

CODE 1.8.05**OBJETIVOS DE SOSTENIBILIDAD CONTEMPLADOS POR LA NORMA ESPAÑOLA EN EL DESARROLLO DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO****Vargas Yáñez, Antonio¹; Barrios Corpa, Jorge²**

1: Área de Construcciones Arquitectónicas.
E.T.S. de Arquitectura. Universidad de Málaga
e-mail: antoniovy@uma.es, web: <http://www.arquitectura.uma.es/>

2: Área de Construcciones Arquitectónicas.
E.T.S. de Arquitectura. Universidad de Málaga
e-mail: jbarrios@uma.es, web: <http://www.arquitectura.uma.es/>

PALABRAS CLAVE: Sostenibilidad, estructuras, hormigón, normativa.**RESUMEN**

A la vista de los aproximadamente 250 sistemas de evaluación voluntaria de sostenibilidad en los edificios que existen en el mundo, cómo valorar la contribución de los edificios al logro de un desarrollo más sostenible es una pregunta plenamente vigente [1]. Aunque según los autores del anejo 13 de la EHE-08 la estructura tiene “una influencia relativa en el cómputo general de la sostenibilidad” [2], dado el volumen de material que supone en el conjunto del edificio, la aportación que pueden representar las decisiones que se tomen sobre ellas tiene una especial relevancia. En el marco del proyecto IESEI (Investigación sobre Edificación Sismorresistente, Eficiente e Inteligente en su ciclo de vida), esta comunicación analiza el peso de las decisiones de diseño, cálculo y elección de materiales, en la valoración de la contribución de la estructura a la sostenibilidad del edificio en el ámbito de la normativa española actual. Para alcanzar este objetivo, se analiza el carácter de las decisiones evaluadas por los once criterios de sostenibilidad contemplados en el anejo y su peso en la evaluación final. El resultado es la identificación de las decisiones más viables para incidir en la sostenibilidad de la estructura desde el diseño, cálculo, ejecución y elección de los materiales dentro de un sistema de valoración que prima los aspectos medioambientales frente a los sociales y económicos.

1. INTRODUCCIÓN

Por lo general, las calificaciones de sostenibilidad de las edificaciones responden a la adopción voluntaria un procedimiento propuesto por una entidad privada. En 2008, con la entrada en vigor de la nueva instrucción de hormigón estructural (EHE-08) [3], la normativa española introdujo de forma pionera a nivel internacional un procedimiento regulado, aunque voluntario, para determinar el grado de sostenibilidad de una parte de la construcción: la estructura y la cimentación de hormigón armado [2]. A pesar de su carácter voluntario y de que su alcance es parcial (cimentación y estructura en los casos en los que éstas se desarrollen en hormigón armado), la novedad introducida por la EHE-08 constituye un avance significativo en el ámbito de la sostenibilidad.

A la hora de valorar la importancia de esta contribución hay que tener en cuenta tres circunstancias relevantes. Primero, la EHE-08 es una norma que regula el uso del hormigón estructural sin hacer distinciones sobre el ámbito de actuación: edificación u obra de ingeniería. Segundo, aunque el peso de la estructura y la cimentación es importante en una obra de edificación (tanto material como económico), en las obras de ingeniería es mayor. Tercero, la sostenibilidad tiene desde sus orígenes una triple composición en la que no prima ninguno de los tres componentes: social, económico y medioambiental.

Para valorar el procedimiento de evaluación de la contribución de la estructura a la sostenibilidad de la construcción, y de manera más concreta, a la del edificio, se analiza el carácter de las decisiones evaluadas por los criterios de sostenibilidad contemplados el anejo 13 y su peso en la evaluación final de los dos indicadores propuestos en las situaciones extremas. El resultado permite valorar: la oportunidad del sistema propuesto; la identificación de las decisiones que inciden más en la sostenibilidad de la estructura desde el diseño, cálculo, ejecución y elección de los materiales; la constatación de hasta qué punto priman los criterios relacionados con la elección de los materiales; cómo se le ha prestado un especial interés al ahorro de recursos (naturales o energéticos) y menos a la generación de residuos; y la incidencia de los criterios económicos y sociales.

