

Valoración del índice de sostenibilidad en estructuras de hormigón según la instrucción EHE - 08



Sustainability index measure in structures of concrete according to the instruction EHE - 08

Ramón Losada-Rodríguez*, Eduardo Rojí-Chandro*,
Jesús Cuadrado-Rojo*, Marcos Larrauri-Gil**

* E.T.S. de Ingeniería de Bilbao_ UPV/EHU. Tfno. +34 946 014 226.
ramon.losada@ehu.es

** E.U.I.T.I de Minas y Obras Públicas de Barakaldo. Tfno. +34 946 014
939.marcos.larrauri@ehu.es

Recibido: 11/06/09 • Aceptado: 24/09/09

ABSTRACT

• The establishment of a measurement index to define the sustainability in a building is a complex problem due to the several elements that take part on it, as well as different measurement indicators to include: environmental, economic, social... This article focused on the study of a index, that contributes to the sustainability of a building's concrete structure, as proposed in the recent EHE-08. It establishes a methodology for measuring Environmental Sensitivity Index (ESI), through the valuation and consideration of a set of indicators and it has an assessment tool to perform an example.

• **Key words:** sustainability, ESI, SCEI, structural system, EHE-08.

RESUMEN

El establecimiento de un índice de medida de la sostenibilidad en un edificio es un problema complejo, debido a la gran cantidad de indicadores presentes, así como los diferentes indicadores de medida a utilizar, medio ambientales, económicos, o sociales...

La exposición se centra en el estudio del índice de contribución a la sostenibilidad de la estructura de hormigón de un edificio, propuesto en la reciente EHE-08, donde se establece una metodología para medir su Índice de Sensibilidad Medio Ambiental (ISMA), a través de la valoración y ponderación de una serie de indicadores y que dispone de una herramienta de evaluación con la que se realiza un ejemplo.

Palabras clave: sostenibilidad, ICES, ISMA, sistema estructural, EHE-08.

1.- LA EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD EN EDIFICACIÓN

La medida de la sostenibilidad es un tema complejo que requiere actuar sobre todos los subsistemas que lo componen, precisando para ello criterios de decisión diferentes.

En el caso de un edificio la cuestión se complica aún más debido a la gran cantidad de materiales diferentes necesarios y de los cuales todavía no se dispone de forma generalizada y a una gran cantidad de información de cara a realizar su evaluación.

Por otro lado, algunos de los criterios utilizados tienen un carácter cuantitativo, mientras que otros son cualitativos, de forma que aparece una cierta subjetividad en el proceso de evaluación.

A su vez, dentro de los criterios cuantitativos se pueden encontrar evaluaciones que llevan a resultados con diferentes parámetros de salida, y por tanto diferentes unidades de medida.

Los métodos informáticos de evaluación ambiental, cuya andadura comenzó en los años 90, han provisto una considerable experiencia teórica y práctica a través de las casi dos décadas transcurridas. Actualmente, las herramientas que existen en el mercado, han sido desarrolladas desde distintas perspectivas y de acuerdo a las necesidades y usos del país de origen cubriendo diferentes actividades, en las fases del ciclo de vida.

Los métodos de evaluación actuales, dan un peso importante al papel que juegan las instalaciones, por su incidencia en los

consumos energéticos a lo largo de la vida útil del edificio, etapa más larga de su ciclo de vida.

Desde el punto de vista puramente estructural, son pocas las herramientas que evalúan la sostenibilidad en profundidad y a lo largo de las diferentes etapas del ciclo de vida de los sistemas estructurales.

Por otra parte, la gran mayoría de herramientas de evaluación de la sostenibilidad, desarrolladas hasta la actualidad, manejan una gran cantidad de información, lo cual complica considerablemente la utilización de las mismas.

Respecto a su estructuración, gran parte de las herramientas utilizan bases de datos como fuente y suministro de información, lo cual complica enormemente su aplicación al requerir una gran cantidad de datos iniciales, que en muchos casos no están disponibles. También usan escalas que tienen en cuenta consumos de acuerdo a un rendimiento preestablecido, que resulta ser un mecanismo de fácil aplicación. Es ese su fundamento y con ello el origen de sus limitaciones.

El mecanismo de evaluación a utilizar debe ser cuantificable y como todos los requerimientos no tienen el mismo peso; desde el inicio se deben definir unos porcentajes de prioridad a cada uno de ellos, lo que evidentemente otorga una carga subjetiva a la herramienta.

