



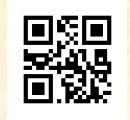
## SOSTENIBILIDAD DEL HORMIGÓN



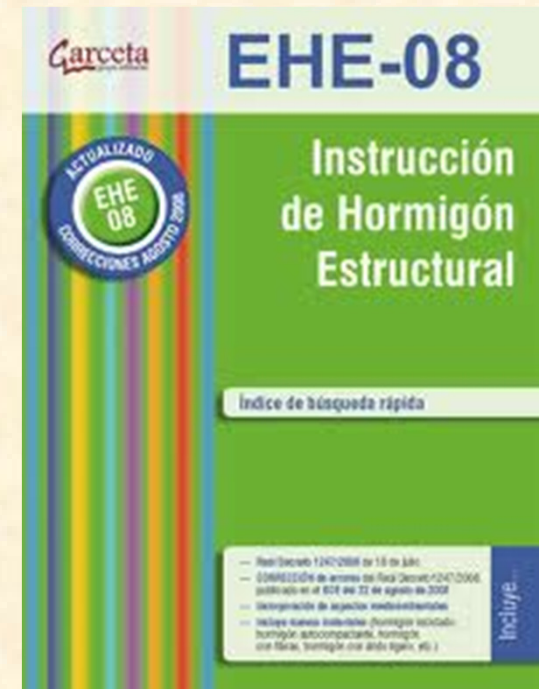
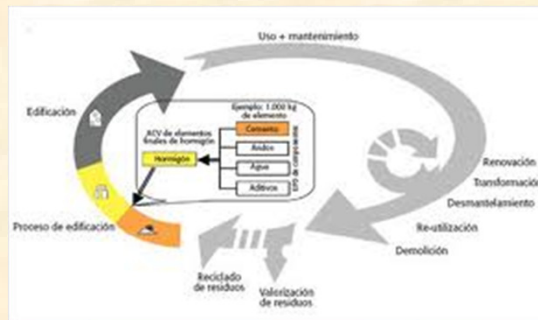
Simón Martínez Ruiz  
[simon@abioingenieria.com](mailto:simon@abioingenieria.com)



la matassina



- Sostenibilidad del Hormigón en la EHE
  - *Anejo 13 EHE '08*
- Anejo ICES (índice de contribución de las estructuras a la sostenibilidad)
- Índice de sensibilidad medioambiental ISMA
- Huella del carbono del hormigón
- ACV del hormigón
- Aplicaciones sostenibles del hormigón



## Características del anejo ICES

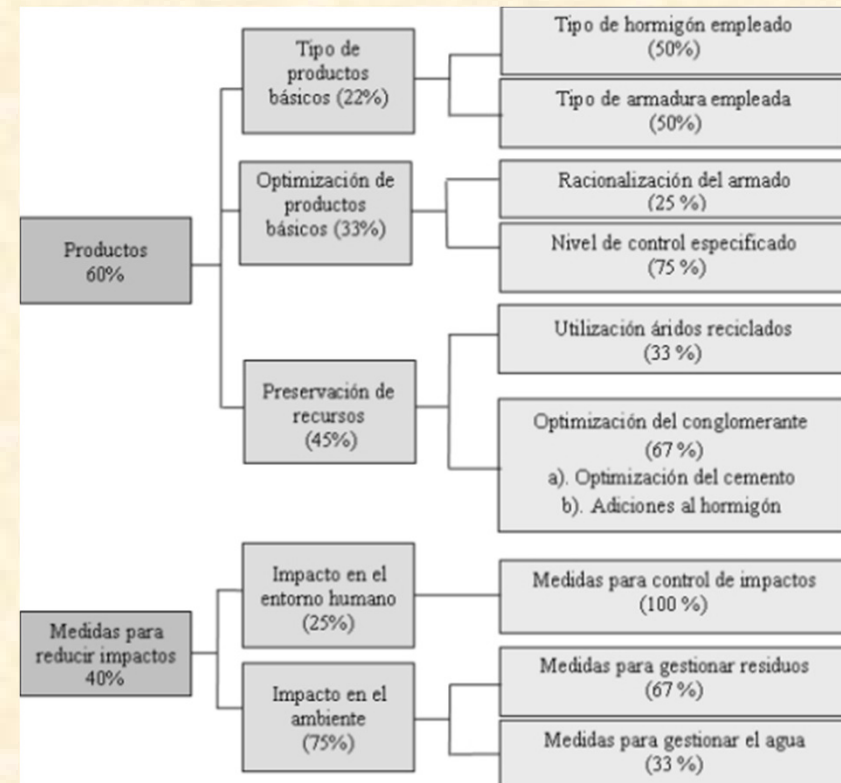
- Análisis de valor como herramienta de valoración
- Definición precisa de los límites del sistema
- Árbol de decisiones
- Definición de un índice en proyecto y comprobar el correspondiente a la recepción de la obra según exigencia de la propiedad
- Índice de Sensibilidad Medioambiental (ISMA) y/o Índice de Contribución de las Estructuras a la Sostenibilidad (ICES)
- Programa de apoyo

