

Libro blanco

# Impermeabilización

La forma más simple de reducir el  
impacto ambiental de las estructuras  
de hormigón

# TECHMO

CONSTRUCTION PRODUCTS

[www.techmo.es](http://www.techmo.es)



Estaremos de acuerdo en que el cambio climático y la degradación del medio ambiente son graves amenazas para nuestro planeta. Reducir la huella de carbono de los edificios, del transporte o de nuestro estilo de vida son desafíos a los que todos nos enfrentamos cada día. Para superarlos, Europa está inmersa en ambiciosos planes para hacer más sostenible su economía.

Dado que los edificios y la construcción representan en conjunto el 36% del consumo mundial de energía final y el 39% de las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) relacionadas con la energía si se incluye la generación de electricidad previa, el hormigón es uno de los materiales que más contribuyen a la huella de carbono en edificación e infraestructura <sup>(1)</sup>.

En este libro blanco describimos por qué, a pesar de los muchos esfuerzos por reducir el impacto medioambiental de la producción de cemento y hormigón, la opción más inteligente, rentable y sostenible no es construir más, sino proteger y preservar lo que ya se ha construido.

## Contenido

1. El hormigón es el material que más contribuye a la huella de carbono del entorno construido.
2. El uso de áridos reciclados procedentes de residuos de construcción y demolición (RCD) no siempre es la mejor opción.
3. Las obras de renovación representan ya más de la mitad de la producción de la UE en el sector de la construcción.
4. Prolongando de la vida útil de las estructuras existentes.
5. El agua interviene en la mayoría de los procesos de degradación del hormigón.
6. La impermeabilización preventiva tiene importantes ventajas medioambientales.
7. Reparar los daños antes de que el estado estructural sea crítico.
8. Declaraciones medioambientales de producto y evaluaciones del ciclo de vida de las estructuras de hormigón.
9. Conclusiones.

# El hormigón es el material que más contribuye a la huella de carbono del entorno construido.

Algunos datos relevantes sobre el impacto medioambiental del hormigón:

- Cada año se utilizan más de 10.000 millones de toneladas de hormigón, lo que lo convierte en la segunda sustancia más consumida del planeta después del agua <sup>(5)</sup>.
- Cada año se producen más de 4.000 millones de toneladas de cemento, lo que representa alrededor del 8% de todas las emisiones de CO<sub>2</sub> del mundo <sup>(6)</sup>.
- A pesar de las mejoras en los procesos y las medidas de control, la fabricación de hormigón sigue emitiendo entre 70 y 90 kg de CO<sub>2</sub> por tonelada <sup>(2)</sup>.



Reducir el impacto del hormigón y de la industria de la construcción será aún más importante en los próximos años, ya que la rápida urbanización y el desarrollo económico aumentan la demanda de nuevos edificios y, por tanto, de hormigón y cemento. El hormigón es también el material más utilizado para infraestructuras esenciales para el suministro de agua potable, saneamiento, energía o transporte. También para parques eólicos y presas hidroeléctricas, y la demanda de infraestructuras para la generación de energías renovables va a aumentar debido a los compromisos de países y organizaciones con las energías limpias.

Teniendo esto en cuenta, no es de extrañar que los productores de cemento, hormigón y productos químicos relacionados estén desarrollando varias iniciativas para reducir el impacto medioambiental del hormigón. El "hormigón verde", con un impacto medioambiental reducido, es un paso importante hacia una industria de la construcción sostenible.

- Reducción del consumo de energía y de los combustibles fósiles utilizados para calentar los hornos de cemento a fin de alcanzar las temperaturas de reacción.
- Captura de CO<sub>2</sub> producido por la descomposición del carbonato cálcico en óxido cálcico durante la producción de cemento.
- Utilización de subproductos industriales (por ejemplo, escoria de alto horno o cenizas volantes) como sustitutos del cemento.
- Uso de aditivos para producir hormigón con mayor resistencia mecánica, menor retracción, endurecimiento más rápido o colocación más fácil, reduciendo los errores de instalación, etc.
- Uso de áridos reciclados procedentes de residuos de construcción y demolición (RCD) que podrían ahorrar hasta diez veces más emisiones de CO<sub>2</sub> que los áridos vírgenes.

# El uso de áridos reciclados procedentes de residuos de construcción y demolición (RCD) no siempre es la mejor opción

Toda estructura tiene una vida útil conocida como "vida de diseño". Cuando ha llegado al final de su vida de diseño, puede haber perdido estabilidad, funcionalidad o incluso volverse peligrosa para ser habitada o utilizada. Puede incluso suponer un riesgo para los edificios o estructuras adyacentes.

Cuando no es técnica o económicamente viable reparar o rehabilitar la estructura, no queda más remedio que demolerla y sustituirla por otra nueva.

En 2020, los residuos de construcción y demolición (RCD) supusieron aproximadamente 800 millones de toneladas en la UE, lo que representa el 37% de todos los residuos generados<sup>(9)</sup>. Los RCD contienen varios tipos de materiales, como asfalto, hormigón, ladrillos, yeso, madera, vidrio, metales y plásticos, que requieren separación y clasificación antes de su reciclado y reutilización.

El objetivo de la Directiva 2008/98/CE era reutilizar o reciclar el 70% de los RCD para 2020<sup>(33)</sup>. Teniendo en cuenta que se calcula que entre el 34 y el 60% del total de los RCD es hormigón<sup>(8)</sup>, el uso de áridos reciclados de hormigón (ARH) en la fabricación de hormigón es, por tanto, esencial para alcanzar este objetivo.

El uso de ARH después de la demolición ofrece, obviamente, dos ventajas principales: reducción de la extracción de materias primas primarias y reducción de los residuos depositados en vertederos.



Las emisiones a la atmósfera procedentes del reciclado de hormigón (incluido el transporte desde el lugar de deconstrucción hasta la planta de procesamiento y el posterior transporte a la fábrica de hormigón y a la obra de construcción) suelen ser mucho menores que las de los áridos de origen primario, pero aun así pueden suponer entre 2 y 8 kg de CO<sub>2eq</sub>/tonelada<sup>(11,12)</sup>.

Un segundo aspecto a tener en cuenta es que el hormigón que contiene ARH normalmente muestra algunas variaciones en sus propiedades, tanto en estado fresco como endurecido, en comparación con el hormigón que sólo contiene áridos naturales. Las diferencias aumentan con el incremento del contenido de ARH.

En estado fresco, la trabajabilidad del hormigón con áridos reciclados normalmente se reduce, mientras que en estado endurecido, también se reduce la resistencia final mientras que otras propiedades como la absorción de agua, la retracción y la fluencia pueden aumentar.

Para compensar estas diferencias de resistencia, normalmente se requiere un aumento del contenido de cemento o el uso de aditivos especiales. En ambos casos surgen dudas sobre el coste o la eficacia medioambiental<sup>(12,13)</sup>.