Dentro de los métodos existentes para medir la sostenibilidad se pueden citar, como más significativos:

BREEAM	LISA
GBTool	PIMWAQ
VERDE	TQ BUILDING ASSESMENT SYSTEM
LEED	ATHENA
BEES	SIMA-PRO
BREEAM	GABI
ECOQUANTUM	CASBEE

Con motivo de la revisión de la *Instrucción del hormigón estructural* (EHE) se creó un conjunto de grupos de trabajo para estudiar temas específicos, entre ellos, el correspondiente a la sostenibilidad de las estructuras de hormigón, cuyo trabajo se ha reflejado en el novedoso anejo nº 13, parte de cuyos resultados se presentan en el presente artículo, tratándose de una experiencia pionera a escala mundial.

2.- LA SOSTENIBILIDAD EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN

De forma general, se puede suponer que una estructura de hormigón tiene mayor valor a efectos de sostenibilidad, cuando compatibiliza las exigencias resistentes y de durabilidad que le vienen impuestas por la solución planteada con:

- la optimización de sus mediciones y cálculos, empleando menores cantidades de hormigón y de armaduras.

- la extensión de la vida útil de la estructura, que produce una mayor amortización durante la misma de los posibles impactos producidos durante la fase de ejecución.
- el empleo de cementos que:
 - incorporen subproductos industriales, como las adiciones minerales admitidas por la reglamentación vigente.
 - se obtengan mediante procesos que incorporen materias primas, produciendo menos emisiones de CO₂ a la atmósfera.
 - se obtengan mediante procesos consumiendo menos energía, especialmente mediante el uso de combustibles alternativos, que permitan el ahorro de otros combustibles primarios.
- el empleo de áridos procedentes de procesos de reciclado.
- el uso de agua reciclada en la propia planta de fabricación del hormigón.
- la implantación de sistemas voluntarios de certificación medioambiental para los procesos de fabricación de todos los productos empleados en la estructura y, en particular, los de fabricación del hormigón en planta y los de elaboración de las armaduras en la instalación de ferralla, incluyendo su transporte hasta la obra, en su caso.
- el empleo de productos en posesión de distintivos de calidad oficialmente reconocidos que favorezcan la adecuada consecución de las exigencias básicas de las estructura con el menor grado de incertidumbre posible.
- el cumplimiento de criterios preventivos adicionales a los requisitos establecidos por la reglamentación vigente, que sea aplicable en materia de seguridad y salud en las obras.
- la aplicación de criterios innovadores, que aumenten la productividad, la competitividad y la eficiencia de las construcciones, así como la accesibilidad del usuario a las mismas.
- la minimización de los impactos potenciales sobre el entorno, derivados del proceso de ejecución de la estructura (ruido, polvo, vibraciones, etc.).

La evaluación de la sostenibilidad de una estructura de hormigón se plantea, por tanto, a través de un conjunto de indicadores que tratan de reflejar la disponibilidad o aplicabilidad de aquellas exigencias, que posibilitan aumentar el valor añadido de dicha estructura. Ciñéndonos a los requerimientos medioambientales, el Grupo de Trabajo ha propuesto un sistema de evaluación de la sostenibilidad de la estructura de hormigón a partir de un “*Índice de Sensibilidad Medio Ambiental*”, que se puede presentar a lo largo de las diferentes etapas del ciclo de vida del edificio.

La definición de este índice se realiza mediante un árbol jerárquico de requerimientos, criterios e indicadores; todos ellos, ponderados entre sí, con objeto de tratar de evaluar la contribución de la estructura de hormigón a la sostenibilidad, como viene representado en la Figura 1.

El conjunto de indicadores que ha sido seleccionado son los elementos evaluadores de la sostenibilidad, de modo que el planteamiento de los mismos obedece a la búsqueda de una serie de objetivos de cara a alcanzar un determinado nivel de sostenibilidad desde el punto de vista medioambiental, potenciando diferentes estrategias que permitan conseguirlo.

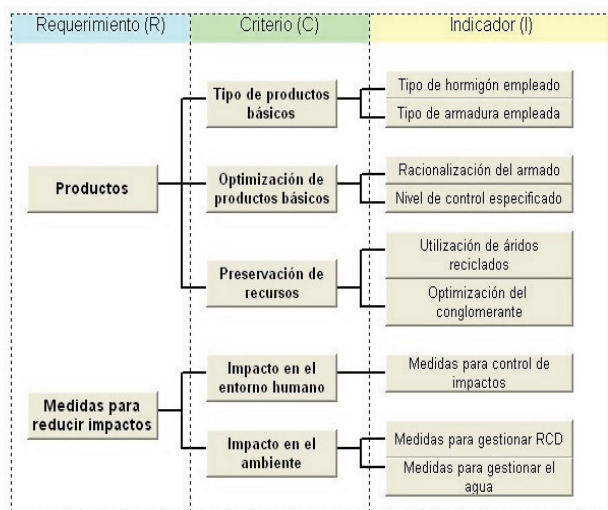


Figura 1: Árbol de requerimientos para medir el índice de sensibilidad medioambiental del proyecto de estructura de hormigón

Dentro de las estrategias estimadas, y, a título de ejemplo, se ha diseñado el indicador denominado “Utilización de áridos reciclados”, que tiene como objetivo principal, fomentar el uso de hormigones, que incluyan áridos reciclados, tratando de disminuir los impactos generados por el proceso de extracción de las materias primas, que supone un elevado consumo de recursos naturales.