$$ICES_{\text{propiedad}} \leq ICES_{\text{proyecto}} \leq ICES_{\text{ejecución}}$$

$$ISMA = \sum \alpha \cdot \beta \cdot \gamma \cdot V, \quad \text{para 11 valores}$$

$$ICES = a + b \cdot ISMA$$

Además debe cumplirse:  
 $ICES \leq 1$  ;  $ICES \leq 2 \cdot ISMA$



## **Criterios medioambientales y funciones representativas**

*Criterio medioambiental de caracterización del hormigón*

*Criterio medioambiental de caracterización de las armaduras*

*Criterio medioambiental de optimización del armado*

*Criterio medioambiental de optimización del acero para armaduras*

*Criterio medioambiental de sistemática del control de ejecución*

*Criterio medioambiental de reciclado de áridos*

*Criterio medioambiental de optimización del cemento*

*Criterio medioambiental de optimización del hormigón*

*Criterio medioambiental de control de los impactos*

*Criterio medioambiental de gestión de los residuos*

*Criterio medioambiental de gestión del agua*

$$ICES = a + b * ISMA \leq k * ISMA \leq 1$$

$a$ : Coeficiente de contribución social, obtenido como suma de los coeficientes indicados en la Tabla A.13.5, según los subcriterios que sean aplicables

$b$ : Coeficiente de contribución por extensión de la vida útil, obtenido de acuerdo con la siguiente expresión

A partir del ICES, puede clasificarse la contribución de la estructura a la sostenibilidad, de acuerdo con los siguientes niveles:

- Nivel A:  $0,81 \leq ICES \leq 1,00$
- Nivel B:  $0,61 \leq ICES \leq 0,80$
- Nivel C:  $0,41 \leq ICES \leq 0,60$
- Nivel D:  $0,21 \leq ICES \leq 0,40$
- Nivel E:  $0,00 \leq ICES \leq 0,20$

siendo A (1,00) el extremo máximo de la escala (máxima contribución a la sostenibilidad)

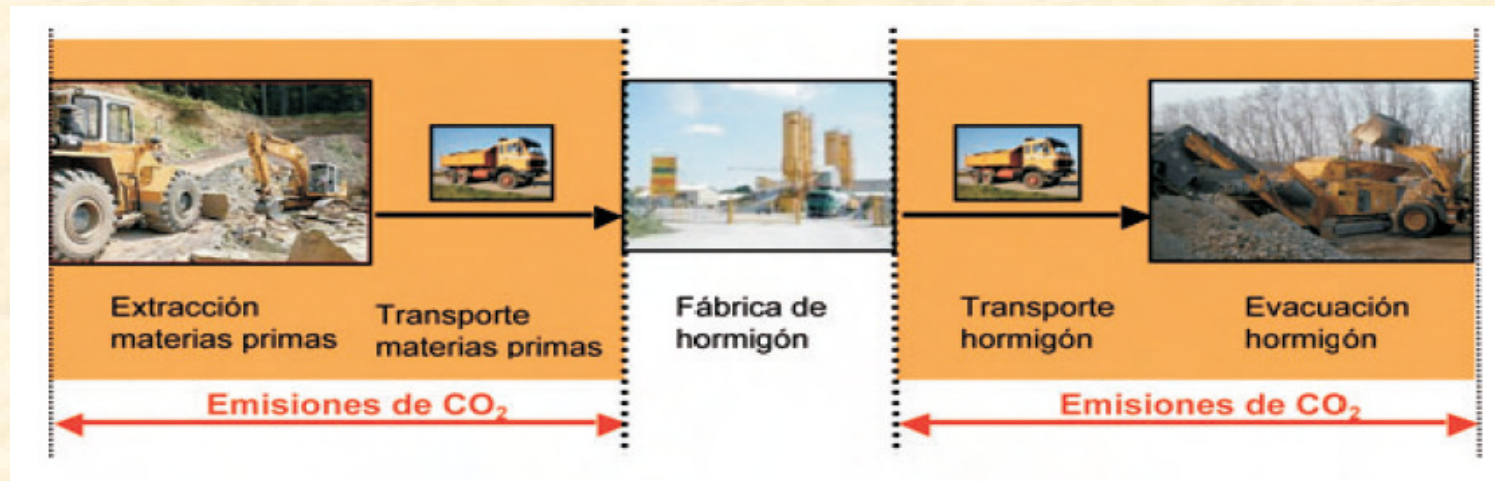
***La estimación de indicadores de sostenibilidad (ICES) o, en su caso, medioambientales (ISMA) contemplados en el EHE, tienen como finalidad el establecimiento de un parámetro cuantitativo de valoración de la sostenibilidad de la estructura en relación con estos aspectos, que además permite la comparación entre distintas soluciones estructurales para una misma obra. En general, una estructura tiene mayor valor a efectos de sostenibilidad cuando compatibiliza las exigencias definidas en el artículo 5º de la EHE***