La evaluación de esta experiencia pionera adquiere una especial trascendencia desde el momento en que debe ser el primer paso de una serie de regulaciones normativas destinadas a evaluar la sostenibilidad de otros elementos constructivos o de la propia edificación en su globalidad.

2. EL ANEJO 13 DE LA EHE-08

El reconocimiento que realiza el apartado 1 del anejo de que “la sostenibilidad es un concepto global” que requiere la satisfacción de un conjunto de criterios medioambientales, sociales y económicos, se traduce en la definición del índice de contribución de la estructura a la sostenibilidad (ICES) como la suma ponderada de su contribución medioambiental (ISMA) y la social. ISMA que se determina mediante una expresión (1) que tiene en cuenta la incidencia de once criterios medioambientales (Tabla 1) y que responde “al planteamiento de análisis de valor implícito en el proceso con procesos de Análisis Jerárquico de Procesos (AHP)” [4] [2] [5] [6].

$$ISMA = \sum_{i=1}^{i=11} \alpha_i \cdot \beta_i \cdot \gamma_i \cdot V_i \tag{1}$$

Tabla 1. Conjunto de criterios medioambientales recogidos en el anejo 13. Elaboración propia a partir de EHE-08

1.	Características medioambientales del hormigón	7.	Optimización del cemento
2.	Características medioambientales de las armaduras	8.	Optimización del hormigón
3.	Optimización del armado de los elementos	9.	Medidas específicas para el control de los impactos
4.	Optimización ambiental del acero	10.	Medidas específicas para gestionar los residuos
5.	Nivel de control de la ejecución	11.	Medidas específicas para gestionar el agua
6.	Empleo de áridos reciclados		

Ahora bien, mientras que en dicha expresión, α_i , β_i y γ_i son coeficientes de ponderación de cada requerimiento conforme a la Tabla A.13.4.1.a del anejo 13 criterio, V_i responde a una función de cinco parámetros característica de cada uno de los once criterios medioambientales.

$$V_i = K_i \cdot \left[1 - e^{-m_i \left(\frac{P_i}{n_i}\right)^{A_i}} \right] \tag{2}$$

En (2), K_i , m_i , n_i y A_i son coeficientes que ponderan los diferentes requerimientos medioambientales establecidos en la tabla A.13.4.1.b del Anejo (4 primeras columnas de la Tabla 2); y P_i es el valor que toma la función representativa de cada indicador (apartado 4.3 del Anejo), específicamente formulado para cada uno de los elementos evaluados con el objetivo de considerar los diferentes aspectos relevantes contemplados por la función. En esencia es un porcentaje obtenido mediante la suma ponderada de las diferentes formas de abordar cada criterio medioambiental.

Con estos datos podemos definir una tabla de 9 columnas y 11 filas, como la presentada a modo de ejemplo en la Tabla 2, en la que el sumatorio de la evaluación de los diferentes criterios determina el valor del ISMA de la estructura de hormigón armado y donde se puede ver la contribución real de cada uno de los criterios en el valor del ISMA obtenido.

Tabla 2. Ejemplo de tabla de valoración de ISMA de una estructura con las ocho variables de la función y la subfunción V_i .