La estrategia planteada pasa por “premiar” el empleo de este tipo de áridos reciclados, pero limitando su utilización al 20% de árido grueso en el hormigón estructural, debido a que es el valor máximo de este tipo de árido permitido por la Instrucción y que se corresponde con la máxima puntuación.

Para la evaluación de este indicador, se establece una expresión (1), que define el porcentaje de árido reciclado, empleado en el conjunto de la estructura:

$$AR = \left(\frac{V_{HC} * \alpha + V_{HEE} * \beta}{V_{total}} \right) \quad (\text{en } \%) \quad (1)$$

Donde:

- AR: % de árido grueso empleado en el conjunto
- α : % de árido grueso empleado en el hormigón suministrado por central (interna o externa)
- V_{HC} : Volumen de hormigón suministrado por central de hormigonado (interna o externa)
- β : % de árido grueso incorporado en los elementos prefabricados de hormigón
- V_{HEE} : Volumen de hormigón suministrado a través de los elementos prefabricados de hormigón
- V_{TOTAL} : Volumen total de hormigón estructural

En este caso, para este indicador, se ha establecido una función de valor creciente y cóncava, incentivando el uso de los áridos reciclados, hasta el valor máximo permitido por la normativa, que es el 20%. (Figura 2)

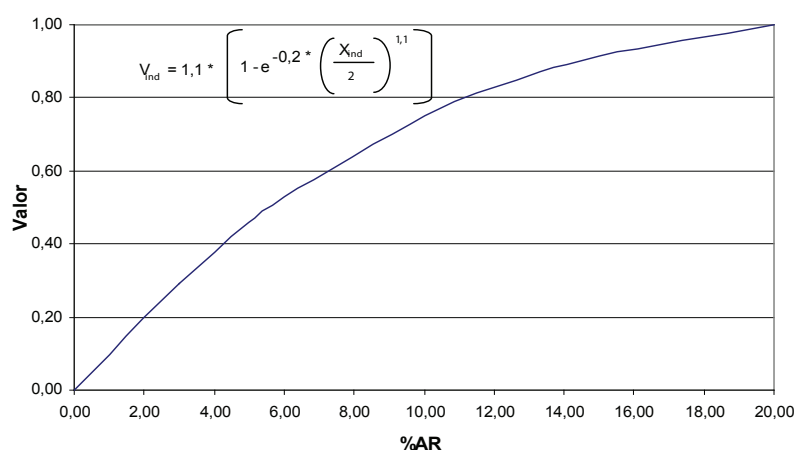


Figura 2: Función de valor del indicador “Utilización del árido reciclado”

Es evidente que cada indicador lleva aparejada una determinada función de valor, que permite medir la bondad de los objetivos en ese campo y su correspondiente ponderación en el conjunto.

De una forma similar a la planteada en este ejemplo, se ha procedido a la definición del conjunto de elementos de evaluación necesarios para establecer el árbol jerárquico de requerimientos, criterios, e indicadores. Los mismos han sido establecidos por consenso entre todos los miembros del Grupo de Trabajo creada a tal efecto, y su resultado se presenta en la formulación propuesta para la determinación del índice de sensibilidad medioambiental (ISMA), y que se encuentra recogida en el correspondiente anejo 13, de la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE), que dispone de una herramienta informática que facilita el proceso de evaluación (Figura 3).



Figura 3: Programa informático de evaluación según anejo 13 de la EHE

3.- APLICACIÓN PRÁCTICA

A modo de ejemplo de aplicación se ha propuesto el estudio de un edificio residencial. Al tratarse de un anejo de la Instrucción, su aplicación tiene carácter voluntario, pero su presencia despertará al menos inquietudes sobre la necesidad de considerar la sostenibilidad en los procesos de decisión de los sistemas estructurales.

Como aspecto ilustrativo de la validez del método y del alcance de sus mediciones, se presenta a continuación un ejemplo de aplicación desarrollado.

3.1.- CONDICIONANTES CONSTRUCTIVOS

El edificio proyectado en la zona norte, cuenta con 28 viviendas con trasteros y garajes vinculados, así como locales comerciales. El terreno presenta una pendiente aproximada del 12%.