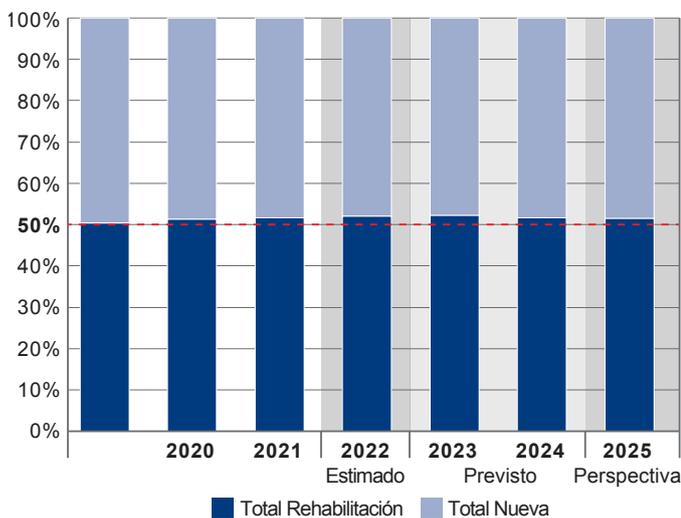
Por último, la calidad del ARH influye en el rendimiento final obtenido. La cantidad de mortero adherido u otros contaminantes, como bloques de mampostería, vidrio y betún, debe limitarse para mejorar la calidad del material.

Por todo ello, en algunos casos, el hormigón con áridos reciclados podría incluso tener un potencial de calentamiento global superior al del que emplea grava natural o incluso triturada.



Teniendo en cuenta todos estos datos, varios estudios confirman que demoler las estructuras dañadas no es una buena opción, y califican el mantenimiento y la rehabilitación de más respetuosos con el medio ambiente que la reconstrucción <sup>(15,16,17)</sup>.

## Las obras de renovación representan ya más de la mitad de la producción de la UE en el sector de la construcción



Según Euroconstruct, el 52% de la producción total de la construcción en 2021 se destinó a obras de renovación. Se trata de una tendencia al alza iniciada tras la crisis financiera mundial de 2007-8, cuando la renovación representó el 40% de la producción.

El último informe de Euroconstruct (invierno de 2022) también afirma:

“ A largo plazo, el mantenimiento y la modernización de los edificios antiguos cobrarán importancia, mientras que las nuevas construcciones, ampliaciones y sustituciones de edificios serán necesarias con menor frecuencia <sup>(32)</sup>. ”

## Prolongando de la vida útil de las estructuras existentes

La mayor parte del impacto medioambiental del hormigón se produce durante su fabricación debido principalmente a la producción del ligante cementoso, la fabricación del acero de refuerzo, la extracción y el transporte de los áridos, y la energía utilizada para transportar el hormigón a la obra.

Finalizada la construcción, prolongar la vida de las estructuras existentes mediante una protección y reparación cuidadosas y un compromiso de mantenimiento a largo plazo parece, por tanto, el enfoque más responsable para reducir el impacto medioambiental del uso masivo de hormigón.

El Comité 160 del Instituto Internacional para la Reparación del Hormigón (ICRI), en el documento "Sustainability for repairing and maintaining concrete and masonry buildings" <sup>(20)</sup>, señala las dos formas más importantes de reducir la huella de carbono de la construcción con hormigón:

“ Gran parte del coste del ciclo de vida y del impacto medioambiental comparativamente bajo del hormigón se deben a su longevidad, y la ampliación de esa longevidad aumenta aún más estos beneficios”

“Las medidas de protección durante la construcción y el mantenimiento proactivo pueden evitar la necesidad de reparaciones y son, en última instancia, el planteamiento más sostenible.”

El uso de membranas protectoras de impermeabilización, combinado con programas de inspección y mantenimiento, tiene además un coste económico mucho menor que la rehabilitación, reparación o, eventualmente, sustitución del hormigón.

En su conocida "Ley de los cincos", publicada en 1984, el Dr. De Sitter explica lo siguiente <sup>(21)</sup>:

“ Si se descuida el mantenimiento, las reparaciones, cuando sean imprescindibles, equivaldrán por lo general a cinco veces los costes de mantenimiento. Si no se llevan a cabo las reparaciones, los costes de rehabilitación serán cinco veces superiores a los costes de reparación.”

Invertir en mantenimiento preventivo permite realizar intervenciones más breves y menos perturbadoras que resultan muy rentables a lo largo del ciclo de vida de una estructura, en comparación con las reparaciones extensivas cuando no hay más remedio o simplemente utilizar la estructura hasta que se haya deteriorado por completo y luego demolerla.



## El agua interviene en la mayoría de los procesos de degradación del hormigón

El agua debe estar presente para que se produzcan la mayoría de los procesos de degradación que afectan al hormigón armado (carbonatación, ácidos, sulfatos, cloruros). Por lo tanto, además de cumplir los requisitos funcionales de las estructuras, las membranas impermeabilizantes contribuyen de forma importante a la durabilidad del hormigón, impidiendo que el agua y las sustancias agresivas penetren en la matriz de hormigón.



Por lo tanto, la mejora de la durabilidad del hormigón estará siempre ligada a la aplicación de medidas para protegerlo del agua y de los diferentes agentes agresivos que puedan estar disueltos en ella.

Una vez más, el Comité 160 <sup>(20)</sup> del ICRI afirma que:

“ Mantener el hormigón seco minimiza los daños por congelación-descongelación, la reacción álcali-agregado, la mayoría de los ataques por sulfatos, la incrustación de sal de deshielo y la carbonatación.

*En nuevas construcciones de hormigón de buena calidad, la eliminación de fisuras, el tratamiento con sellantes superficiales, revestimientos o membranas, y otros tipos de mantenimiento proactivo a lo largo de la vida de una estructura pueden posponer las necesidades de reparación casi indefinidamente.* ”

# La impermeabilización preventiva tiene importantes ventajas medioambientales

Dado que el agua es la principal causa de degradación de las estructuras de hormigón, y que el coste medioambiental y económico de las obras de reparación o reconstrucción puede ser significativo, varios estudios han demostrado las ventajas de la protección preventiva mediante la aplicación de tratamientos superficiales.

En este capítulo se repasan algunos resultados relevantes.

**La aplicación de tratamientos superficiales de impermeabilización es una operación que tiene un impacto medioambiental mínimo en la fase de construcción de la estructura.**

Este gráfico se extrajo de un análisis de Ecoeficiencia para evaluar el rendimiento medioambiental y los costes de un depósito de agua al aire libre durante un periodo de 25 años en Europa. Muestra que el potencial de calentamiento global asociado a la impermeabilización es insignificante comparado con el de la producción del hormigón para la estructura <sup>(18)</sup>.