Requerimiento medioambiental	K_i	m_i	n_i	A_i	P_i	V_i	α_i	β_i	γ_i	Producto
Características medioambientales del hormigón	1,02	-0,50	50	3,00	73,00	1,02	0,6	0,22	0,50	0,06732
Características medioambientales de las armaduras	1,02	-0,50	50	3,00	75,00	1,02	0,6	0,22	0,50	0,06732
Optimización del armado de los elementos	1,06	-0,45	35	2,50	73,00	1,00	0,6	0,33	0,17	0,03357
Optimización ambiental del acero	10,5	-0,001	1	1,00	95,00	0,95	0,6	0,33	0,33	0,06218
Nivel de control de la ejecución	1,05	-1,80	40	1,20	89,50	1,04	0,6	0,33	0,50	0,10303
Empleo de áridos reciclados	1,10	-0,20	2	1,10	20,00	1,01	0,6	0,45	0,33	0,09011
Optimización del cemento	10,5	-0,001	1	1,00	62,40	0,64	0,6	0,45	0,50	0,08575
Optimización del hormigón	10,5	-0,001	1	1,00	6,11	0,06	0,6	0,45	0,17	0,00294
Medidas para reducir los impactos	10,5	-0,001	1	1,00	100,0	1,00	0,4	0,25	1,00	0,09992
Medidas específicas para gestionar los residuos	1,21	-0,40	40	1,60	84,00	0,88	0,4	0,75	0,67	0,17765
Medidas específicas para gestionar el agua	1,10	-0,40	50	2,60	80,00	0,82	0,4	0,75	0,37	0,09069
ISMA										0,880471

3. FACTORES CONSIDERADOS POR LOS DIFERENTES CRITERIOS MEDIOAMBIENTALES

La Tabla 3 presenta la relación de los criterios medioambientales de las funciones P_i que la norma considera de relevancia:

- compromiso ambiental,
- reciclado,
- disminución del consumo de recursos,
- disminución de la producción de residuos,
- ahorro de agua.

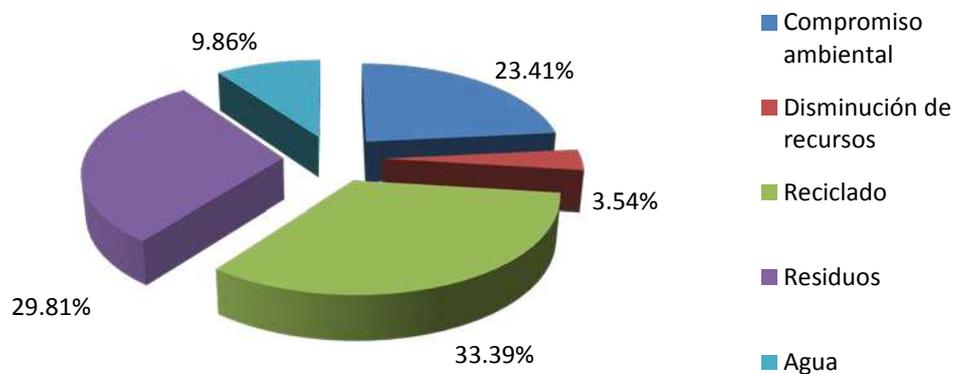


Figura 1. Distribución porcentual de la influencia de los diferentes aspectos considerados por el anejo 13 de la EHE-08 al establecer el peso de los diferentes criterios medioambientales mediante la función P_i .

Lo que permite determinar su peso en la evaluación final de la estructura (Figura 1). Se observa que la mayor preocupación del instructor se centra en la gestión de productos reciclados (33,39%) mientras que la disminución del consumo de recursos es la menor (3,54%).