## Huella de carbono y análisis de ciclo de vida (ACV)

La durabilidad de las estructuras de hormigón, principalmente su larga vida útil, juega un papel crucial en los tres aspectos de la construcción sostenible.

Desde el punto de vista medioambiental se analiza la huella de carbono mediante el Análisis del Ciclo de Vida (ACV).

El ciclo de vida del hormigón empieza con la extracción de materiales para la fabricación del cemento, componente clave de la mezcla



Los datos sobre la cantidad de emisiones de CO<sub>2</sub> por volumen de hormigón varían de unas fuentes a otras. El rango se encuentra entre 1 y 1,25 toneladas de CO<sub>2</sub> por tonelada de cemento. El hormigón absorbe CO<sub>2</sub> para formar calcita (carbonato de calcio, CaCO<sub>3</sub>), durante su vida útil en la edificación, y más tiempo incluso si el hormigón se recicla para aprovecharlo en una nueva aplicación.

Perfil medioambiental por Kg. de hormigón

ELEMENTO		
ENERGÍA	Fuel fósil y electricidad	1,16 a 1,36 MJ
MATERIA PRIMA	Caliza	170 g
	Otros productos minerales	850 g
	Agua	80 g
EMISIONES	Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	128 a 166 g
	Óxido de nitrógeno (NO <sub>x</sub> )	0,58 a 0,70g
	Óxido de sulfúrico (SO <sub>2</sub> )	0,14g
	Metano (CH <sub>4</sub> )	0,13g
	Componentes orgánicos volátiles (COV <sub>tot</sub> )	0,18g
	Polvo	0,023g
	Metales pesados (Cr,As,Cd,Hg,Tl,Pb)	21 a 26µg

La **huella del carbono** es la cantidad total de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y de otras emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) (metano, óxido nítrico, gases fluorados) asociados a los productos en toda su cadena de suministro incluyendo su vida útil, el fin de la misma, la recuperación y eliminación

Indicador	Unidad
Energía primaria	MJ
Consumo de agua	kg
Recursos naturales	$10^{-9}$ (Consumo comparado con las reservas mundiales)
Residuos	t eq.
Residuos radioactivos	dm <sup>3</sup>
PCG <sub>100</sub> (gases de efecto invernadero)	kg CO <sub>2</sub>
Acidificación	kg SO <sub>2</sub>
Eutrofización	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>
Ecotoxicidad	m <sup>3</sup> eq. agua contaminada
Toxicidad para la población	kg eq. de peso contaminado
O <sub>3</sub> Contaminación	kg eq. C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>
Olor	m <sup>3</sup> eq. aire contaminado debido al amoníaco





Figura 1: Impacto en varios indicadores ambientales, excluyendo el tráfico, durante la vida útil (30 años) de una carretera. Comparación de un pavimento de hormigón en masa con juntas, uno con hormigón armado continuo y otro bituminoso.