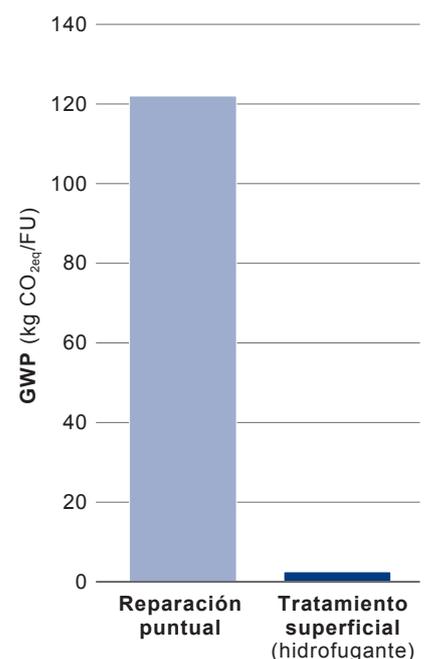
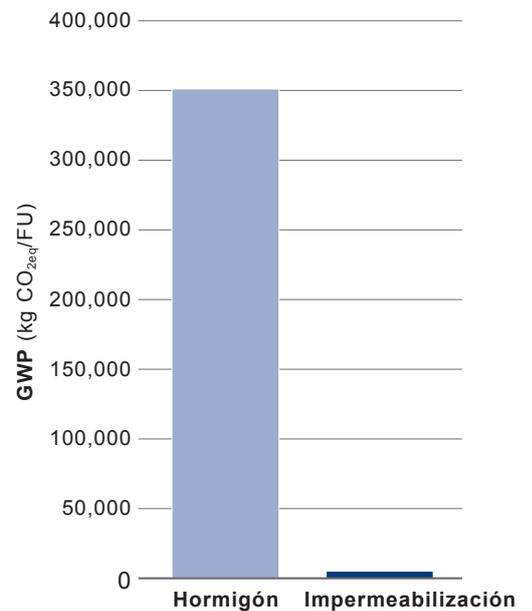
Esto significa que, desde el punto de vista medioambiental, es mucho más sostenible proteger el hormigón del depósito que construir uno nuevo, aunque se pudiesen reutilizar los residuos de la demolición.

**Además, los tratamientos superficiales destinados a impedir la penetración del agua tienen un menor impacto ambiental que la reparación del hormigón:**

Un interesante trabajo de la Universidad Noruega de Ciencia y Tecnología muestra que: <sup>(14)</sup>

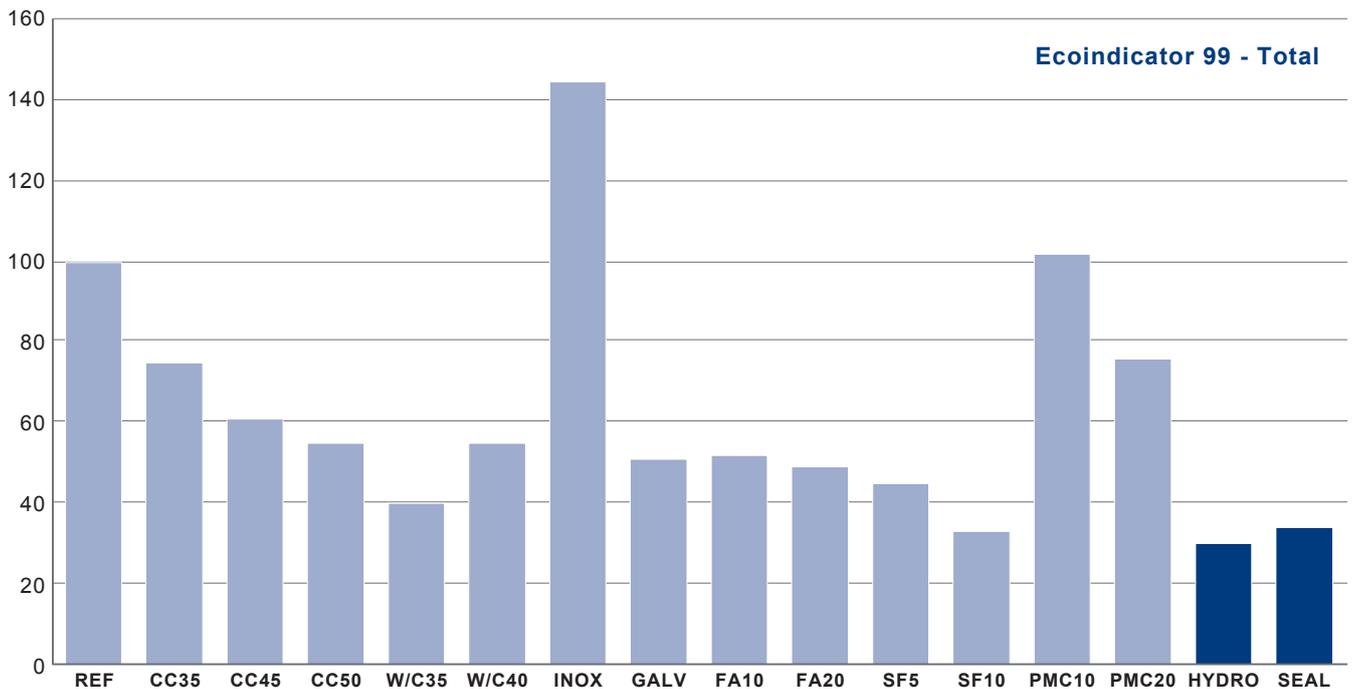
“... desde un punto de vista ecológico, parece ser una muy buena estrategia llevar a cabo el mantenimiento preventivo de una estructura de hormigón antes de que se llegue a una fase en la que puedan ser necesarias reparaciones de parcheo”

Incluso si consideramos que la reparación sólo es necesaria en una parte limitada de la superficie y que la protección se aplica siempre a la totalidad de la superficie, la diferencia en el impacto ambiental es tan enorme que la protección preventiva sigue siendo la mejor opción.



De todas las opciones potenciales disponibles para prevenir el deterioro del hormigón, las estrategias de prevención basadas en la aplicación de tratamientos superficiales (como los productos hidrófobos o los productos de sellado superficial), muestran los menores impactos ambientales.

Un estudio de la Universitat Politècnica de Valencia compara las diferencias en el impacto ambiental de 15 estrategias distintas de prevención de la corrosión para un tablero de un puente en un entorno marino. Los cálculos tienen en cuenta la producción, el transporte, la instalación y el mantenimiento durante una vida útil de 100 años, y los resultados muestran los menores impactos de los productos hidrófobos y sellantes (en la parte derecha del gráfico) en comparación con las demás opciones <sup>(31)</sup>.

