

Estrategias Sostenibles de Rehabilitación en Construcción

Ana Carmona Rodríguez¹, Clara Fiúza² y Mark Schneider²

¹Responsable de Sostenibilidad de Producto Sika EU-Sur

² Sika Corporate Product Sustainability, Sika Services AG

La Rehabilitación es un proceso importante por el cual la vida de una construcción puede ser prolongada, siendo la mayoría de las veces una solución más sostenible que la demolición y la reconstrucción. La elección de la estrategia de rehabilitación adecuada puede mejorar significativamente el rendimiento global del medio ambiente en la construcción.

El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) proporciona un método para cuantificar y evaluar los posibles impactos ambientales a lo largo del ciclo de vida del producto.

En este informe, Sika analiza distintas soluciones de rehabilitación, que fueron evaluadas respecto a su comportamiento ambiental durante todo el ciclo de vida, con el fin de proporcionar una nueva perspectiva argumentativa, además del ahorro de costes y tiempo durante su vida útil.

Se evalúan por tanto, distintos casos para los siguientes campos de aplicación en el ámbito de la Rehabilitación:

- Protección del Hormigón
- Reparación de Torres de Refrigeración

El Análisis de Ciclo de Vida, enfoque y categorías de impacto

Uno de los principales negocios actualmente en el sector de la construcción, es la fabricación y comercialización de productos y sistemas para soluciones de rehabilitación.

El objetivo es estudiar las diferentes estrategias de Rehabilitación desde la perspectiva del ciclo de vida, con el fin de evaluar si una propuesta de economía rentable también ofrece beneficios desde el punto de vista de la sostenibilidad.

En la actualidad, se pueden identificar una serie de tendencias que cambiarán la evolución y las necesidades de nuestros mercados. Dichas mega-tendencias son:

- La energía y eficiencia de los recursos
- El cambio climático
- La escasez de agua
- El aumento de la necesidad de una infraestructura eficiente

El Análisis de Ciclo de Vida (ACV), proporciona un método para cuantificar y evaluar los posibles impactos ambientales a lo largo del ciclo de vida del producto (Figura 1), desde la compra de materias primas, la producción, el uso, el tratamiento al final de su vida, el reciclaje y su eliminación. Es lo que se denomina comúnmente “de la cuna a la tumba” (ISO 14040: 2006). El Análisis de Ciclo de Vida es la herramienta utilizada en este estudio, para la evaluación de productos y actividades en el marco de estas Mega-tendencias, mediante un análisis cuantitativo de sus perfiles ambientales



Figura 1: Esquema del ciclo de vida completo de los productos de construcción.

El ACV de los sistemas de Rehabilitación y de los productos se realizó de acuerdo con las normas ISO 14040 y EN 15804 (CEN TC 350, 2012) y fue realizado por el Sika Corporate Product Sustainability Group¹

En el ámbito de la Rehabilitación, las tres categorías de impacto siguientes², han sido consideradas en este estudio como las más relevantes, dentro del contexto de las mega-tendencias:

- 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 CO₂-eq.]: Contribución potencial al cambio climático, debido a la emisión de gases de efecto invernadero.
- POCP/Potencial de Creación de Ozono Fotoquímico [kg ethylene-eq.]: Contribución potencial a la calima de verano

Estudio de distintas estrategias en la Rehabilitación desde la perspectiva del ACV

Este estudio está enfocado en el análisis de la mejor tecnología disponible en el mercado (sistemas especiales), en comparación con los productos tradicionales de menor calidad.

¹ Para realizar el ACV, ha sido necesario la recopilación de datos y procedimientos de cálculo para cuantificar las entradas y salidas del sistema de productos. Los sistemas fueron modelados en el software ACV GaBi 5.0, basado en datos recogidos y en base de datos comerciales de ELCD (European Reference Life Cycle Database), International PE y Ecoinvent.

² Calculados con el método CML 2001

Los productos elegidos son analizados en el contexto de casos de estudio para dos de los principales campos de aplicación dentro de la Rehabilitación con un enfoque de “la cuna a la tumba”:

- Protección de Hormigón
- Reparación de Torres de Refrigeración.

