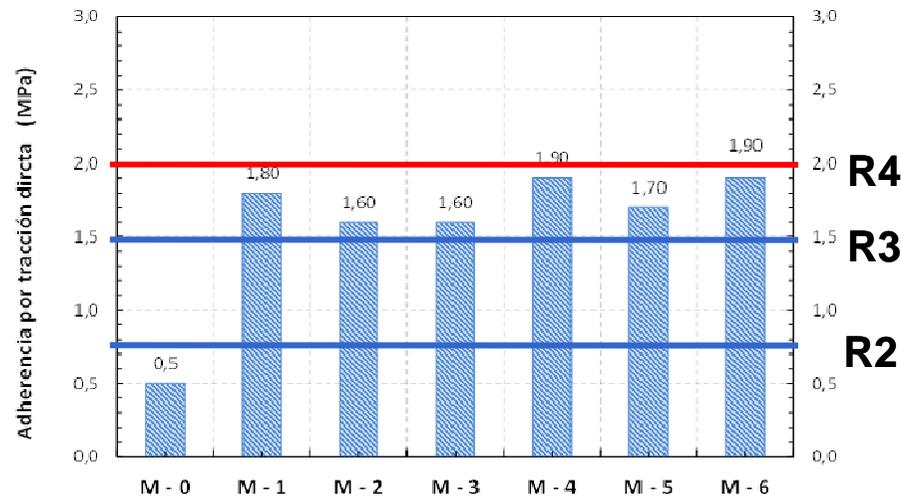
Requisitos de la norma UNE-EN 1504-3			
Estructural		No estructural	
R4	R3	R2	R1
$d_k \leq$ mortero de control (M-S)		Sin Requisito	

- Los requerimientos de la Norma no son muy elevados, basta con sólo mejorar al mortero de referencia
- La resistencia a la carbonatación tiene un fuerte impacto cuando se analizan aspectos económicos o de sostenibilidad
- Los resultados muestran que la utilización de polímeros es mucho más eficiente que sólo el uso de conglomerantes hidráulicos



# Plan experimental de Ensayos con morteros

## Adherencia a tracción directa después de los ciclos de hielo-deshielo



Morteros	Adherencia por tracción directa (MPa)	Clasificación según norma UNE-EN 1504-3
M - 0	0,50	R1
M - 1	1,80	R3
M - 2	1,60	R3
M - 3	1,60	R3
M - 4	1,90	R3
M - 5	1,70	R3
M - 6	1,90	R3

Requisitos de la norma UNE-EN 1504-3			
Estructural		No estructural	
R4	R3	R2	R1
≥ 2,0 MPa	≥ 1,5 MPa	≥ 0,8 MPa	Sin requisito

Tesis Doctoral: Angel Gonzalez Lucas



# Plan experimental de Ensayos con morteros

Clasificación según norma UNE-EN 1504-3

Resumen  
de los  
ensayos  
realizados

Morteros
M - 0
M - 1
M - 2
M - 3
M - 4
M - 5
M - 6

Tesis Doctoral: Angel Gonzalez Lucas



# Plan experimental de Ensayos con morteros

Clasificación según norma UNE-EN 1504-3

**Resumen  
de los  
ensayos  
realizados**

Morteros	Resistencias a compresión (MPa)
M - 0	R4
M - 1	R4
M - 2	R3
M - 3	R3
M - 4	R4
M - 5	R3
M - 6	R2

**Tesis Doctoral: Angel Gonzalez Lucas**



# Plan experimental de Ensayos con morteros

Clasificación según norma UNE-EN 1504-3

**Resumen  
de los  
ensayos  
realizados**

Morteros	Resistencias a compresión (MPa)	Módulo de elasticidad (GPa)
M - 0	R4	R4
M - 1	R4	R4
M - 2	R3	R4
M - 3	R3	R4
M - 4	R4	R4
M - 5	R3	R3
M - 6	R2	R2