Tabla 3. Resumen de los elementos evaluados por las diferentes funciones P_i

Criterio medioambiental		Elementos evaluados	Condición medioambiental	
1.	Características medioambientales del hormigón	Procedencia del hormigón: preparado, central, prefabricado o empresa constructora	Condición ambiental: distintivo medioambiental, compromiso medioambiental u otro	Distancia a la obra
2.	Características medioambientales de las armaduras	Procedencia de las armaduras: instalación de ferralla ajena a la obra, instalación de obra o instalación de prefabricación	Condición ambiental: distintivo medioambiental, compromiso medioambiental u otro	Distancia a la obra
3.	Optimización del armado de los elementos	% losas armadas con malla soldada con tamaño superior a 6,00x6,00m	—	—
		Sistema de unión	—	—
		% de armaduras elaboradas con forme a UNE 36.831	—	—
		Existencia de armadura activa	—	—
4.	Optimización ambiental del acero	Optimización de recursos en la fabricación del acero: sin certificación, producción sometida a certificación de carácter medioambiental, certificación del producto, otros.	—	—
5.	Nivel de control de la ejecución	Hormigón preparado o fabricado en central o con distintivo de calidad	—	—
6.	Empleo de áridos reciclados	Empleo de áridos reciclados	—	—
7.	Optimización del cemento	Hormigón con distintivo de calidad reconocido sin adición de cenizas volantes o humo de sílice	Certificación, producción sometida a certificación de carácter medioambiental, certificación del producto	—
8.	Optimización del hormigón	Hormigón con distintivo de calidad oficialmente reconocido con adición de cenizas volantes o humo de sílice.	Empleo de cemento CEM I o tipo I, y uso de central de hormigón con o sin certificación ISO 14001	—
9.	Medidas específicas para el control de los impactos	Empleo de aspersores	—	—
		Pavimentación de los accesos a la obra	—	—
		Utilización de pantallas u otros dispositivos de retención de polvos	—	—
		Empleo de estabilizantes químicos para reducir la producción de polvo	—	—
		Utilización de toldos y lonas para la cobertura del material expuesto a la intemperie, incluido su transporte	—	—
10.	Medidas específicas para gestionar los residuos	Gestión de los productos de excavación	—	—
		Gestión de los residuos de construcción y demolición (RCD)	—	—
		Minimización de residuos de azufre por el empleo de probetas cúbicas	—	—
11.	Medidas específicas para gestionar el agua	Tipo de empresa: con compromiso ambiental o distintivo ambiental	—	—
		Consideración en proyecto de técnicas que permitan realizar un curado eficiente con relación al consumo de agua	—	—
		El proyecto contempla dispositivos de ahorro de agua en los puntos de consumo	—	—
		El proyecto propone y justifica en el presupuesto la utilización de contenedores para la recogida de agua lluvia y el posterior uso	—	—

4. EL ÍNDICE DE CONTRIBUCIÓN MEDIOAMBIENTAL DE LA ESTRUCTURA A LA SOSTENIBILIDAD

El Anejo 13 de la EHE-08 define el *ICES* como el resultado de la expresión:

$$ICES = a + b \cdot ISMA \quad (4)$$

Siendo *a* el coeficiente de contribución social, su valor es la suma de los coeficientes indicados en la tabla A.13.5; mientras que *b* es un coeficiente obtenido conforme a la expresión (5) que valora la contribución por extensión de la vida útil de la estructura.

$$b = \frac{t_g}{t_{g,min}} \leq 1,25 \quad (5)$$

Siendo t_g la vida útil contemplada en el proyecto para la estructura y $t_{g,min}$ el valor de la vida útil establecido en el apartado 5.1 de la Instrucción. A partir de aquí, las estructuras se clasifican en cinco niveles según el valor alcanzado por el *ICES*:

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: $0,00 \leq ICES \leq 0,20$

1

Estableciendo además como condición de que:

$$\begin{aligned} ICES &\leq 1 \\ ICES &\leq 2 \cdot ISMA \end{aligned}$$

5. DISCUSIÓN

Si se analizan los valores que pueden adoptar los dos indicadores propuestos por la instrucción, *ISMA* e *ICES*, y los parámetros que inciden en la obtención de sus valores, se observan ciertos desajustes que deberían ser corregidos en la futura revisión de la norma.

En contra de lo esperado, los valores mínimos y máximos que puede alcanzar el *ISMA* no son 0 y 1, sino 0,00949 y 1,00682 (Tabla 4 y Tabla 5). Lo que puede generar cierta confusión.