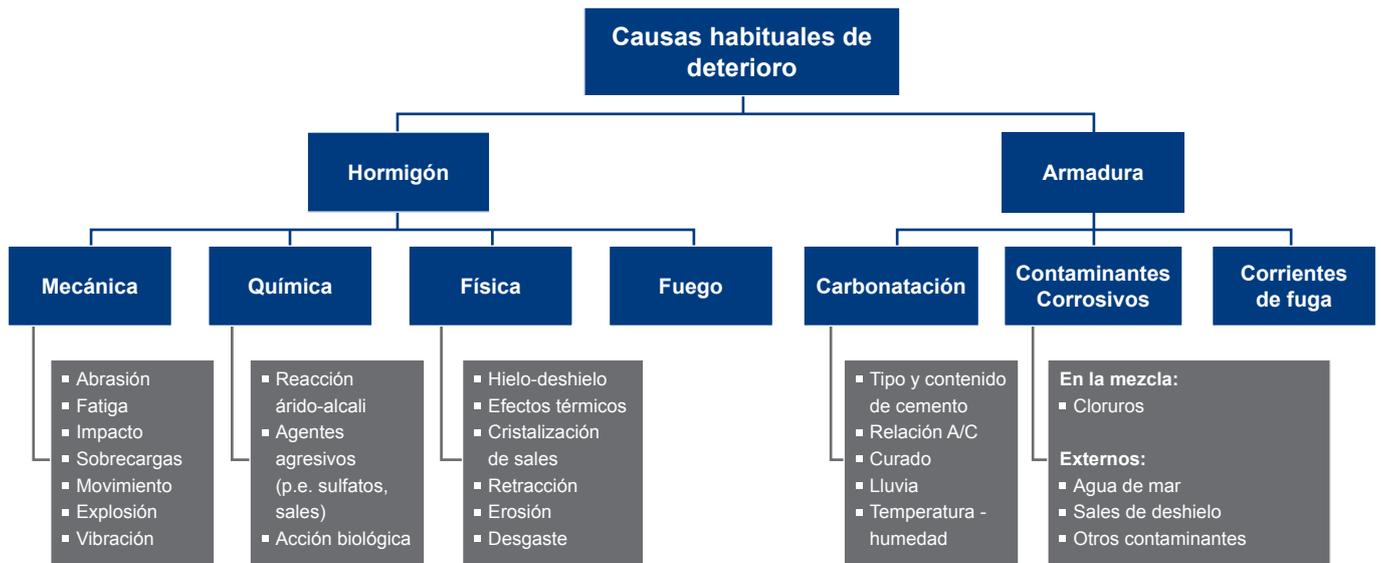


No obstante, cuando una estructura muestra los primeros signos de deterioro, las reparaciones del hormigón son absolutamente más sostenibles que su completa eliminación y sustitución <sup>(15,16,17)</sup>.

# Reparar los daños antes de que el estado estructural sea crítico

Una vez que han aparecido los primeros signos de daños (corrosión, desconchados, ...) la reparación del hormigón se hace necesaria para restaurar no sólo la geometría y el aspecto del elemento, sino también para preservar su función estructural y detener la progresión de los daños que llevarían a la estructura al fallo.

Deben identificarse y registrarse la naturaleza y las causas de los defectos, incluidas las combinaciones de causas. Las causas comunes de los defectos se describen en la norma EN 1504 parte 9 y se representan a continuación <sup>(25)</sup>.



Un análisis y un diagnóstico insuficientes de los mecanismos de deterioro del hormigón aumentan el riesgo de especificaciones incorrectas y de una mala elección de los productos y técnicas de reparación, lo que inevitablemente provocará la insatisfacción de los propietarios de los activos y una degradación acelerada del edificio o la estructura.

**Determinar las causas del daño es también un paso crítico para definir adecuadamente la necesidad y el tipo de protección que se aplicará finalmente a la superficie tras el procedimiento de reparación. Además de mantener el hormigón seco, esta capa de protección evitará o retrasará el impacto de las acciones agresivas sobre el hormigón, garantizando la durabilidad y reduciendo de nuevo el impacto medioambiental de la intervención de reparación.**

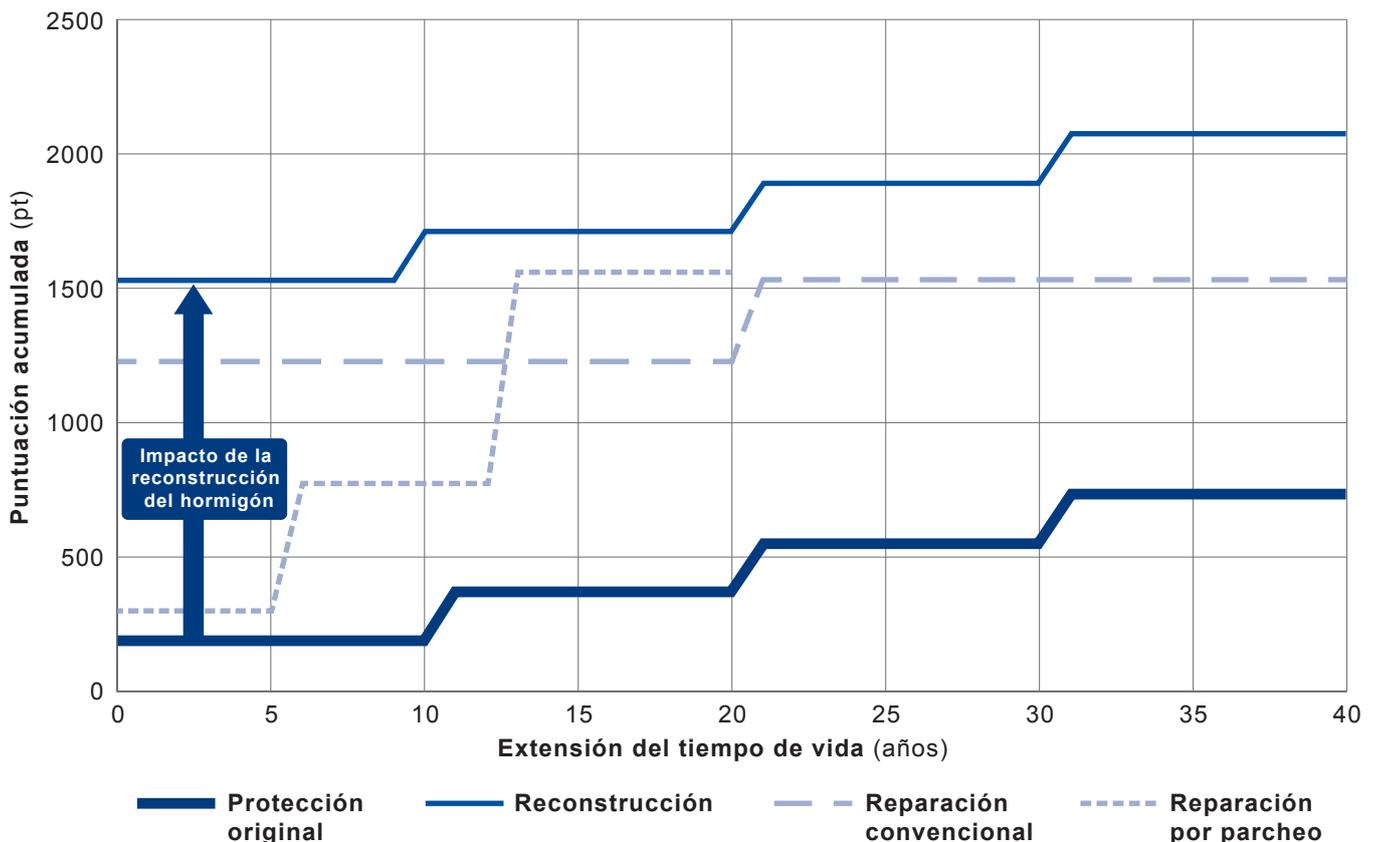
Las técnicas de reparación más habituales empiezan por retirar el hormigón deteriorado y limpiar las armaduras corroídas. Pero para minimizar el impacto económico y medioambiental de la intervención, merece la pena considerar algunas medidas clave:

- Conservar la mayor parte posible del hormigón existente, reduciendo los residuos generados y la necesidad de sustituirlo. Obviamente, esto debe hacerse garantizando al mismo tiempo la durabilidad de la intervención.
- Seleccionar materiales y técnicas de aplicación que minimicen el impacto medioambiental, social y económico (por ejemplo, con contenido reciclado, de origen local, con bajo contenido en compuesto orgánicos volátiles -COV-, fáciles de usar, etc).
- Garantizar que la intervención sea llevada a cabo por un contratista experimentado y competente.
- Aplicar un programa exhaustivo de control de calidad e inspección in situ.
- Incluir medidas como inhibidores de corrosión o membranas de protección superficial para reducir el riesgo de degradación futura del hormigón que seguirá expuesto a las mismas acciones que provocaron los daños anteriores.

## La prolongación prevista de la vida útil también influye en la elección de la técnica de intervención

Un estudio de las Análisis del Ciclo de Vida (ACV o LCA en inglés) y de los Análisis del Coste del Ciclo de Vida (ACCV o LCCA en inglés) de cinco técnicas de reparación utilizadas con frecuencia y aplicadas a edificios de viviendas en un entorno costero en Bélgica con balcones de hormigón armado dañados concluye que <sup>(24)</sup>:

- Para una prolongación de la vida útil de 5 años, una "reparación por parcheo", que incluye la retirada únicamente del hormigón dañado y su sustitución por un mortero de reparación de clase R4, es la opción más preferible, ya que se restablece la situación existente con una intervención mínima. No obstante, como la vida útil estimada de esta intervención es de entre 5 y 7 años, el uso del edificio se ve frecuentemente perturbado debido al número de intervenciones repetidas. Sin embargo, esto no puede calificarse ni cuantificarse en un ACV.
- Si se considera una prolongación de la vida útil de 20 o 40 años, una "reparación convencional", definida por el estudio como la sustitución completa del hormigón dañado y contaminado por cloruros y la aplicación de una nueva capa de impermeabilización sobre el balcón, tiene el menor impacto.
- La opción de demolición total de los balcones existentes y reconstrucción de los mismos, es la opción con mayor impacto en todos los casos.



En el último caso considerado, "Protección Original", se calcula la aplicación de un revestimiento protector y su renovación cada 10 años. Este revestimiento protector evita cualquier contaminación del elemento de hormigón y garantiza una vida útil de 40 años.

Obsérvese el fuerte impacto de la reconstrucción del hormigón en esta opción, mientras que la aplicación de la protección tiene un impacto mucho menor.

# Declaraciones ambientales de producto y evaluaciones del ciclo de vida de las estructuras de hormigón

## Declaraciones ambientales de producto (DAP o EPD)

Una Declaración ambiental de producto es un documento exhaustivo, verificado por terceros, que muestra el impacto ambiental de un producto o servicio a lo largo de su ciclo de vida de la cuna a la tumba.

El ciclo de vida completo de un producto abarca las cinco etapas del proceso de construcción descritas en la norma EN 15804 (19): fabricación e instalación (módulos A1-A5), uso (módulos B1-B7), demolición (módulos C1-C4), beneficios y cargas más allá del límite del sistema (módulo D).

Muchas EPD de productos utilizados para reparar y/o proteger estructuras de hormigón sólo examinan lo que ocurre antes de que un producto abandone la puerta de la fábrica, abarcando los módulos A1-A3 o la "etapa del producto". Lo que se conoce como de la cuna a la puerta.

Esta información es valiosa, pero sólo cubre parcialmente el impacto medioambiental del producto, ya que ignora lo que le ocurre al producto al final de su vida útil. La nueva versión de la norma EN 15804 (+A2) (20), en vigor desde julio de 2022, obliga a declarar el impacto debido a los módulos A1-A3, C1-C4 y D.

La dificultad de estimar la durabilidad de los productos y la variabilidad de la esperanza de vida y las necesidades de mantenimiento en diferentes condiciones de uso y exposición, probablemente explican por qué las etapas de "construcción" (A4-A5) y "uso y mantenimiento" (B) siguen sin ser obligatorias.

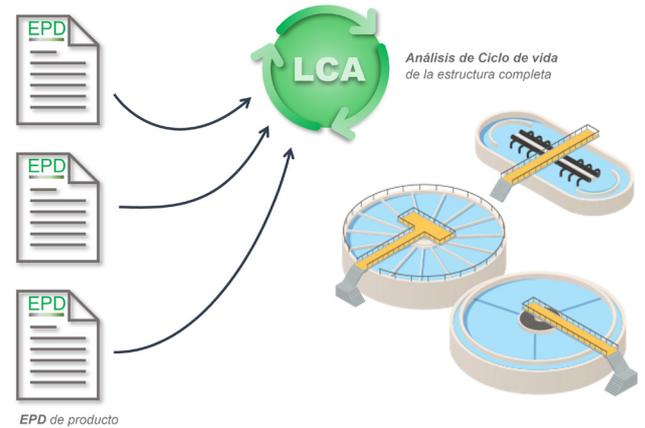


Las EPD son valiosas porque la divulgación de la huella ambiental a lo largo de la vida útil de cualquier producto utilizado en la construcción de un edificio o estructura puede ayudar a los diseñadores y especificadores a elegir opciones más sostenibles<sup>(27)</sup>, como materiales con una menor huella de carbono (por ejemplo, que contengan materias primas recicladas o de origen local) o que tengan una larga vida útil y deban sustituirse con menos frecuencia.

## Análisis del Ciclo de Vida (ACV o LCA)

Pero para cuantificar adecuadamente los impactos ambientales durante la vida útil de la construcción y el uso de un edificio con el fin de mejorar su diseño y su sostenibilidad, es necesario realizar un Análisis del Ciclo de Vida (LCA) que incluya todos los elementos y componentes estructurales <sup>(28)</sup>.