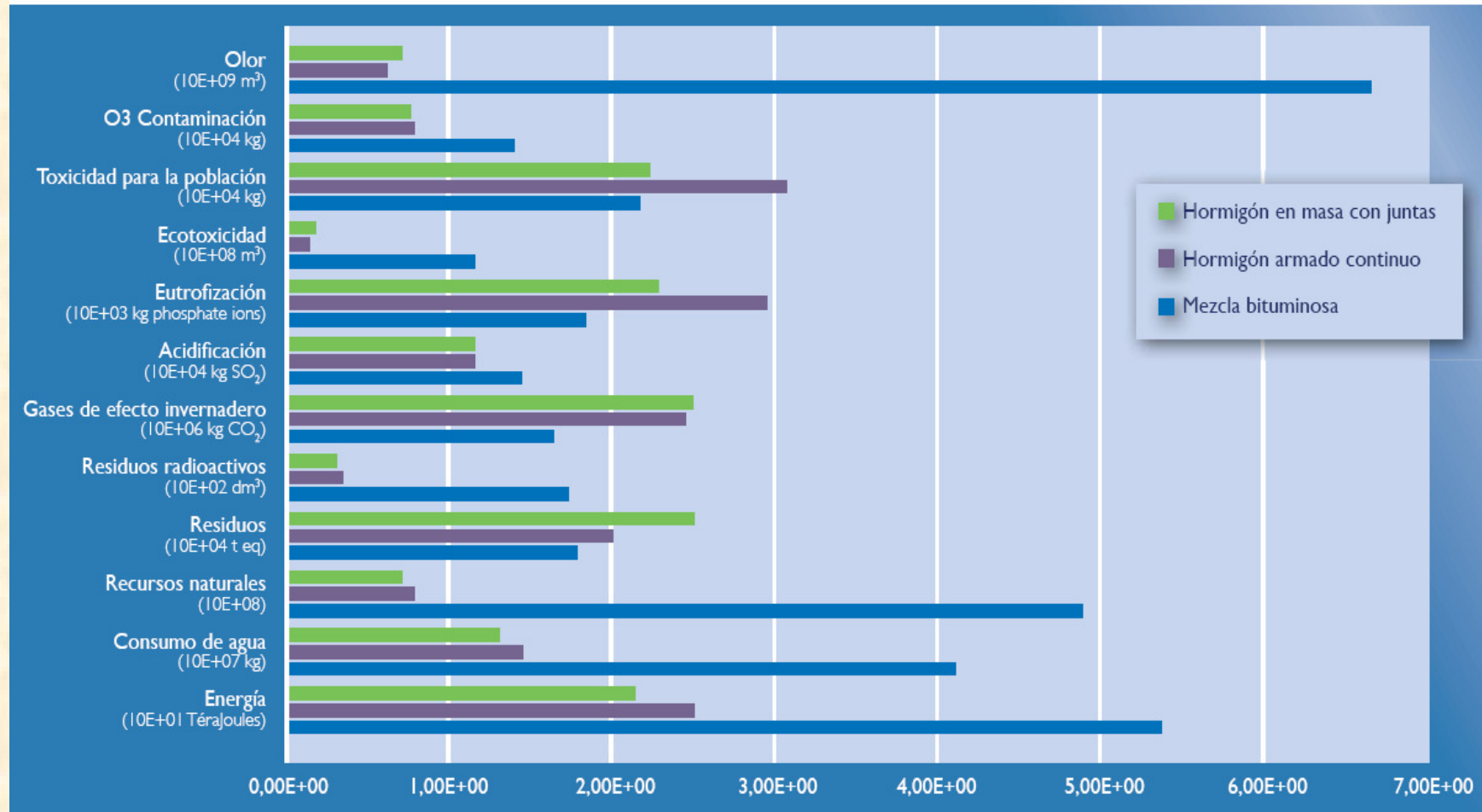
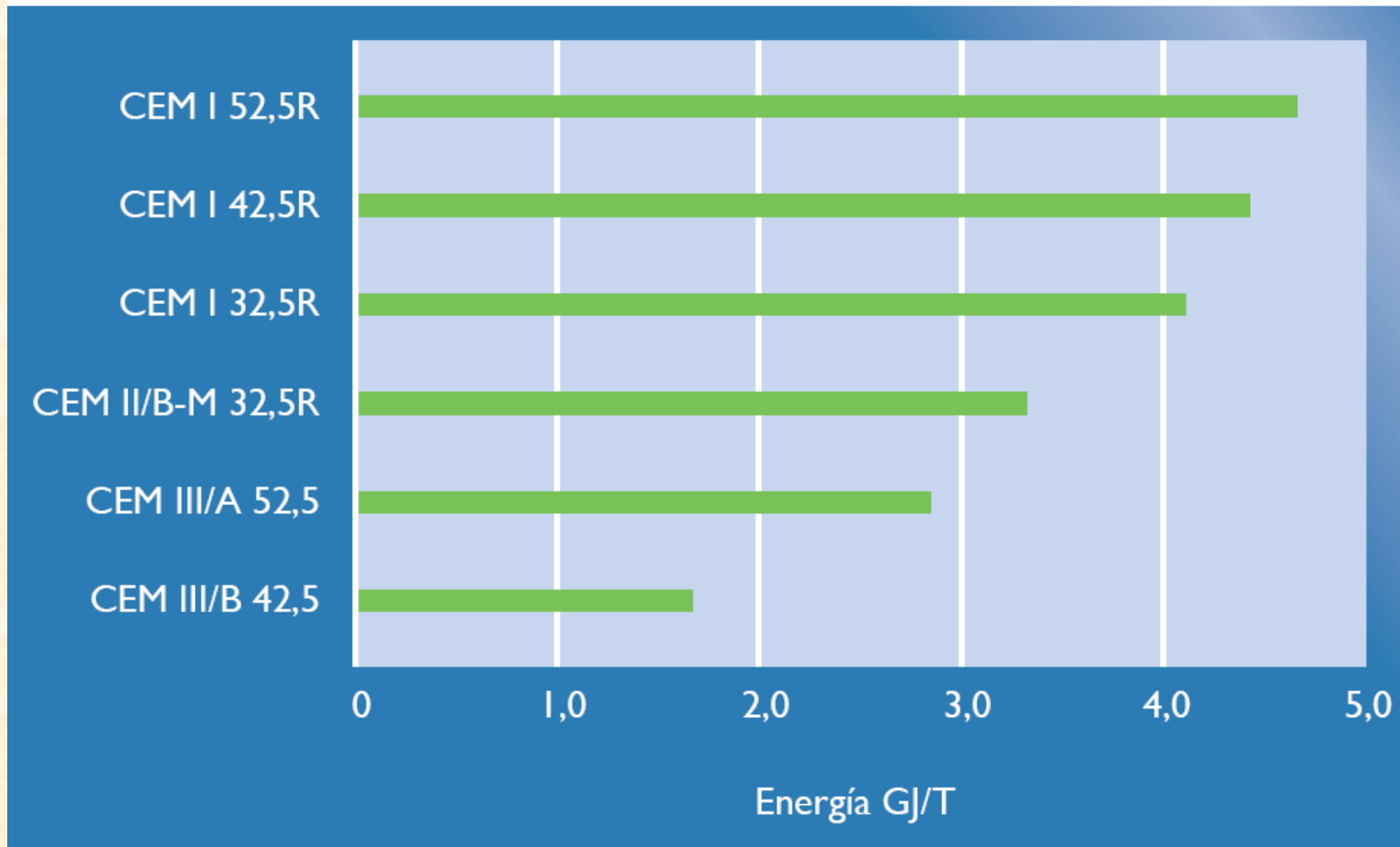
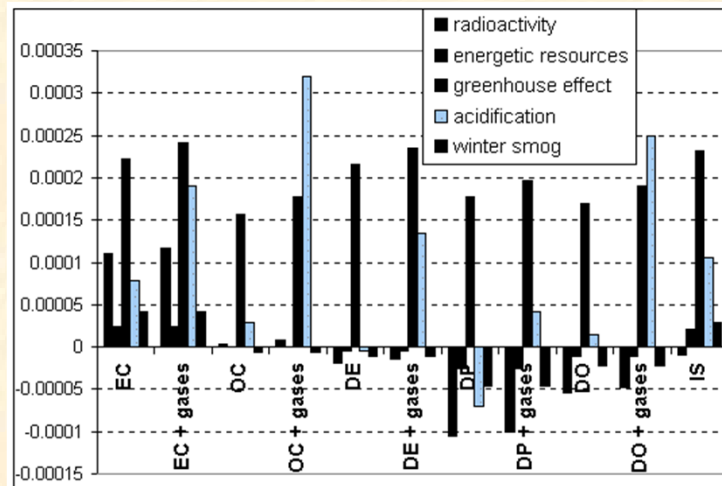