El hecho de que el *ISMA* nunca pueda ser 0 se debe a que, aunque el valor las funciones representativas P_i tiene que estar comprendido entre 0 y 1 [7], existen dos casos en los que nunca se alcanza el valor mínimo. En concreto, la función P_3 , que determina el criterio medioambiental de optimización del armado, no puede bajar de 16 en los casos en los que todo el hormigón de la obra sea pretensado. Aunque puntuase 0 en los tres primeros elementos de valoración (% losas armadas con malla electrosoldada, uniones por soldadura y % de armaduras elaboradas con formas según UNE 36.831), el hecho de contar con armadura activa le confiere un $P_3=16$. Mínimo que mejora cuando el 100% del hormigón es armado y el sistema de unión es por soldadura, situándose en $P_3 =25$. Lo mismo ocurre con la función P_{10} , que valora la gestión de los residuos. Aunque en la práctica, la legislación impide que se alcance el valor 0, porque los productos de excavación y los residuos de construcción y demolición no pueden quedar ajenos a cualquier acción controlada, y como mínimo, deben llevarse a vertedero; con lo que P_{10} tiene su mínimo en 8.

Tabla 4. Expresión de la función ISMA en forma de tabla con los valores resultantes de dar a P_i los valores mínimos contemplados por la instrucción. Fuente: elaboración propia.

Estructura con ISMA pésimo

	Criterio	Ki	mi	ni	Ai	Pi	Vi	α	β	γ	Producto
1	Criterio medioambiental de caracterización del hormigón	1,02	-0,50	50	3,00	0	0	0,60	0,22	0,50	0,00000
2	Criterio medioambiental de caracterización de las armaduras	1,02	-0,50	50	3,00	0	0	0,60	0,22	0,50	0,00000
3	Criterio medioambiental de optimización del armado	1,06	-0,45	35	2,50	16	0,0653	0,60	0,33	0,17	0,00220
4	Criterio medioambiental de optimización del acero para armaduras	10,50	-0,001	1	1,00	0	0	0,60	0,33	0,33	0,00000
5	Criterio medioambiental de sistemática del control de ejecución	1,05	-1,80	40	1,20	0	0	0,60	0,33	0,50	0,00000
6	Criterio medioambiental de reciclado de áridos	1,10	-0,20	2	1,10	0	0	0,60	0,45	0,33	0,00000
7	Criterio medioambiental de optimización del cemento	10,50	-0,001	1	1,00	0	0	0,60	0,45	0,50	0,00000
8	Criterio medioambiental de optimización del hormigón	10,50	-0,001	1	1,00	0	0	0,60	0,45	0,17	0,00000
9	Criterio medioambiental de control de los impactos	10,50	-0,001	1	1,00	0	0	0,40	0,25	1,00	0,00000
10	Criterio medioambiental de gestión de los residuos	1,21	-0,40	40	1,60	8	0,0363	0,40	0,75	0,67	0,00730
11	Criterio medioambiental de gestión del agua	1,10	-0,40	50	2,60	0	0	0,40	0,75	0,33	0,00000

ISMA 0,00949

Tabla 5. Expresión de la función ISMA en forma de tabla con los valores resultantes de dar a P_i los valores máximos contemplados por la instrucción. Fuente: elaboración propia.