Un LCA es un análisis sistemático de los posibles impactos ambientales de los productos o servicios durante todo su ciclo de vida. Adopta una perspectiva de vida útil y tiene en cuenta todas las etapas, desde la materia prima hasta la eliminación final, pasando por la fabricación, la distribución y el uso .



## Cómo utilizar las EPD y los LCA teniendo en cuenta la durabilidad de las estructuras de hormigón

En un elemento de hormigón expuesto a diferentes acciones ambientales, la durabilidad de la estructura así como de los materiales que se utilizarán en su reparación, mantenimiento o protección tienen un gran impacto en su vida útil.

Sin embargo, las EPD de los productos de reparación y protección no contienen información sobre el impacto que el producto tendrá sobre la estructura a la que se aplica o, más concretamente, sobre su durabilidad. Se trata de una limitación que no debe pasarse por alto cuando la selección de los distintos productos de reparación y protección se basa en su impacto ambiental.

La reconocida especialista en hormigón Dra. M<sup>a</sup> Carmen Andrade, en una entrevista publicada en el blog Construction Systems de MBCC, afirma <sup>(22)</sup>:

“ La durabilidad es una parte esencial de la sostenibilidad. No siempre se reconoce porque a veces la presión es tener el producto con menos emisiones de CO<sub>2</sub> iniciales. Pero es muy importante tener en cuenta todo el ciclo de vida. ”

Un producto que inicialmente tiene menos huella de carbono o es más barato puede acabar siendo mucho más caro o menos respetuoso con el medio ambiente a largo plazo si hay que sustituirlo más veces durante la fase de uso del edificio o no ofrece suficiente extensión de la vida útil a la estructura de hormigón.

A modo de ejemplo, la siguiente tabla muestra una comparación entre dos membranas impermeabilizantes diferentes considerando únicamente el impacto del potencial de calentamiento global (GWP) en la fase de producción, es decir, de la cuna a la puerta o de A1 a A3 según EN 15804.

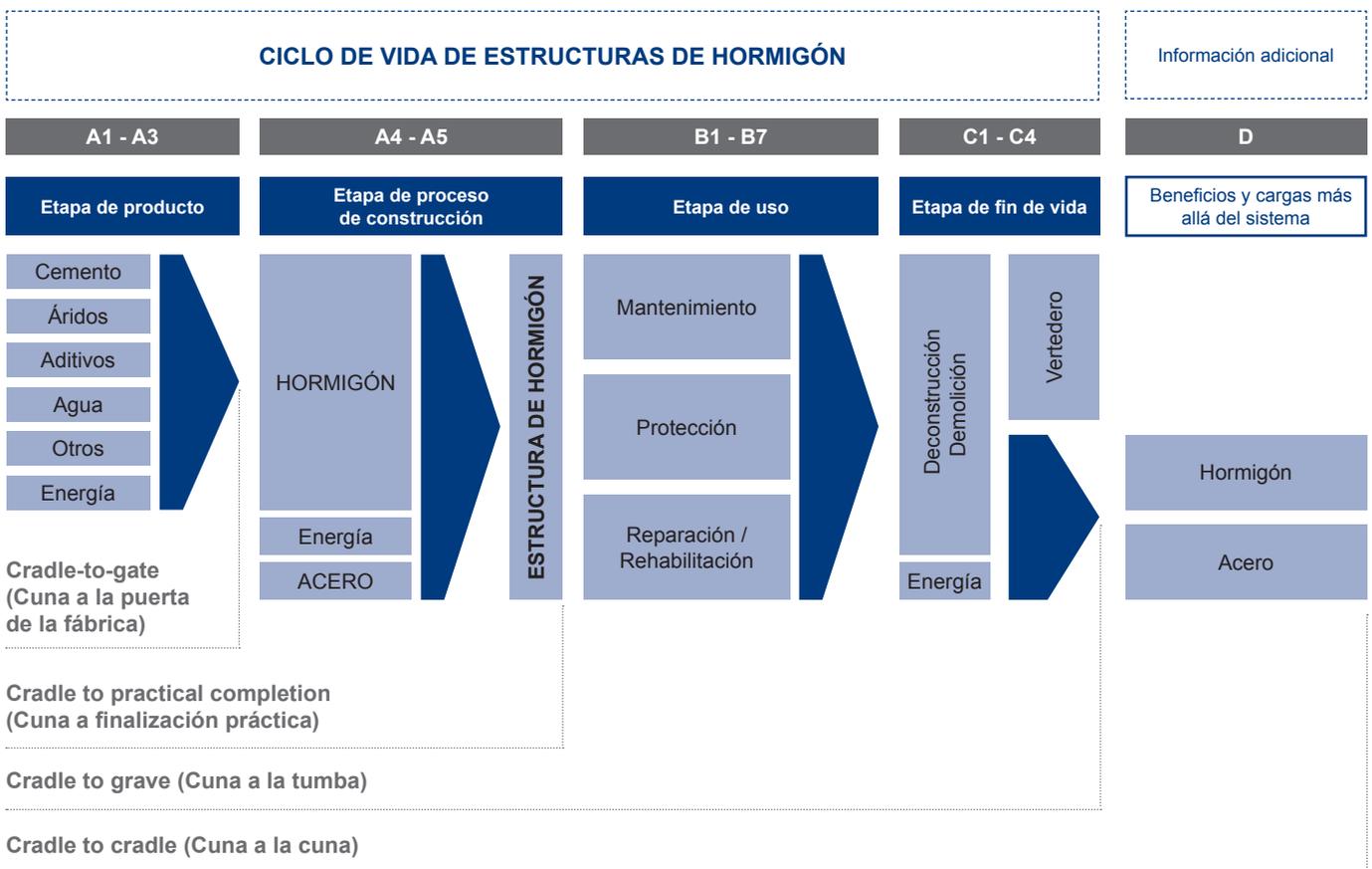
	Membrana cementosa 2C	Membrana polyurea 2C proyectada
GWP (kgCO <sub>2eq</sub> )/kg de producto	1.65	4.79
Consumo (kg/m <sup>2</sup> )	3.40	2.10
GWP (kgCO <sub>2eq</sub> )/m <sup>2</sup> de producto	5.61	10.1
Durabilidad (años)	5	10
Número de reaplicaciones en 20 años	4	2
GWP (kgCO <sub>2eq</sub> )/m <sup>2</sup> de producto durante su vida útil	22.4	20.1

Si sólo se considerara el GWP total por kg de producto, o el GWP por m<sup>2</sup> de solución aplicada, incluyendo los diferentes consumos de ambas soluciones, es obvio que en este caso no se elegiría la membrana de poliurea.