Figura 4: Vista general del edificio de viviendas a construir

La zona de ubicación se caracteriza por ser una formación kárstica y del estudio geotécnico se desprende la existencia de macizos irregulares de caliza rellenos de arcilla, que obligan a adoptar como cimentación una losa de hormigón armado de

80 cm de espesor, apoyándose sobre una explanada mejorada para uniformizar el contacto con el estrato resistente calizo-arcilloso.

La parte del edificio en contacto con la más alta de la ladera, y por la que bajo el edificio ha de transcurrir un paso, se cimienta igualmente mediante una losa de hormigón armado, pero sobre micropilotes.

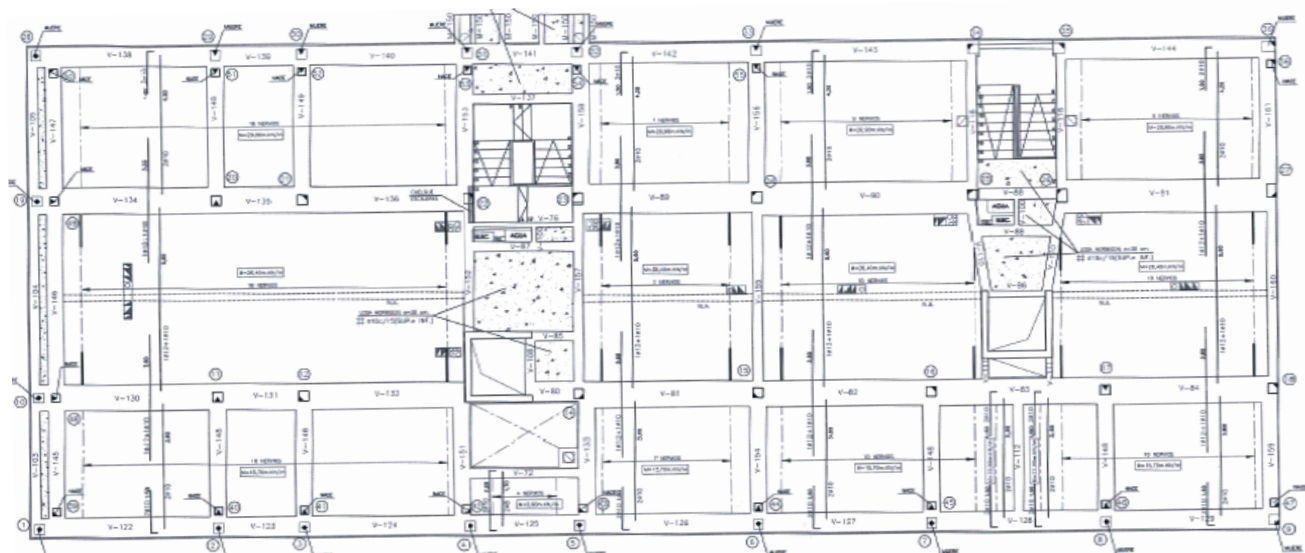
La estructura se ha resuelto mediante pórticos planos de hormigón armado, arriostrados entre sí, con tres núcleos de acceso (escaleras y ascensor) correspondientes a cada uno de los portales. Los pórticos planos son longitudinales, con vigas principalmente planas, y forjados de plantas tipo unidireccionales, con bloques de hormigón y disponiendo de una luz máxima de 5,8 m.

Debido a la orografía del terreno, la urbanización del entorno y las características del suelo, se plantea la ejecución de una parte importante de los muros de sótano, por bataches. Tanto la rampa de acceso al garaje como las escaleras y el bajo-cubierta se resuelven mediante losas de hormigón armado.

Establecidas las bases del edificio en fase de proyecto respecto al desarrollo del proceso constructivo, se han realizado dos supuestos con las siguientes consideraciones:

Supuesto 1: Inicialmente, se trata de una Promotora, que adjudica la realización de un proyecto a un proyectista, donde se desconoce quien es la Constructora y suministradores de todo tipo de materiales para la obra. El proyecto, por otro lado, no contempla ningún tipo de medida desde el punto de vista medioambiental: como la gestión de residuos, el reciclaje de materiales, etc., ya que inicialmente pueden suponer un incremento del coste de la promoción.

Supuesto 2: En este segundo supuesto, al comenzar la ejecución material, se dispone de la documentación completa de proyecto, y se conocen más datos en relación a quien construye y suministra el material a la obra, sabiendo en dicho momento las certificaciones de que disponen los mismos aumentando el número de datos disponibles, para poder introducir en la herramienta de cuantificación. Por otro lado, hay que tener en cuenta que la herramienta permite elegir entre una serie de opciones planteadas en el desarrollo de la obra, que, para poder seleccionadas, deben de estar debidamente justificadas. Esto es, las acciones seleccionadas deben aparecer en el pliego de condiciones, pero también deben de contemplarse en el presupuesto.