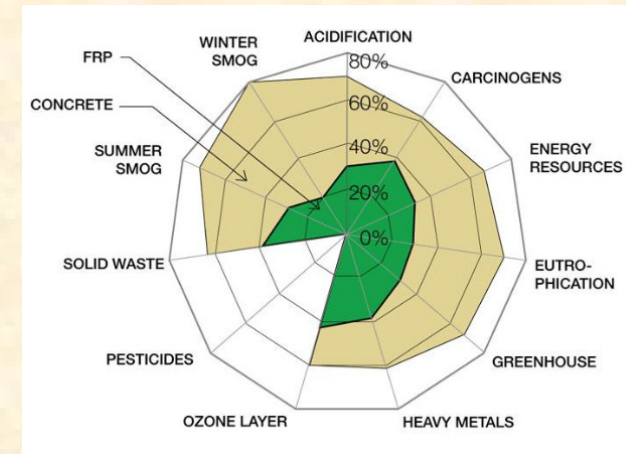
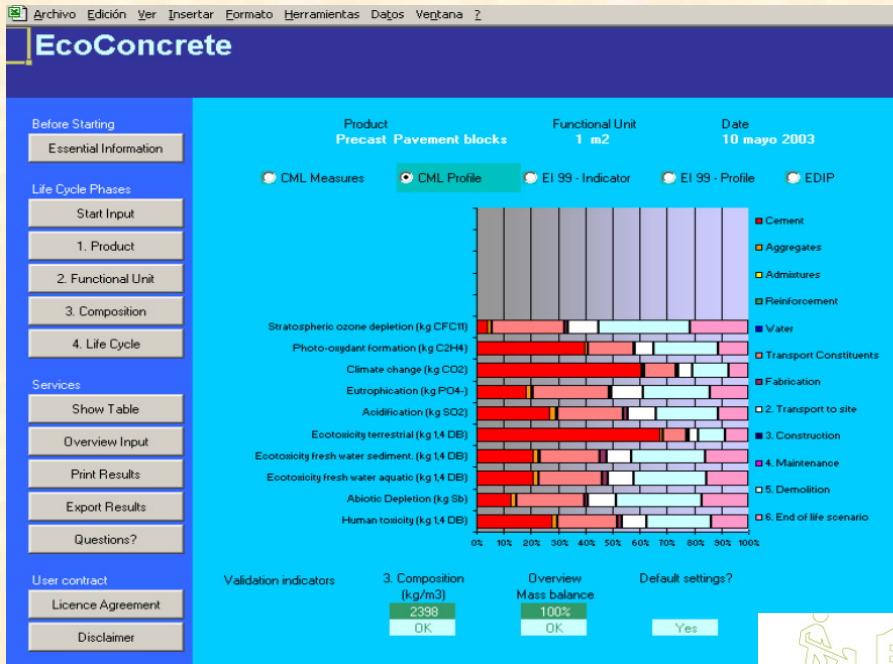