Pero cuando se añade la perspectiva a largo plazo y se considera la durabilidad de la solución, es decir, el número de reaplicaciones necesarias en un periodo de 20 años, los resultados pueden ser completamente diferentes si la estructura está expuesta a un entorno agresivo. Las membranas de poliurea ofrecen una mayor resistencia química y, por tanto, necesitan menos reaplicaciones durante el periodo de vida útil de la estructura.

Este es un ejemplo muy simplificado de cómo la durabilidad puede cambiar la percepción del impacto medioambiental de un sistema de impermeabilización y afectar a la decisión final en un sentido u otro.

Estas diferencias pueden aumentar significativamente si la degradación del hormigón o el fallo prematuro de las membranas de protección hacen necesarias obras de reparación durante la fase de uso (B) <sup>(30)</sup>.



Para evaluar el impacto de la construcción de hormigón y de todas las posibles operaciones de protección, reparación, demolición y reciclado, puede parecer que el Análisis del Ciclo de Vida (LCA) y el Análisis del Coste del Ciclo de Vida (LCCA) son las metodologías más adecuadas.

Sin embargo, la falta de datos precisos, de experiencia y, sobre todo, de conocimientos sobre el comportamiento a largo plazo (es decir, la tasa de degradación y los periodos de reaplicación) de los distintos productos, imposibilitan a menudo estos análisis <sup>(22)</sup>.

## Conclusiones

Según la definición de la Comisión Europea <sup>(31)</sup>,

“ una economía circular pretende mantener el valor de los productos, materiales y recursos durante el mayor tiempo posible devolviéndolos al ciclo del producto al final de su uso, minimizando al mismo tiempo la generación de residuos. Cuantos menos productos desechemos y menos materiales extraigamos, mejor para el medio ambiente. ”

Por lo tanto, el enfoque adecuado para reducir el impacto de la construcción en el medio ambiente debe incluir dos variables importantes en la ecuación:

- El principal impacto ambiental del hormigón se produce durante su fabricación, especialmente la producción del cemento, el acero de refuerzo, la extracción y el transporte de los áridos y, sin olvidar, la energía utilizada para transportar el hormigón hasta la obra.
- Los residuos de hormigón pueden reutilizarse, pero esta operación no es neutra desde el punto de vista medioambiental. Las emisiones a la atmósfera procedentes del reciclado del hormigón (incluido el transporte desde el lugar de deconstrucción hasta la planta de procesamiento y el transporte posterior hasta la fábrica de hormigón y/o la obra) pueden ser mucho menores que las de los áridos de origen primario, pero siguen sin ser neutras.

La conclusión obvia es que la prolongación de la vida útil de las estructuras existentes mediante una protección y reparación cuidadosas y un compromiso de mantenimiento a largo plazo es el planteamiento más responsable. Ello diluye el impacto medioambiental del uso masivo de hormigón, ya que minimiza la necesidad de reconstrucción, reduciendo la extracción de nuevos materiales y la cantidad de residuos generados.

Dado que el agua interviene en la mayoría de los procesos de degradación del hormigón, la mejora de su durabilidad siempre estará vinculada a la aplicación de medidas para protegerlo del agua y de los distintos agentes agresivos que puedan disolverse en ella.





Lo ideal sería aplicar estas medidas antes de que se inicie la degradación del hormigón, retrasando la necesidad de la primera reparación e intervención. Pero si se producen daños, el mantenimiento inmediato da lugar a intervenciones más breves y menos perturbadoras que resultan muy rentables a lo largo del ciclo de vida de una estructura, en comparación con una reparación exhaustiva cuando no hay más remedio o con el simple uso de la estructura hasta que se haya deteriorado por completo y su posterior demolición.

Para minimizar el impacto ambiental de las distintas opciones (técnicas, productos) que permiten prolongar la vida útil de una estructura, no basta con considerar únicamente la huella de carbono de cada solución. Es necesario evaluar también la adecuación de cada producto a las condiciones de exposición de la estructura para minimizar el número de intervenciones futuras.

Determinar las causas de los daños es, por tanto, un paso fundamental para definir correctamente la necesidad y el tipo de protección que se aplicará finalmente a una superficie tras un procedimiento de reparación. Además de mantener el hormigón seco, una capa de protección evita o retrasa el impacto de las acciones agresivas (químicas, mecánicas, medioambientales) sobre el hormigón, garantizando la durabilidad y reduciendo de nuevo el impacto medioambiental de la actividad de reparación.

Utilizar la información medioambiental sobre cada producto que se incluye en las EPD es útil, pero la experiencia y las evidencias adicionales sobre el impacto que tendrán los productos en la durabilidad de la estructura deben tenerse en cuenta en el ciclo de vida de la estructura. Esto complicará el proceso de evaluación, pero sin ello los resultados de las comparaciones medioambientales podrían carecer de sentido, y podrían llevar a tomar decisiones equivocadas.