3.2.- DEFINICIÓN DE INDICADORES DE MEDIDA

Aunque sea únicamente con un carácter ilustrativo, se puede señalar la potencialidad que presenta la herramienta en fase de diseño, ya que admite considerar situaciones, posibilidades constructivas y de materiales diferentes, de forma que se pueden observar las mejoras obtenidas en el índice. En el ejemplo planteado se ha desarrollado esta potencialidad a través de los dos supuestos posibles.

A continuación se explican las opciones planteadas en la evaluación de los indicadores de la herramienta en ambos casos de estudio, para poder establecer unas conclusiones finales de este proceso.

a.- Tipo de hormigón empleado

En los dos supuestos, se plantea la siguiente distribución del tipo de hormigón utilizado, y que es debida a que el edificio se proyecta con una solución de forjado unidireccional con nervios hormigonados in situ; en caso de tener una solución en base a viguetas, hay que hacer una estimación del volumen de hormigón prefabricado necesario.

En el caso de estudio:

- Hormigón preparado en obra: 0%
- Hormigón preparado en planta: 100%
- Hormigón utilizado en prefabricado: 0%

Por otra parte, con relación a los agentes que intervienen en el proceso constructivo en el supuesto primero se desconocen todas sus acreditaciones, mientras que en el segundo caso presentan las siguientes:

La *empresa constructora*, cuenta con las siguientes certificaciones medioambientales: ISO 9001 e ISO 14001.

La *empresa suministradora de hormigón* cuenta con las siguientes certificaciones medioambientales: ISO 9001 e ISO 14001.

b.- Tipo de armadura empleada

En ambos supuestos, la armadura empleada en la obra se distribuye de la siguiente forma:

- Armadura montada en obra: 15%
- Armadura montada en taller de ferralla : 85%

Figura 5: Solución de forjado unidireccional

Y con relación a las acreditaciones de las empresas suministradora y montadora en este caso tienen las siguientes: la *empresa suministradora de la ferralla* cuenta con las siguientes certificaciones medioambientales: ISO 9001 e ISO 14001.

Del mismo modo, la *empresa montadora de ferralla en obra* cuenta con las siguientes certificaciones medioambientales: ISO 9001 e ISO 14001.

c.- Racionalización del armado

Dentro de las estrategias incluidas en proyecto respecto a la armadura pasiva, cabe citar el empleo de mallas electro-soldadas o mallazo soldado en losas con superficie mayor de 6,00 x 6,00 metros, en la práctica totalidad de la superficie.

Al no existir armadura activa en el desarrollo del presente proyecto, no se adopta ninguna de las estrategias propuestas en este indicador.

d.- Nivel de control

En ambos supuestos, se plantea un nivel de control normal de aplicación general en toda la obra, ya que un nivel de control intenso, supone el consiguiente incremento de coste asociado al mismo, que en algunos casos puede ser significativo.

e.- Utilización de áridos reciclados

En este indicador se plantea la posibilidad de utilizar áridos reciclados como contempla la Instrucción, encontrándose limitado este valor a un máximo de un 20%. En este caso y tras realizar las correspondientes consultas respecto a la posibilidad de utilizarlo finalmente se ha desestimado, al no encontrar un suministrador en las cercanías de la obra.

f.- Optimización en el cemento

En los supuestos estudiados se ha utilizado, en el conjunto de la estructura de hormigón, como cemento el CEM II/A-L42,5 R.

g.- Adiciones al hormigón

En el proyecto y en la obra se ha dispuesto el empleo de tres tipos diferentes de hormigón:

- Hormigón de limpieza HM-20/B/40
- Hormigón para losas, encepados, muros exteriores, muros de ascensor, HA-25/B/25-IIa
- Hormigón para forjados unidireccionales “in situ” con bloques de hormigón aligerado, losas macizas, losas de escalera, losas de rampa, HA-25/B/12-25-IIa

No se ha planteado ningún tipo de adiciones para los diferentes tipos de hormigones utilizados en la obra.

h.- Medidas para control de impactos

Dentro de las medidas planteadas para reducir el impacto medioambiental, se puede citar que la obra se encuentra en una zona ya urbanizada, con lo cual se encuentran pavimentados los accesos a la obra.