Figura 2: Impacto de un pavimento de hormigón en masa con juntas durante el ciclo de vida (incluido el tráfico) según varios indicadores medioambientales.



Figura 3: Energía necesaria para producir varios tipos de cemento de diferentes resistencias.





product ecology consultants

PRé

Home For You Solutions Contact Inspiration Hub Support Corner About us

## About SimaPro

The world's leading LCA software chosen by industry, research institutes, and consultants in more than 80 countries.

A professional all-in-one tool

SimaPro allows you to model products and systems from a [life cycle perspective](#). Users build complex models in a systematic and transparent way using SimaPro's unique features such as parameters and Monte Carlo analysis. SimaPro comes fully integrated with the well known ecoinvent database and is used for a variety of applications, like:

- Carbon footprint calculation
- Product design and eco-design
- Environmental Product Declarations (EPD)
- Environmental impact of products or services
- Environmental reporting (GRI)
- Determining of key performance indicators

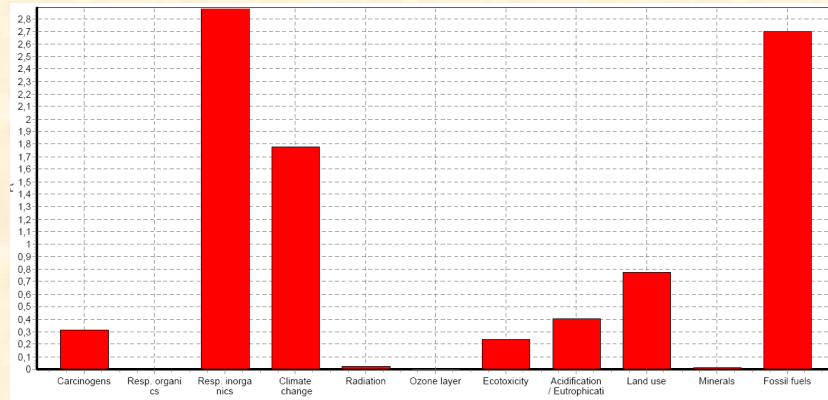
[Webdemo](#)  
[Features](#)  
[Versions](#)  
[SimaPro databases](#)  
[SimaPro installation](#)  
[Order](#)  
[Service Contract](#)  
[SimaPro training](#)  
[LCA discussion list](#)  
[FAQ](#)