**Tesis Doctoral: Angel Gonzalez Lucas**



# Plan experimental de Ensayos con morteros

Clasificación según norma UNE-EN 1504-3

## Resumen de los ensayos realizados

Morteros	Resistencias a compresión (MPa)	Módulo de elasticidad (GPa)	Adherencia por tracción directa (MPa)
M - 0	R4	R4	R1
M - 1	R4	R4	R4
M - 2	R3	R4	R3
M - 3	R3	R4	R3
M - 4	R4	R4	R4
M - 5	R3	R3	R3
M - 6	R2	R2	R4

Tesis Doctoral: Angel Gonzalez Lucas



# Plan experimental de Ensayos con morteros

Clasificación según norma UNE-EN 1504-3

## Resumen de los ensayos realizados

Morteros	Resistencias a compresión (MPa)	Módulo de elasticidad (GPa)	Adherencia por tracción directa (MPa)	Absorción Capilar (kg/m <sup>2</sup> h <sup>1/2</sup> )
M - 0	R4	R4	R1	R2
M - 1	R4	R4	R4	R4
M - 2	R3	R4	R3	R4
M - 3	R3	R4	R3	R4
M - 4	R4	R4	R4	R4
M - 5	R3	R3	R3	R4
M - 6	R2	R2	R4	R4

Tesis Doctoral: Angel Gonzalez Lucas



# Plan experimental de Ensayos con morteros

Clasificación según norma UNE-EN 1504-3

## Resumen de los ensayos realizados

Morteros	Resistencias a compresión (MPa)	Módulo de elasticidad (GPa)	Adherencia por tracción directa (MPa)	Absorción Capilar (kg/m <sup>2</sup> h <sup>1/2</sup> )	Resistencia a la carbonatación (mm)
M - 0	R4	R4	R1	R2	
M - 1	R4	R4	R4	R4	R4
M - 2	R3	R4	R3	R4	R4
M - 3	R3	R4	R3	R4	R4
M - 4	R4	R4	R4	R4	R4
M - 5	R3	R3	R3	R4	R4
M - 6	R2	R2	R4	R4	R4

Tesis Doctoral: Angel Gonzalez Lucas



# Plan experimental de Ensayos con morteros

Clasificación según norma UNE-EN 1504-3

## Resumen de los ensayos realizados

Morteros	Resistencias a compresión (MPa)	Módulo de elasticidad (GPa)	Adherencia por tracción directa (MPa)	Absorción Capilar ( $\text{kg/m}^2 \text{h}^{1/2}$ )	Resistencia a la carbonatación (mm)	Adherencia por tracción directa luego de ciclos de hielo deshielo (MPa)
M - 0	R4	R4	R1	R2		R1
M - 1	R4	R4	R4	R4	R4	R3
M - 2	R3	R4	R3	R4	R4	R3
M - 3	R3	R4	R3	R4	R4	R3
M - 4	R4	R4	R4	R4	R4	R3
M - 5	R3	R3	R3	R4	R4	R3
M - 6	R2	R2	R4	R4	R4	R3

Tesis Doctoral: Angel Gonzalez Lucas



# Plan experimental de Ensayos con morteros

Clasificación según norma UNE-EN 1504-3

**Resumen  
de los  
ensayos  
realizados**

Morteros	Resistencias a compresión (MPa)	Módulo de elasticidad (GPa)	Adherencia por tracción directa (MPa)	Absorción Capilar ( $\text{kg/m}^2 \text{h}^{1/2}$ )	Resistencia a la carbonatación (mm)	Adherencia por tracción directa luego de ciclos de hielo deshielo (MPa)
----------	---------------------------------	-----------------------------	---------------------------------------	--	-------------------------------------	---

**Tesis Doctoral: Angel Gonzalez Lucas**



# Plan experimental de Ensayos con morteros

Clasificación según norma UNE-EN 1504-3

## Resumen de los ensayos realizados

Morteros	Resistencias a compresión (MPa)	Módulo de elasticidad (GPa)	Adherencia por tracción directa (MPa)	Absorción Capilar ( $\text{kg/m}^2 \text{h}^{1/2}$ )	Resistencia a la carbonatación (mm)	Adherencia por tracción directa luego de ciclos de hielo deshielo (MPa)
M - 0	R4	R4	R1	R2		R1

- El mortero **M-0** se califica como un mortero de reparación de tipo **no estructural**.