En el supuesto 2, se han establecido una serie de acciones encaminadas a reducir los problemas asociados a la obra en el entorno. De esta forma, se ha planteado el riego de la obra con aspersores, para evitar la generación de polvo en el entorno residencial, en el que se encuentra enclavada la obra.

i.- Medidas para gestionar las arenas de excavación

En este caso el terreno está formado por un estrato kárstico irregular, con rellenos de arcilla. Por ello, se plantea el envío de todos los materiales obtenidos en la excavación a una escombrera, sin posibilidad de realizar un aprovechamiento de los mismos. Debido a la escasa rentabilidad que se obtendría de machacar la caliza encontrada, para utilizarla por ejemplo, en la formación de explanadas en obra que facilitarían el movimiento de las máquinas en el interior de aquella.

j.- Medidas para gestionar los RCD

Al igual que en el apartado previo, se plantean en todos los supuesto el envío a vertedero de todos los residuos generados, excepto en el supuesto 2, que se toma “como acción de mejora” la posibilidad de reciclar hasta un 20 % de los RCD generados, recuperando en obra, plásticos, recipientes, pallets, o madera para su posterior revalorización.

k.- Medidas para gestionar el agua

En este indicador, se ha tomado inicialmente en el supuesto 1, que no se lleva a cabo ningún tipo de actuación orientada a reducir el consumo de agua en la obra; pero en el supuesto 2, se plantean dos soluciones que pueden ser fácilmente implementables y con un coste reducido como son:

- Propuestas de curado eficientes mediante el uso de aspersores y lonas.
- Instalación de mecanismos de ahorro en los puntos de consumo, mediante punto de agua con regulador de caudal.

3.3.- CÁLCULO DEL ÍNDICE DE SENSIBILIDAD MEDIO AMBIENTAL

Ambos casos supuestos se analizan a través de una herramienta informática definida, creada para medir la sostenibilidad de las estructuras de hormigón, que contiene los indicadores con sus funciones de valor y pesos asignados, obteniéndose en cada caso un índice de sostenibilidad, como aparece reflejado en las figuras 6 y 7.

A continuación (Tabla 1) se muestran los resultados obtenidos con la entrada de datos, en los diferentes supuestos:

SUPUESTO	ISMA	% de mejora	Respecto al	Observaciones
1	0,22			Se desconoce gran parte de la información necesaria para su aplicación en la herramienta, con relación a los agentes intervinientes en el proceso de ejecución.
2	0,54	145%	Supuesto 1	Se conocen los datos de constructora y suministradores y se plantean algunas mejoras en la fase de ejecución utilizando aquellos aspectos entre los planteados que pueden presentar un menor impacto económico.

Tabla 1: Análisis comparativo de resultados

Se puede observar como la herramienta facilita conocer la implicación en la medida de la sostenibilidad del edificio, una vez tomadas una serie de decisiones, ya sean a nivel de proyecto o durante la ejecución de la obra. El ejemplo sólo se ha realizado desde la perspectiva del requerimiento medio ambiental, pero