Caso de estudio: protección de hormigón

Para el caso de estudio “Protección de Hormigón”, se ha considerado como unida funcional la protección de una superficie de hormigón nuevo de 1 m², como parte de una estrategia de rehabilitación³.

Se han definido dos escenarios; sistema tradicional (escenario 1) y sistema especial (escenario 2), tal y como se describe en la tabla 1.

El escenario 1 consiste en la reparación de la superficie con un mortero de nivelación, seguido de la aplicación de un recubrimiento de protección base solvente, mientras que el escenario 2 contempla únicamente la aplicación de dos recubrimientos de protección base agua (una impregnación hidrofóbica y una pintura de protección).

El escenario 2 tiene el mismo nivel de durabilidad que el escenario 1. No obstante, la utilización de la impregnación hidrofoba elimina la necesidad de la reparación superficial y permite un ahorro de material de más del 85%, además de un significativo ahorro de tiempo⁴. Así, el escenario 2 es la solución más eficiente en cuanto a ahorro de material y tiempo, que permite reducir además la emisión de COV.

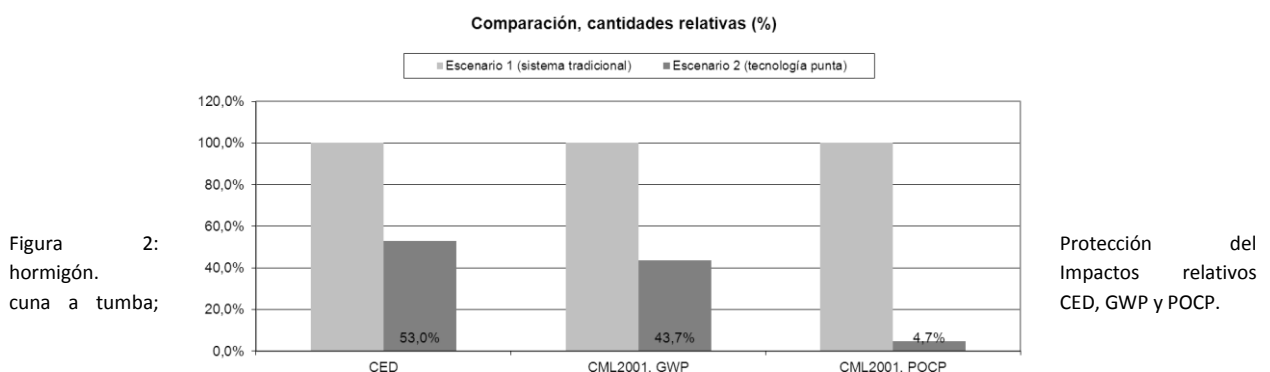
Escenario	Tiempo (años)	Fase de Construcción	Etapas de Rehabilitación	Acción	Procesos / Productos	Cantidad de Producto	Superficie considerada
Escenario 1 (Sistema Tradicional)	Año 0	Nueva Construcción	Tratamiento Superficie	PTS*	Tratamiento AAP	-	1 m ²
				AP**	Mortero nivelador y sellador de poros R3 (EN 1504-3) (ph)	4 kg	
			Recubrimiento de Protección	AP**	Recubrimiento acrílico base solvente (als)	0.4 kg	
Escenario 2 (Sistema Especial)	Año 0	Nueva Construcción	Impregnación Hidrofoba	PTS*	Tratamiento ABP	-	1 m ²
				AP**	Impregnación hidrofoba de Silano base agua (als)	0.15 kg	
			Recubrimiento de Protección	AP**	Recubrimiento acrílico base agua anticarbonatación (EN 1504-2,-9) (als)	0.45 kg	

Tabla 1: Escenarios definidos para el caso de estudio “Protección de Hormigón”

*PTS: Pre-tratamiento de superficie (AAP = agua a alta presión, ABP = agua a baja presión)

**AP: Aplicación de Producto (ph = proyección húmeda, als = pulverización airless)

La figura 2 muestra el resumen del impacto relativo de los dos escenarios para las categorías de impacto CED, GWP y POCP, de la cuna a la tumba. El escenario 2 tiene un impacto significativamente más bajo en las tres categorías, siendo al menos un 50% mejor que el escenario 1.