# Plan experimental de Ensayos con morteros

Clasificación según norma UNE-EN 1504-3

## Resumen de los ensayos realizados

Morteros	Resistencias a compresión (MPa)	Módulo de elasticidad (GPa)	Adherencia por tracción directa (MPa)	Absorción Capilar ( $\text{kg/m}^2 \text{h}^{1/2}$ )	Resistencia a la carbonatación (mm)	Adherencia por tracción directa luego de ciclos de hielo deshielo (MPa)
M - 0	R4	R4	R1	R2		R1
M - 1	R4	R4	R4	R4	R4	R3

- El mortero **M-1** se califican **R4** para cada uno de los ensayos realizados, exceptuando la adherencia a tracción directa después de los ciclos de hielo-deshielo.



# Plan experimental de Ensayos con morteros

Clasificación según norma UNE-EN 1504-3

## Resumen de los ensayos realizados

Morteros	Resistencias a compresión (MPa)	Módulo de elasticidad (GPa)	Adherencia por tracción directa (MPa)	Absorción Capilar ( $\text{kg/m}^2 \text{h}^{1/2}$ )	Resistencia a la carbonatación (mm)	Adherencia por tracción directa luego de ciclos de hielo deshielo (MPa)
M - 0	R4	R4	R1	R2		R1
M - 1	R4	R4	R4	R4	R4	R3
M - 2	R3	R4	R3	R4	R4	R3

- El mortero **M-2** se califica como **R3**.



# Plan experimental de Ensayos con morteros

Clasificación según norma UNE-EN 1504-3

## Resumen de los ensayos realizados

Morteros	Resistencias a compresión (MPa)	Módulo de elasticidad (GPa)	Adherencia por tracción directa (MPa)	Absorción Capilar (kg/m <sup>2</sup> h <sup>1/2</sup> )	Resistencia a la carbonatación (mm)	Adherencia por tracción directa luego de ciclos de hielo deshielo (MPa)
M - 0	R4	R4	R1	R2		R1
M - 1	R4	R4	R4	R4	R4	R3
M - 2	R3	R4	R3	R4	R4	R3
M - 3	R3	R4	R3	R4	R4	R3

- El mortero **M-3** se califica como **R3**.



## Plan experimental de Ensayos con morteros

Clasificación según norma UNE-EN 1504-3

### Resumen de los ensayos realizados

Morteros	Resistencias a compresión (MPa)	Módulo de elasticidad (GPa)	Adherencia por tracción directa (MPa)	Absorción Capilar ( $\text{kg/m}^2 \text{h}^{1/2}$ )	Resistencia a la carbonatación (mm)	Adherencia por tracción directa luego de ciclos de hielo deshielo (MPa)
M - 0	R4	R4	R1	R2		R1
M - 1	R4	R4	R4	R4	R4	R3
M - 2	R3	R4	R3	R4	R4	R3
M - 3	R3	R4	R3	R4	R4	R3
M - 4	R4	R4	R4	R4	R4	R3

- El mortero **M-4 se califican R4** para cada uno de los ensayos realizados, exceptuando la adherencia a tracción directa después de los ciclos de hielo-deshielo.

**Tesis Doctoral: Angel Gonzalez Lucas**



## Plan experimental de Ensayos con morteros

Clasificación según norma UNE-EN 1504-3

### Resumen de los ensayos realizados

Morteros	Resistencias a compresión (MPa)	Módulo de elasticidad (GPa)	Adherencia por tracción directa (MPa)	Absorción Capilar ( $\text{kg/m}^2 \text{h}^{1/2}$ )	Resistencia a la carbonatación (mm)	Adherencia por tracción directa luego de ciclos de hielo deshielo (MPa)
M - 0	R4	R4	R1	R2		R1
M - 1	R4	R4	R4	R4	R4	R3
M - 2	R3	R4	R3	R4	R4	R3
M - 3	R3	R4	R3	R4	R4	R3
M - 4	R4	R4	R4	R4	R4	R3
M - 5	R3	R3	R3	R4	R4	R3

- El mortero **M-5** se califica como **R3**.