Download SimaPro Demo

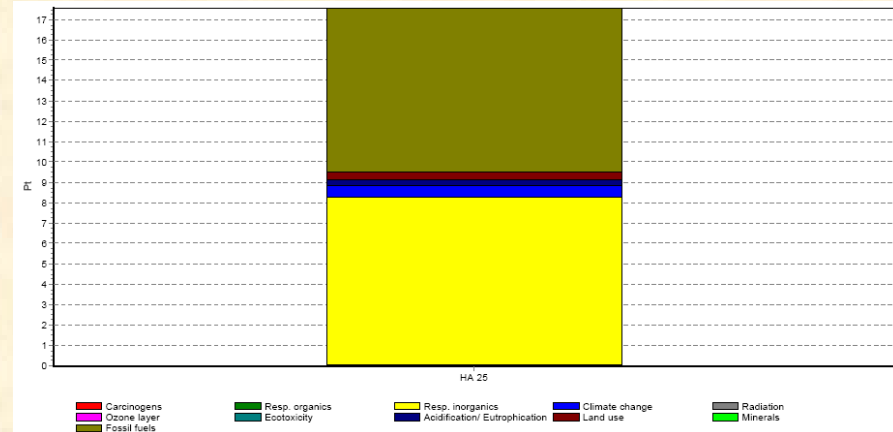
[Global customers](#)
[State-of-the-art features](#)
[Efficient teamwork](#)
[Comprehensive data](#)

Título: ?  
 Método: Eco-indicador 99 (H) V2.03 / Europe EI 99 H/H  
 Valor: Puntuación única  
 Por categoría de impacto: Sí  
 Omitir no usados: Nunca  
 Modo relativo: No

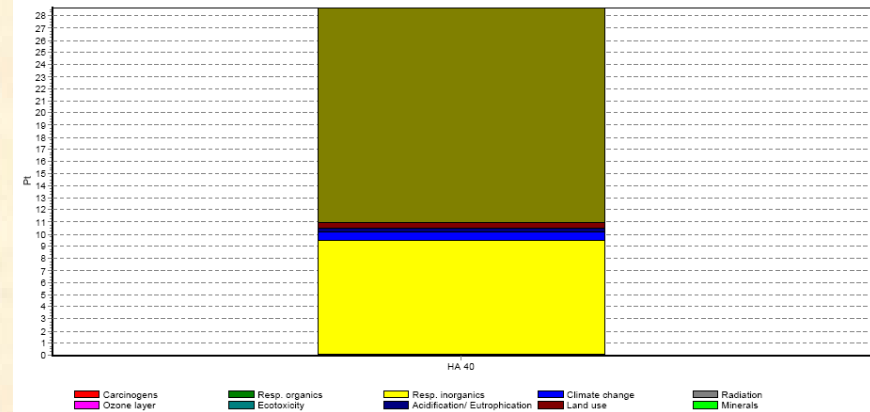
Categoría de impacto	Unidad	HA 40
Total	Pt	34
Carcinogens	Pt	0,0857
Resp. organics	Pt	0,00309
Resp. inorganics	Pt	15,9
Climate change	Pt	1,09
Radiation	Pt	0,000972
Ozone layer	Pt	0,000581
Ecotoxicity	Pt	0,125
Acidification/ Eutrophication	Pt	0,449
Land use	Pt	0,653
Minerals	Pt	0,0118
Fossil fuels	Pt	15,7



Comparando 2,4 ton material 'Concrete not reinforced ETH S'. Método: Eco-indicador 99 (H) V2.03 / Europe EI 99 H/A / ponderación



? Método: Eco-indicador 99 (H) V2.03 / Europe EI 99 H/H / puntuación única



? Método: Eco-indicador 99 (H) V2.03 / Europe EI 99 H/H / puntuación única

## Consideraciones medioambientales del hormigón como material

- Reducción del consumo de combustible de los vehículos pesados frente al empleo de otros materiales en pavimentos y superficies de tránsito
- Posibilidad de uso de cementos que consumen menos energía
- Reducción de CO<sub>2</sub> mediante la recuperación de residuos industriales
- Secuestro de CO<sub>2</sub> por parte del hormigón
- Ausencia de lixiviados
- Reciclado
- Mejor reflectancia de la luz y reducción del efecto de las islas de calor en entornos urbanos
- Vida útil, mantenimiento y costes asociados al análisis de ciclo de vida
- Comportamiento frente a situaciones climáticas y meteorológicas adversas
- Costes de iluminación
- Estabilidad del precio
- Menores demoras como resultado de un menor mantenimiento
- Las mejoras en la capa de rodadura aumentan la vida útil de la carretera
- Comodidad en la conducción
- Seguridad
- Ruido
- Seguridad frente al fuego en túneles
- Técnicas de tratamiento de suelos, reciclado in situ de pavimentos e inmovilización de suelos contaminados
- Pavimentos permeables
- Pavimentos de hormigón que purifican el aire

Tabla 4: Valores de albedo de varios materiales.