³ Dado que los dos escenarios de rehabilitación tienen el mismo comportamiento en el tiempo, no se ha considerado la vida útil.

⁴ Mientras que la reparación superficial con un mortero cementoso, requiere de cinco días de tiempo de curado antes de aplicar la siguiente capa, la impregnación hidrofóbica necesita solo de un día de secado

Figura 2: Protección del hormigón. Impactos relativos cuna a tumba; CED, GWP y POCP.

Por ejemplo, para la categoría CED los resultados obtenidos indican que aproximadamente el 95% de los impactos se originan en la etapa del producto, es decir; materias primas (principalmente), transporte y fabricación de los productos utilizados. Mientras que la etapa de proceso de construcción (transporte para utilización en obra, el pretratamiento de la superficie y la aplicación del producto) y la etapa final de su vida (el vertido de los productos aplicados después del final de la vida de la construcción) juegan un papel menor.

Sin embargo, la etapa del proceso de construcción puede ser relevante en términos de POCP debido a las emisiones de COV de los productos que contienen disolventes, que ocurren durante la aplicación del producto. Así, la aplicación del producto en el escenario 1 genera 30 veces más impactos POCP debido a la capa de protección base solvente utilizada, mientras que en el escenario 2 sólo se utilizan recubrimientos de protección base agua.

Desde el punto de vista de la eficiencia de los recursos, en el escenario 2 se alcanza más del 85% de ahorro de materiales con respecto al escenario 1, al eliminar la utilización de 4 kg/m² de mortero de nivelación y su sustitución por una capa de impregnación a base de polímeros hidrófobos (0,15 kg/m²), que permite también un ahorro de tiempo considerable. En realidad, los recubrimientos poliméricos tienen mayores impactos ambientales por unidad de peso que los morteros tradicionales, pero al utilizarse en cantidades mucho menores, el balance final de cuna a tumba es mejor para el escenario 2. Así pues, la eliminación de la etapa de nivelación mejora el rendimiento medioambiental global.

Así mismo, en el escenario 2, también se sustituye la capa de protección base solvente por una capa de protección base agua, lo cual es beneficioso en términos de POCP.

Los logros de la utilización de los sistemas especiales o mejor tecnología disponible (de durabilidad comparativa), para la protección de hormigón para 1 m² pueden resumirse como sigue:

- Ahorro de tiempo (5 veces menos tiempo de curado)
- Ahorro de material (más del 85%)
- Ahorro de energía (equivalente a 0,6 litros de aceite)
- Ahorro de emisiones de CO₂ (equivalente a transportar 15 toneladas por camión por 1,9 km)
- Ahorro de emisión COV (equivalente a 0,5 kg de pintura base solvente)

Caso de estudio; tratamiento de torres de refrigeración.

Para este caso se consideró una torre de refrigeración de 20.000 m² durante un periodo de 60 años. Se definen 3 escenarios: **sistema tradicional (escenario 1) y 2 escenarios basados en el uso de sistemas especiales (escenarios 2 y 3)**

En el escenario 1, se utilizan productos de menor calidad con mayor proporción de disolvente, y por tanto se requiere rehabilitaciones completas cada 10 años, a partir de los 20 años de construcción (4 veces en total). En los escenarios 2 y 3 se utilizan productos de mayor calidad, lo que permite reducir la frecuencia de reparación y la cantidad de material.

La rehabilitación completa propuesta en el escenario 2 (20 años tras la construcción), incluye además de recubrimientos de protección, una reparación superficial, que garantiza prolongar la vida útil más de 20 años, tras los cuales, tan solo se requiere la renovación de los recubrimientos de protección para proporcionar 20 años más de vida útil.

El escenario 3, propone una alternativa mediante la cual el tiempo de rehabilitación puede ser reducido significativamente, si se realiza un revestimiento superficial y de protección directamente después de la construcción inicial.