## Referencias

- (1) UN Environment and International Energy Agency (2017): "Towards a zero-emission, efficient, and resilient buildings and construction sector. Global Status Report 2017."
- (2) MPA The Concrete Centre. "Concrete Industry Sustainability Performance Report". 12th report: 2018 performance data. [www.sustainableconcrete.org.uk](http://www.sustainableconcrete.org.uk).
- (3) Concrete Industry Sustainability Performance Report 12th report: 2018 performance data. Available at : <https://www.sustainableconcrete.org.uk/Sustainable-Concrete/Performance-Indicators/CO2-Emissions-Production.aspx>
- (4) McKinsey&Company. "Laying the foundation for zero-carbon cement". May 14th, 2020. Available at: <https://www.mckinsey.com/industries/chemicals/our-insights/laying-the-foundation-for-zero-carbon-cement>
- (5) Johanna Lehne and Felix Preston. "Making Concrete Change. Innovation in Low-carbon Cement and Concrete", Chatham House Report. 2018.
- (6) CEMBUREAU. "CEMBUREAU. "Cementing the European Green Deal. Reaching Climate Neutrality Along the Cement and Concrete Value Chain by 2050". Available at: <https://lowcarboneyconomy.cembureau.eu/2018>.
- (7) European Commission. "Construction and demolition waste". Available at: [https://ec.europa.eu/environment/topics/waste-and-recycling/construction-and-demolition-waste\\_en](https://ec.europa.eu/environment/topics/waste-and-recycling/construction-and-demolition-waste_en)
- (8) European Commission. "Service Contract on Management of Construction and Demolition Waste"; SR1, Final Report; European Commission: Paris, France, 2011.
- (9) Eurostat: "Waste generation by economic activities 2020". Available at: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Waste\\_statistics](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Waste_statistics)
- (10) CEMBUREAU. "Construction & Demolition Waste". Available at: <https://cembureau.eu/policy-focus/sustainable-construction/construction-demolition-waste/>
- (11) Beatriz Estévez, Antonio Aguado, Alejandro Josa. Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), School of Civil Engineering (ETSECCPB), "Environmental impact of concrete recycling, coming from construction and demolition waste (C&DW)."
- (12) Faleschini, Flora & Zanini, Mariano & Pellegrino, Carlo. (2016). "Environmental impacts of recycled aggregate concrete". Italian Concrete Days - Giornate aicap 2016 Congresso CTE.
- (13) European Cement Research Academy. "Closing the loop: What type of concrete re-use is the most sustainable option" Technical Report A 2015/1860. 27 November 2015.
- (14) Årskog, Vemund & Fossdal, Sverre. (2004). "Life-cycle assessment of repair and maintenance systems for concrete structures". International Workshop on Sustainable Development and Concrete Technology
- (15) Ferreira, J.; Duarte Pinheiro, M.; de Brito, J. "Economic and environmental savings of structural buildings refurbishment with demolition and reconstruction—A Portuguese benchmarking". *J. Build. Eng.* 2015, 3, 114–126.
- (16) 13. Gaspar, P.L.; Santos, A.L. "Embodied energy on refurbishment vs. demolition: A southern Europe case study". *Energy Build.* 2015, 87, 386–394.
- (17) Polder, R.B. (TU Delft Materials and Environment; TNO), Pan, Yifan (National University of Singapore), Courage, Wim (TNO), Peelen, Willy HA (TNO)- "Preliminary study of life cycle cost of preventive measures and repair options for corrosion in concrete infrastructure".
- (18) E. Casas Bolivar, Master Builders Solutions, EBE/C\_WSP; A. Grosse-Sommer, ZZS/SE BASF SE and D. Müller, TÜV Rheinland. "Eco-Efficiency Analysis Cementitious Waterproofing with MasterSeal 6100 FX". 2015
- (19) EN 1504-9:2008. "Products and systems for the protection and repair of concrete structures - Definitions, requirements, quality control and evaluation of conformity - Part 9: General principles for the use of products and systems"
- (20) ICRI Committee 160. "Sustainability for repairing and Maintaining Concrete and Masonry Buildings".
- (21) W.R. de Sitter. "Cost for service life optimization: The law of fives". Durability of concrete Structures. Workshop report. Copenhagen 1984.
- (22) C. Andrade, D.Izquierdo. "Benchmarking through and algorithm of repair methods of reinforcement corrosion. The repair index method". *Cement and concrete composites* 27 (2005) 727-733.
- (23) Navarro, I.; Yepes, J.; Martí, J.; Gonzalez-Vidosa, F. "Life cycle impact assessment of corrosion preventive designs applied to prestressed concrete bridge decks". *Journal of Cleaner Production* 196 (2018) 698-713. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.06.110>
- (24) Lydia Wittcox, Matthias Buyle, Amaryllis Audenaert, Oskar Seuntjens, Neel Renne, Bart Craeye, "Revamping corrosion damaged reinforced concrete balconies: Life cycle assessment and life cycle cost of life-extending repair methods", *Journal of Building Engineering*, Volume 52, 2022, Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jobee.2022.104436>.
- (25) EN 15804+A1:2014. "Sustainability of construction works - Environmental product declarations - Core rules for the product category of construction products"
- (26) EN 15804+A2:2019. "Sustainability of construction works – Environmental product declarations – Core rules for the product category of construction products"
- (27) One Click LCA Ltd. "How to make an Environmental product declaration and how it helps your business. A Guide for Construction Product Manufacturers". 2020. Ebook available at [www.oneclicklca.com](http://www.oneclicklca.com)
- (28) One Click LCA Ltd. "The role of Environmental Product Declarations in Whole Building Life Cycle Assessment". Available at: <https://www.oneclicklca.com/epds-for-building-lca/>
- (29) Master Builders Solutions. Construction Systems blog. "How to take care of aging concrete structures – what do the experts say? Part 1 - Professor Dr M<sup>a</sup> Carmen Andrade, (Spain)" Available at: <https://blog.master-builders-solutions.com/en/how-to-take-care-of-aging-concrete-structures-what-do-the-experts-say-0>
- (30) SPHERE BIM Digital Twin Platform. Available at <https://sphere-project.eu>
- (31) European Commission. "Circular economy—Overview". Available at: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/circular-economy> (accessed on 16.12.21).
- (32) Euroconstruct. "94th Euroconstruct Summary report. Winter 2022". November 2022.
- (33) EU Directive 2008/98/EC of the European Parliament and the Council of 19 November 2008 on Waste and Repealing Certain. Available online: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0098&from=EN>



## Sobre el autor



### Albert Berenguel

Marketing Manager Impermeabilización y Reparación y Protección del Hormigón.

Albert Berenguel lleva más de 30 años en el sector de los productos químicos para la construcción, con una carrera que le ha llevado de técnico de laboratorio a director técnico, y finalmente a la responsabilidad de marketing en Europa.

Especializado en impermeabilización y reparación y protección del hormigón, Albert cuenta con un sinfín de historias y experiencias que le ayudan a explicar por qué “La impermeabilización es más que una barrera”

Es autor de varias publicaciones incluyendo “Concrete is NOT waterproof” y “Concrete is NOT Acid resistant”.



[www.techmo.es](http://www.techmo.es)

#### Barcelona:

Avenida Arrahona, 58. Polígono Industrial Can Salvatella. 08210 Barbera del Vallés. Tlf.: 930 002 900 - [barcelona@tecnicashm.com](mailto:barcelona@tecnicashm.com)

#### Málaga:

Pasaje Villarosa, nave 32 - 34. Polígono Industrial Villarosa. 29004 Málaga. Tlf.: 951 708 095 - [malaga@tecnicashm.com](mailto:malaga@tecnicashm.com)

#### Gran Canaria:

c/ Las Mimosas, Fase 1, Nave 35A-35B. Pol. Ind. de Arinaga. 35118 Agüimes - Gran Canaria. Tlf.: 928 189 355/56 - [central@tecnicashm.com](mailto:central@tecnicashm.com)

#### Tenerife:

c/ Benjamín Franklin, Nave 9. Pol. Ind. El Chorrillo. 38109 Santa Cruz de Tenerife - Tenerife. Tlf.: 922 537 672 - [tenerife@tecnicashm.com](mailto:tenerife@tecnicashm.com)

## Descargo de responsabilidad

Los datos contenidos en esta publicación se basan en nuestros conocimientos y experiencia actuales. No constituyen la calidad contractual acordada del producto y, habida cuenta de los numerosos factores que pueden afectar al proceso y la aplicación de nuestros productos, no eximen a los aplicadores de realizar sus propias investigaciones y pruebas. La calidad contractual acordada del producto en el momento de la transferencia del riesgo se basa únicamente en los datos de la ficha técnica. Las descripciones, dibujos, fotografías, datos, proporciones, pesos, etc. que figuran en esta publicación pueden cambiar sin información previa. Es responsabilidad del destinatario de nuestro producto asegurarse de que se respetan los derechos de propiedad y la legislación vigente.