	ALBEDO
Nieve en polvo	81 a 88%
Nieve prensada	65 a 81%
Hielo	30 a 50%
Roca	20 a 25%
Bosques	5 a 15%
Suelo expuesto	35%
Hormigón	15 a 25%
Asfalto	5 a 10%

Figura 4: Emisiones de CO<sub>2</sub> en la producción de cementos con adiciones.

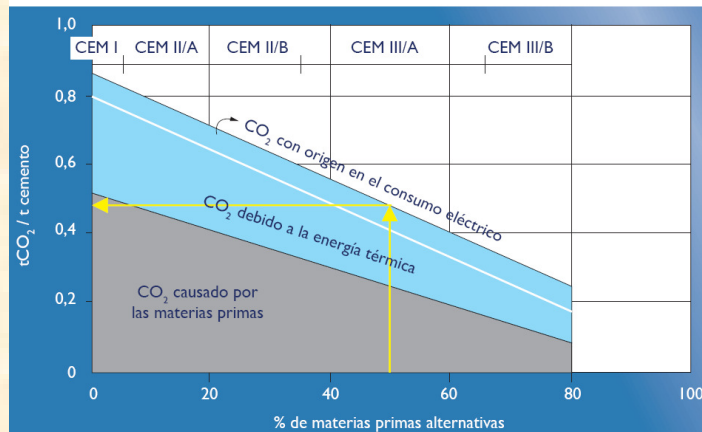
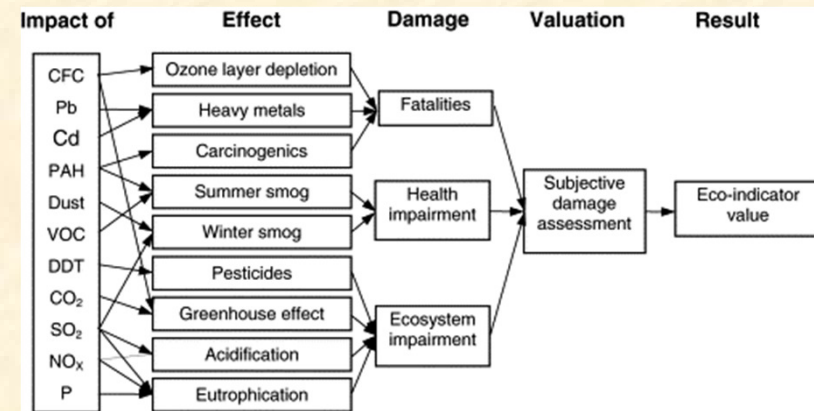
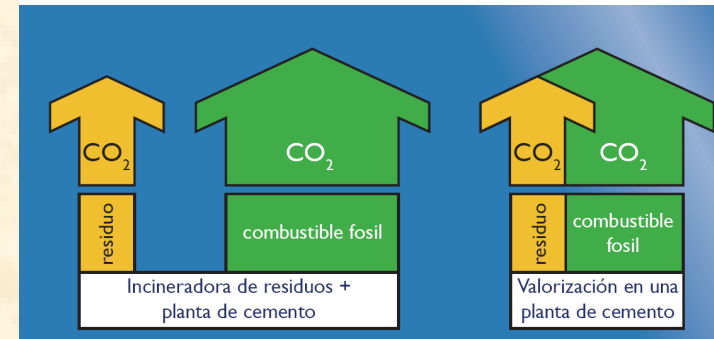


Figura 5: Reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> mediante la valorización energética de residuos en un horno de cemento.



## **Pavimentos permeables**

Los pavimentos permeables, contruidos generalmente con adoquines permeables u hormigón drenante o poroso, constituyen una excepcional aplicación medioambiental.

Permiten que las aguas de lluvia pasen a través de la superficie dentro de la estructura, que la almacena temporalmente y luego la elimina lentamente, ya sea en un suelo permeable, hacia una zona de filtración cercana o a un sistema de drenaje.

Las subbases permeables combinadas con pavimentos permeables pueden ayudar a evitar inundaciones mediante la reducción de la cantidad de agua que circula por los sistemas de drenaje. Incluso pueden mejorar la calidad del agua superficial reteniendo los elementos contaminantes en la base de la carretera o pavimento.

Los pavimentos permeables se pueden construir utilizando pavimentos porosos o adoquines con juntas abiertas o con orificios de drenaje. El hormigón magro drenante ofrece una combinación ideal de estabilidad y permeabilidad para el material de la base.