Tesis Doctoral: Angel Gonzalez Lucas



# Plan experimental de Ensayos con morteros

Clasificación según norma UNE-EN 1504-3

## Resumen de los ensayos realizados

Morteros	Resistencias a compresión (MPa)	Módulo de elasticidad (GPa)	Adherencia por tracción directa (MPa)	Absorción Capilar ( $\text{kg/m}^2 \text{h}^{1/2}$ )	Resistencia a la carbonatación (mm)	Adherencia por tracción directa luego de ciclos de hielo deshielo (MPa)
M - 0	R4	R4	R1	R2		R1
M - 1	R4	R4	R4	R4	R4	R3
M - 2	R3	R4	R3	R4	R4	R3
M - 3	R3	R4	R3	R4	R4	R3
M - 4	R4	R4	R4	R4	R4	R3
M - 5	R3	R3	R3	R4	R4	R3
M - 6	R2	R2	R4	R4	R4	R3

- El mortero **M-6** se califica como **R 2**



# Plan experimental de Ensayos con morteros

## Resumen de los ensayos realizados

- Una primera conclusión de este plan de ensayos es que la cantidad óptima de polímero debe estar en el entorno del 3%

Tesis Doctoral: Angel Gonzalez Lucas



- **Conclusiones sobre las propiedades mecánicas**

- Es necesario utilizar valores de la relación **A/C de 0,40-0,42** para conseguir morteros aptos para la reparación estructural con las cantidades de polímeros ensayadas.
- **Sin utilizar polímeros** puede conseguirse un mortero de reparación R4.
- La adición de las diferentes proporciones de polímero **no afecta** significativamente a los datos de **expansión y retracción**.
- La adherencia por **tracción directa aumenta** al incrementar la proporción de polímero, garantizando valores de adherencia superiores a 2 Mpa que requiere la Norma para los morteros tipo R4.
- **El mortero patrón** es el que mayor valor de resistencia a **compresión** ofrece y este valor disminuye a medida que aumenta la cantidad de polímero especialmente por encima del 10%.

**Tesis Doctoral: Angel Gonzalez Lucas**



- **Conclusiones sobre las propiedades mecánicas**
  - El **módulo de elasticidad** presenta un comportamiento similar al de resistencias a compresión.
  - Las **resistencias a flexotracción** aumentan a medida que **aumenta la cantidad de polímero**.

**Tesis Doctoral: Angel Gonzalez Lucas**



- **Conclusiones relativas a durabilidad**

- La adición de un polímero
  - **modifica las propiedades de durabilidad**
    - Adherencia
    - absorción capilar
    - resistencia a la carbonatación.
- El valor de **profundidad de penetración del perfil de carbonatación** y la **permeabilidad del agua líquida** están de acuerdo con el aumento de la cantidad de polímero

**Tesis Doctoral: Angel Gonzalez Lucas**



- **Conclusiones relativas a durabilidad**

- Los requerimientos de la Norma respecto a carbonatación no son muy elevados, exige mejorar al mortero de referencia, de hecho todos podían considerarse R4
- se trata de una propiedad que tiene un fuerte **impacto cuando se analizan aspectos económicos o de sostenibilidad.**

**Tesis Doctoral: Angel Gonzalez Lucas**



- **Conclusiones relativas a durabilidad**
  - **Resistencia a tracción directa (adherencia) tras ciclos de envejecimiento hielo deshielo:**
    - Este requerimiento ha resultado ser uno de los más **exigentes y restrictivos**, ninguno de los morteros ensayados alcanza las prestaciones para ser considerado R4.
    - Se puede concluir que las **resinas poliméricas contribuyen de forma eficiente** a la mejora de esta propiedad, permitiendo optimizar el contenido de cemento.

**Tesis Doctoral: Angel Gonzalez Lucas**



- **Conclusiones relativas a durabilidad**

- Los **contenidos óptimos de polímero** deben estar comprendidos entre **2,5 y 3,5%** sobre la masa total para cumplir con todos los requisitos exigidos por la Norma .

**Tesis Doctoral: Angel Gonzalez Lucas**