Estructura con ISMA óptimo

	Criterio	Ki	mi	ni	Ai	Pi	Vi	α	β	γ	Producto
1	Criterio medioambiental de caracterización del hormigón	1,02	-0,5	50	3	100	1,0013	0,6	0,22	0,5	0,06609
2	Criterio medioambiental de caracterización de las armaduras	1,02	-0,5	50	3	100	1,0013	0,6	0,22	0,5	0,06609
3	Criterio medioambiental de optimización del armado	1,06	-0,45	35	2,5	100	1,0571	0,6	0,33	0,17	0,03561
4	Criterio medioambiental de optimización del acero para armaduras	10,5	-0,001	1	1	100	0,9992	0,6	0,33	0,33	0,06529
5	Criterio medioambiental de sistemática del control de ejecución	1,05	-1,8	40	1,2	100	1,0451	0,6	0,33	0,5	0,10348
6	Criterio medioambiental de reciclado de áridos	1,1	-0,2	2	1,1	20	1,0113	0,6	0,45	0,33	0,09011
7	Criterio medioambiental de optimización del cemento	10,5	-0,001	1	1	100	0,9992	0,6	0,45	0,5	0,13489
8	Criterio medioambiental de optimización del hormigón	10,5	-0,001	1	1	100	0,9992	0,6	0,45	0,17	0,04586
9	Criterio medioambiental de control de los impactos	10,5	-0,001	1	1	100	0,9992	0,4	0,25	1	0,09992
10	Criterio medioambiental de gestión de los residuos	1,21	-0,4	40	1,6	100	0,9961	0,4	0,75	0,67	0,20022
11	Criterio medioambiental de gestión del agua	1,1	-0,4	50	2,6	100	1,0027	0,4	0,75	0,33	0,09927

1,00682

Dependiendo del tipo de hormigón que se emplee (prefabricado, de central o hecho en obra), el valor máximo de *ISMA* alcanza los valores: 1,00682, 1,00315 y 1,00315. Aunque es lógico que las diferentes condiciones medioambientales bajo las que se produce el hormigón conlleven diferentes valoraciones, no lo es que el indicador supere en los tres casos el valor máximo de 1.

Debido al enfoque integral de la sostenibilidad, el valor del *ICES* se compone desde la valoración de los aspectos medioambientales valorados por el *ISMA* y los aspectos sociales y económicos valorados con los coeficientes *a* y *b*. La limitación del $ICES \leq 1$ deja a un grupo de estructuras igualadas en la franja superior del indicador. Cuando tres estructuras ejecutadas con diferentes tipos de hormigones obtienen los máximos valores de *ISMA*, *a* y *b*, sus teóricos valores de *ICES* son mayores que 1,00, (Tabla 6), pero la Instrucción los iguala a 1,00.

Tabla 6. Valores máximos teóricos que podría alcanzar el *ICES* de una estructura durante el proceso de ejecución. Fuente: elaboración propia.

Tipo de hormigón	a	b	ISMA	ICES
Prefabricado	0,14	1,25	1,00682	1,39853
En central	0,14	1,25	1,00315	1,39394
En obra	0,14	1,25	1,00315	1,39394

Con este criterio, todas las estructura con un *ISMA* mayor o igual a 0,688 pueden alcanzar el valor máximo de *ICES* aunque su contribución medioambiental sea diferente; al tiempo que los criterios de sostenibilidad social y económica contemplados mediante los parámetros *a* y *b* resultan despreciables cuando se alcanza un $ISMA = 1$. En ese caso, el teórico peso máximo que pueden alcanzar los aspectos sociales y económicos (coeficientes *a* y *b*) es el 28,40881%, pero en la práctica, es irrelevante debido a la limitación $ICES \leq 1$, mientras que en el caso de estructuras medioambientalmente menos eficientes, que no obstante alcanzan el valor máximo de $ICES = 1$ por la contribución de los aspectos sociales y económicos, la contribución de éstos llega hasta el 31,2% ($ISMA = 0,688$).

En esta línea, la Instrucción impide que la contribución de los aspectos económicos y sociales en la valoración total de la sostenibilidad de la estructura sea mayor que la de los aspectos medioambientales ($ICES \leq 2 \cdot ISMA$). Si bien tiene cierta lógica conceptual limitar la contribución de los diferentes enfoques en la valoración final, es cuestionable que los logros obtenidos por una vía se vean limitados en función de los obtenidos por otras. No es lógico que una estructura absolutamente insostenible desde el punto de vista medioambiental, ($ISMA = 0,00949$) no pueda tener un $ICES = 0,14949$ y quede limitado a 0,01898 después de haber hecho un importante esfuerzo económico y social, porque el esfuerzo medioambiental haya sido mínimo.