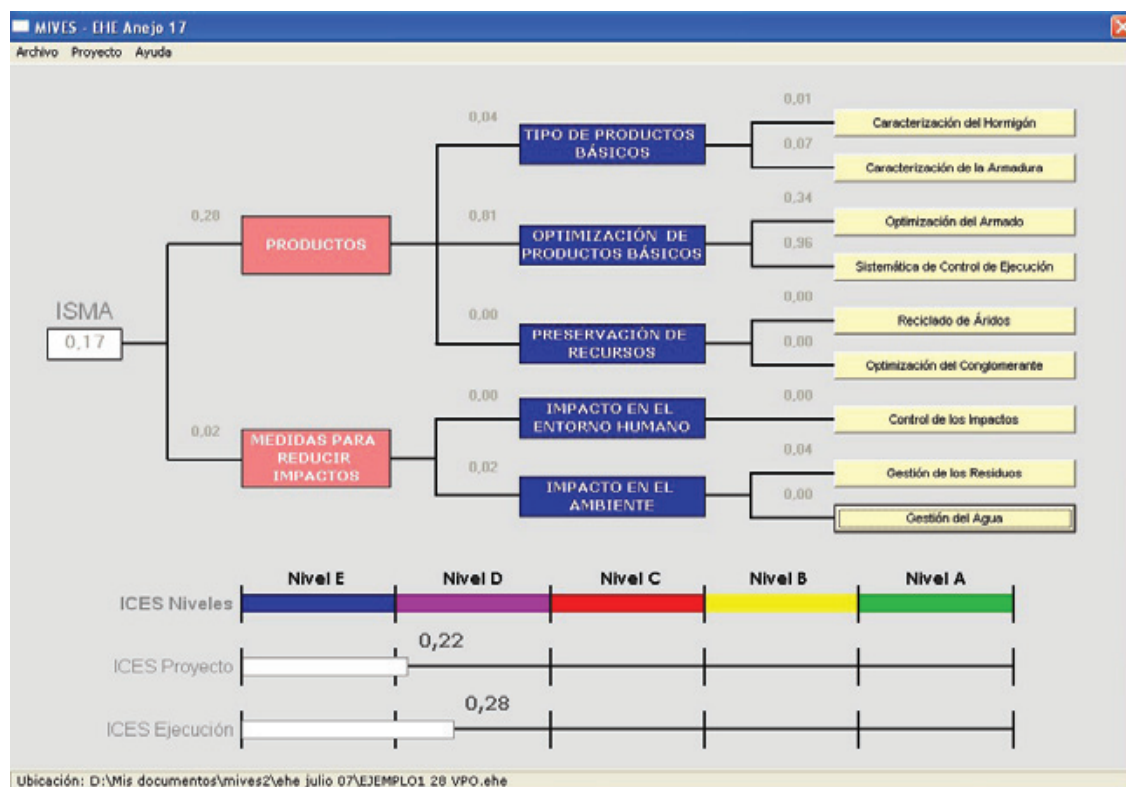


Figura 6: Resultados de evaluación supuesto 1

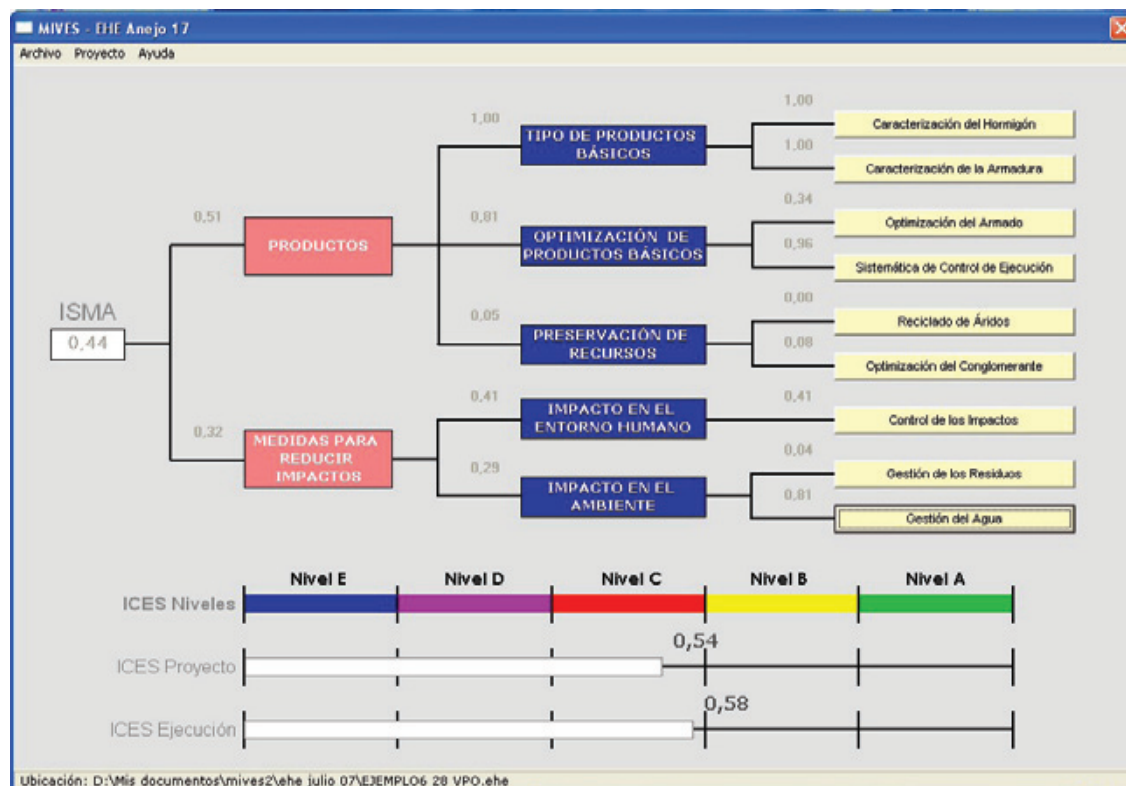


Figura 7: Resultados de evaluación supuesto 2

lógicamente sobre el edificio inciden otras cuestiones sociales, económicas, tecnológicas, etc., que, consideradas simultáneamente, permitirían conocer un balance más global de la sostenibilidad del edificio, en cualquier momento de su ciclo de vida a través del ICES, “Índice de Contribución de la Estructura a la Sostenibilidad”, que se encuentra implementado en la herramienta informática que se ha diseñado, pero no está contemplado en el presente estudio.

4.- CONCLUSIONES

Tal y como queda demostrado a través del presente artículo, el establecimiento de índices de medida de la sostenibilidad, en las construcciones, encierra un grado de complejidad importante. Solamente el hecho de poder llegar a definir un “Índice de Sensibilidad Medio Ambiental” de la estructura de un edificio, requiere la medida y la cuantificación de un número de indicadores importante.