De esta manera, los escenarios 2 y 3, permiten un ahorro de más del 60 y 80% de materiales, respectivamente

Escenario	Tiempo (años)	Fase de Construcción	Etapas de Rehabilitación	Acción	Procesos / Productos	Cantidad de Producto	Superficie considerada	
Escenario 1 (Sistema Tradicional)	Año 0	Nueva construcción	-	Ninguna	-	-	20'000 m ²	
	Después de 20 años cada 10 años (4 veces)	Rehabilitación	Reparación	PTS*	Saneado del hormigón	-	2'000 m ²	
				AP**	Mortero de reparación (ph)	200'000 kg		
				PTS*	Chorro de arena	-	100 m ²	
				AP**	Mortero de imprimación y refuerzo + protección anticorrosión (2x ph)	2'500 kg		
				PTS*	Tratamiento AAP	-		
			Protección interior cápsula	PTS*	Tratamiento ABP	-	20'000 m ²	
				AP**	Imprimación genérica (als)	6'000 kg	20'000 m ²	
				AP**	Capa intermedia genérica *** (2xals)	18'000 kg	20'000 m ²	
				AP**	Capa de acabado genérica *** (2xals)	4'500 kg	5'000 m ²	
				Protección exterior cápsula	AP**	Capa de acabado genérica *** (2xals)	12'000 kg	20'000 m ²
Total cantidad de producto (60 años)						972'000 kg		
Escenario 2 (sistemas especiales)	Año 0	Nueva construcción	-	Ninguna	-	-	20000 m ²	
	Después de 20 años (solo una vez)	Rehabilitación	Reparación	PTS*	Saneado del hormigón	-	2'000 m ²	
				AP**	Mortero de reparación modificado con polímeros (ph)	200'000 kg		
				PTS*	Chorro de arena	-	100 m ²	
				AP**	Imprimación epoxi-cemento de refuerzo con inhibidor de corrosión (2xph)	2'500 kg		
			PTS*	Tratamiento AAP	-			
			Tratamiento superficial	AP**	Micromortero epoxi cemento de nivelación (ph)	100'000 kg	20'000 m ²	
				Protección interior cápsula	AP**	Imprimación epoxi (als)	4'000 kg	20'000 m ²
					AP**	Recubrimiento epoxi (2x als)	16'000 kg	
			AP**		Recubrimiento de poliuretano (2x als)	4'000 kg	5'000 m ²	
			Protección exterior cápsula	PTS*	Tratamiento ABP	-	20'000 m ²	
	AP**	Impregnación hidrófoba de Silano base agua (als)		3'000 kg				
	AP**	Recubrimiento acrílico base agua anticarbonatación (als)		9'000 kg				
	Después de 40 años (solo una vez)	Renovación	Renovación interior cápsula	PTS*	Tratamiento ABP	-	20000 m ²	
				AP**	Recubrimiento epoxi (2x als)	6'000 kg	15'000 m ²	
				AP**	Recubrimiento de poliuretano (2x als)	2'000 kg	5'000 m ²	
			Renovación exterior cápsula	PTS*	Tratamiento ABP	-	20'000 m ²	
				AP**	Recubrimiento acrílico base agua anticarbonatación (als)	4'500 kg		
	Total cantidad de producto (60 años)						351'000 kg	
Escenario 3 (sistemas especiales)	Año 0 (solo una vez)	Nueva construcción	Tratamiento superficial	PTS*	Tratamiento AAP	-	20'000 m ²	
				AP**	Micromortero epoxi cemento de nivelación (ph)	100'000 kg		
			Protección interior cápsula	AP**	Imprimación epoxi (als)	4'000 kg	20'000 m ²	
				AP**	Recubrimiento epoxi (2x als)	16'000 kg		
				AP**	Recubrimiento de poliuretano (2xals)	4'000 kg	5'000 m ²	
			Protección exterior cápsula	PTS*	Tratamiento ABP	-	20'000 m ²	
	AP**	Impregnación hidrófoba de Silano base agua (als)		3'000 kg				
	AP**	Recubrimiento acrílico base agua anticarbonatación (als)		9'000 kg				
	Después de 20 años (dos veces)	Renovación	Renovación interior cápsula	PTS*	Tratamiento ABP	-	20000 m ²	
				AP**	Recubrimiento epoxi (2x als)	6'000 kg	15'000 m ²	
				AP**	Recubrimiento de poliuretano (2xals)	2'000 kg	5'000 m ²	
Renovación exterior cápsula			PTS*	Tratamiento ABP	-	20'000 m ²		
Total cantidad de producto (60 años)						161'000 kg		