Limitación que también se establece al condicionar la incidencia de la vida útil de la estructura. Dado que el valor de *b* es mayor de 1,25 para los periodos de referencia habituales superiores a 50 años: 75 ó 100 años, su limitación a $\leq 1,25$ no permite aprovechar la totalidad del esfuerzo y lo homogeniza para el caso de todas las estructuras con un periodo de vida útil mayor que el prescrito. Por otro lado, aunque en teoría es posible definir periodos de vida útil entre 50 y 100, en la práctica es complicado porque la norma no especifica de manera clara y específica los coeficientes de seguridad que se deben adoptar [8].

6. CONCLUSIÓN

El anejo 13 de la EHE-08 centra sus criterios de sostenibilidad en la valoración de criterios medioambientales como el empleo de materiales reciclados, la gestión de los residuos y la posesión de sellos de compromiso medioambiental, en decremento de los aspectos económicos y sociales.

Tal y como reconocen los autores del anejo [2] la idoneidad de la tipología estructural no está contemplada. La única valoración se limita a considerar de manera positiva el armado de losas mediante mallas electrosoldadas o armadura de mallazo soldado de tamaño no inferior a 6,00 x 6,00 m² entre los criterios de optimización del armado. Aspecto que no es habitual en edificación, donde son más frecuentes las mallas de 6,00 x 2,20 m². Con él, se pretende valorar la disminución de los recursos consumidos, y de manera más concreta, el acero; aunque su peso final en el *ISMA* es bajo y supone tan solo un 3,73 % del peso del indicador y tan solo por debajo del criterio de optimización del hormigón, que se reduce a un 0,59 %.

Aunque la propuesta de evaluación de las estructuras de hormigón mediante el anejo 13 de la EHE-08 constituye un significativo avance conceptual y metodológico en el campo de la sostenibilidad, su evolución debería revisar los dos indicadores contemplados para ajustar sus valores extremos y reconsiderar el peso de los aspectos económicos y sociales.

7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] NEILA GONZÁLEZ, J., El edificio de energía cero, in El edificio de energía cero. 2011.
- [2] Aguado, A. El índice de la contribución de las estructuras a la sostenibilidad (ICES). in Congreso Nacional de Ingeniería Civil. 2007.
- [3] EHE-08, in Instrucción de hormigón estructural. 2008: Madrid, Madrid, España.
- [4] Ormazabal Sánchez, G., El IDS: Un nuevo sistema integrado de toma de decisiones para la gestión de proyectos constructivos, in E. T. S. Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. 2002, U.P.C.: Barcelona.
- [5] Manga Conte, R., Una nueva metodología para la toma de decisión en la gestión de la contratación de proyectos constructivos, in E.T.S. Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. 2005, Universidad Politécnica de Cataluña: Barcelona.
- [6] Garrucho, I., Desarrollo de una metodología para el proceso de diseño sostenible de edificaciones industriales bajo requerimientos medioambientales, in E.T.S. de Ingenieros Industriales. 2006, Universidad del País Vasco.
- [7] Aguado de Cea, A.A.B.M., Resmundo, Razón de ser del anejo ICES de la EHE y características del mismo. *Cemento Hormigón*, 2008. **913**: p. 8.
- [8] VARGAS YÁÑEZ, A.J., Consideraciones sobre el periodo de servicio de las estructuras en la normativa española, in REHABEND 2014 Congreso Latinoamericano sobre Patología de la Construcción, Tecnología de la Rehabilitación y Gestión del Patrimonio, R. 2014, Editor. 2014: Santander.