La metodología expuesta trata de simplificar el proceso de llegar a medir la contribución a la sostenibilidad de un edificio desde el punto de vista medioambiental, que se deriva de una serie de consideraciones que aparecen a lo largo del diseño y construcción

del sistema estructural del mismo, en el caso de que sea de hormigón armado.

Los resultados que se obtienen en ambos casos presentan diferencias importantes, observando que mediante pequeñas mejoras introducidas en la herramienta, debidamente justificadas y comprobadas, se obtiene una mejora sustancial del supuesto inicial, donde al desconocerse los datos iniciales se ha tomado la peor de las hipótesis posibles. Y esta mejora solamente se ha realizado en la vertiente medioambiental del ICES, denominada ISMA.

La dispersión de resultados que se pueden producir en el proceso de evaluación por parte de los usuarios, puede limitarse en gran medida con el establecimiento de un adecuado Pliego de prescripciones técnicas y administrativas contenido en el Proyecto, que acoten y definan las condiciones de entorno en la ejecución de la obra. Otra cuestión será la incidencia económica de esa acotación que se plantee desde la Propiedad y/o la Administración, así como la incidencia política y legal en algunos casos, en lo que se estuviera restringiendo la libertad de competencia. Evidentemente decisiones parejas a las señaladas deberán establecerlas la propiedad y la administración en los encargos de proyecto.

5.- AGRADECIMIENTOS

Al Grupo de Trabajo que ha preparado el Anejo 13 de la EHE 08, titulado Índice de Contribución de la Estructura a la Sostenibilidad (ICES) y que ha estado formado por los siguientes técnicos: Antonio Aguado, Bibiana Alarcón, Pere Alavedra, Javier Ainchil, Ferran Bermejo, Antonio Blázquez, Manuel Burón, Pilar de la Cruz, Alfredo del Caño, Sergio Carrascón, José M^a. Carrau, Jesús Cuadrado, Oriol Cugat, Carlos Fernández, Rafael Fuertes, David García, Isaac Garrucho, Antonio Hospitaler Alejandro Josa, Ramón Losada, Resmundo Manga, Domènec Masó, Antonia Pacios, Fernando Rodríguez, Joaquín Rodríguez, Eduardo Rojí, Tomás San José, habiendo actuado Antonio Aguado como coordinador del mismo.

6.- BIBLIOGRAFÍA

- Burqueño A. "El empleo de indicadores medioambientales en el sector de la construcción". En: II Congreso Internacional de Ingeniería Civil, Territorio y Medio Ambiente. (Santiago de Compostela 22-24 septiembre 2004) ISBN 84-38002-862.
- San José JT, Losada R, Cuadrado J, et al. "Quantification of Industrial Building Projects Sustainability". En: 9th European Roundtable on Sustainable Consumption and Production. erScp'2004. (Bilbao 12-14 Mayo 2004).
- Uren S, Griffiths E. Environmental Management in Construction, London: Editorial CIRIA, 2000 ISBN 860175332.
- Losada R, Rojí E, Cuadrado J, et al. La medida de la sostenibilidad en edificación industrial. Modelo integrado de valor de edificios sostenibles (MIVES). Bilbao: Edita: Los autores ,2006. 249p. ISBN 84-690-2629-1.
- San José JT, Garrucho I, Cuadrado J. "The first sustainable industrial building projects" PROCEEDINGS OF THE INSTITUTION OF CIVIL ENGINEERS, 2006. Vol.159 p.147-153.
- San José JT, Garrucho I, Losada R. et al. "Approach to the quantification of the sustainable value in industrial building" BUILDING AND ENVIRONMENT, 2007. Vol.42 p.3916-3923.
- Losada-Rodríguez R, Rojí-Chandro E, Cuadrado-Rojo J. "Propuesta metodológica de evaluación de la sostenibilidad en la edificación industrial" DYNA, 2007. Vol.82-3 p.53-56.
- San José JT, Garrucho I, Losada R. et al. "A proposal for environmental indicators towards industrial building sustainable assessment" INTERNATIONAL JOURNAL OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT, 2007. Vol.14 p.160-173.
- Losada R, Rojí E., Cuadrado J. Evaluación del ICES en un edificio de 28 viviendas de VPO. Cemento y hormigón 2008. N° 913 p. 60-67.
- MINISTERIO DE FOMENTO. Instrucción de Hormigón Estructural. EHE-08/ Comisión Permanente del Hormigón, 1ª edición, Madrid: Ministerio de Fomento. Centro de Publicaciones, 2008. 722p. ISBN 978-84-498-0825-8.