Tabla 2: escenarios definidos para el caso de estudio de las torres de refrigeración; vida útil 60 años.

*PTS: Pre-tratamiento de superficie (AAP = agua a alta presión, ABP = agua a baja presión)

**AP: Aplicación de Producto (ph = proyección húmeda, als = pulverización airless)

*** Se asume como recubrimientos genéricos, productos de baja calidad con alto contenido en COV's.

La figura 3 muestra el resumen de los impactos relativos de los tres escenarios para las categorías de impacto CED, GWP y POCP, de cuna a tumba. Los escenarios 2 y 3 tienen efectos significativamente más bajos en las 3 categorías, siendo al menos un 60% menor que el escenario 1.

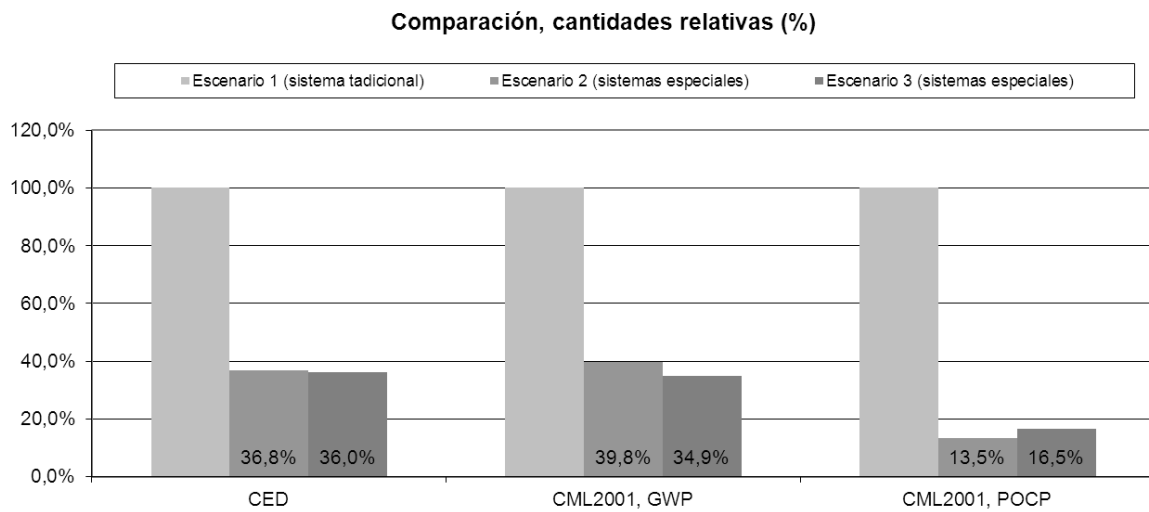


Figura 3: Rehabilitación de torre de refrigeración. Impacto cuna a tumba de CED, POCP y GWP.

Así, se demuestra como la sustitución de la tecnología tradicional basada en productos de menor calidad por la mejor tecnología disponible, puede mejorar notablemente el comportamiento medioambiental del sistema de rehabilitación, principalmente debido a la mayor eficiencia de los recursos. El escenario 2 reemplaza una rehabilitación completa por un mantenimiento menos intensivo (sin reparación) y el escenario 3, incluso permite eliminar la necesidad de reparar a lo largo de toda la vida útil. Por lo tanto, los sistemas utilizados en los escenarios 2 y 3 reducen la frecuencia de la rehabilitación y la intensidad, además de obtener importantes ahorros de tiempo y coste, mediante la reducción de materiales y del número de paradas de planta.

En este sentido, las estrategias de renovación utilizando sistemas especiales basados en tecnologías avanzadas, compensan su mayor coste después de 20-30 años y demuestran ser superiores al sistema tradicional, consiguiendo beneficios medioambientales que llegan a ser más relevantes con el tiempo.

En resumen, las mejoras conseguidas con el uso de nuevas tecnologías en la rehabilitación de torres de refrigeración respecto al uso de sistemas tradicionales, para una vida útil de 60 años pueden resumirse como sigue:

- Mayor rendimiento → menor frecuencia e intensidad de la rehabilitación → gran reducción de impacto medioambiental, materiales, tiempo y costes
- Ahorro de energía (equivalente a 274.000 litros de aceite)
- Ahorro de emisiones de CO₂ (equivalente a transportar 15 toneladas por camión por 730.000 km)
- Ahorro de emisión COV (equivalente a 193.000 kg de pintura base solvente⁴)



Referencia de los productos evaluados

Los productos en los cuales se basa este estudio (sistemas especiales), corresponden a soluciones innovadoras de Sika. La tablas 3 y 4, muestran los productos elegidos y los casos de estudio para los cuales han sido evaluados.

Sistema / Escenario	Producto	Tecnología del producto
Sistema escenario 1	MonoTop-723 N	Mortero de nivelación PCC – cumple con EN 1504-3 as R3
	Sikagard-680 S	Recubrimiento acrílico base solvente – cumple con EN 1504-2
Sistema escenario 2	Sikagard-675 W	Recubrimiento acrílico base agua anticarbonatación – cumple con la norme EN 1504-2
	Sikagard-740 W	Impregnación hidrófoba de Silano base agua cumple con la norme EN 1504-2

Tabla 3: Productos elegidos para el caso de estudio protección de hormigón.

Sistema / Escenario	Producto	Tecnología del producto
Sistema escenario 1	Mortero de reparación (CC)	Mortero de reparación estructural – R4 según la norma EN 1504-3
	Lechada de 1 componente	Mortero de imprimación y refuerzo + protección anticorrosión (1 componente) cumple con EN 1504.7
	Imprimación epoxi de alto contenido de COV	Recubrimientos Epoxi, Poliuretano y Acrilato de menor calidad
	Recubrimiento epoxi de alto contenido en COV	
	Recubrimiento de Poliuretano con alto contenido en COV	
	Recubrimiento acrílico con alto contenido de COV	
Sistemas escenarios 2 y 3	Sika MonoTop-412® NFG (PCC)	Mortero de reparación estructural – R4 según la norma EN 1504-3
	SikaTop® Armatec® 110 EpoCem® – 3-componente epoxi cemento	Imprimación epoxi-cemento de refuerzo con inhibidor de corrosión – cumple con EN 1504-7
	Sikagard® 720 EpoCem® 3 componente epoxi-cemento	Micromortero epoxi de nivelación – cumple con EN 1504-3 como R4 y con EN 1504-2
	Sika® Icosit® 2406 primer	Imprimación Epoxi – cumple con EN 1404-2
	Sika® Icosit® 2406	Recubrimiento de protección Epoxi cumple con EN 1504-2
	Sikagard®-363	Recubrimiento de protección Poliuretano cumple con EN 1504-2
	Sikagard®-675 W	Recubrimiento acrílico base agua anticarbonatación – cumple con la norme EN 1504-2
	Sikagard®-740 W	Impregnación hidrófoba de Silano base agua cumple con la norme EN 1504-2

Tabla 4: Productos elegidos para el caso de estudio torres de refrigeración.

REFERENCIAS

CEN/TC 350, *Sustainability of construction works - Environmental product declarations - core rules for the product category of construction products*, EN 15804:2012, 20112.

International Organisation for Standardisation (ISO). *Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines*, ISO 14044:2006; ISO: Geneva, 2006.

Informe de Proyecto interno “Project Report Life Cycle Assessment for Target Market Refurbishment” Sika- Corporate Product Sustainability / Sika Services AG, Abril 2013