



**Estudio de indicadores de evaluación ambiental en sistemas LEED y HADES aplicados a edificios de uso residencial, docente y cultural**

**Autor:** María Bernardette Soust Verdaguer

**Institución:** Universidad de Sevilla

## Resumen

Según datos de la Naciones Unidas actualmente más del 50% de la población mundial vive en ciudades y de ese porcentaje el 80-90% del tiempo de sus vidas la pasan dentro de edificios. Otros estudios demuestran que sector residencial y de la construcción supone uno de los que consume más recursos naturales y genera mayores impactos medioambientales, por tales motivos se plantea la necesidad de abordar la puesta en práctica de medidas que desde este sector tiendan hacia de reducción de su impacto, mejorando a su vez la calidad de vida de sus ocupantes.

Las metodologías y herramientas de evaluación ambiental de edificios han surgido hace ya más de veinte años y constituyen unos de los caminos posibles para avanzar hacia estos objetivos. En este período relativamente corto, las sucesivas generaciones de sistemas han evolucionado como resultado de la experiencia acumulada y los nuevos conocimientos adquiridos. En la literatura especializada se reconoce como clave, para estos sistemas a la hora de evaluar los edificios, el rol que tienen los indicadores ambientales. Estos juegan un importante papel hacia la definición, el análisis, valoración, determinación de perfiles y puntuaciones. Por otro lado se demuestra que existe mucho camino por andar y que los sistemas existentes aún siguen teniendo limitaciones hacia la evaluación ambiental de los edificios, en especial los aspectos sociales y económicos. También se demuestra que no hay un método estándar para identificar y determinar los indicadores según se modifiquen las características del edificio considerado.

En este contexto se plantea a partir del estudio de 2 sistemas en particular, determinar sus alcances y limitaciones a la hora de evaluar ambientalmente los edificios. Para ello se parte de analizar dos sistemas de evaluación ambiental de edificios utilizados en el contexto de España: Sistema LEED (SGBC) y herramienta HADES (GBC-España), para luego centrarse en el estudio de sus indicadores de evaluación ambiental aplicados en edificios de tipo residencial, cultural y docente. Se parte del análisis crítico de sus impactos para luego centrarse en la definición de una metodología para identificar y ordenar nuevos indicadores y recomendaciones que pueden adaptarse a los casos de estudio considerados.

**Palabras claves:** sostenibilidad; evaluación ambiental de edificios; indicadores; LEED; HADES.

## 1. INTRODUCCIÓN

Diversas son las evidencias del impacto que genera la actividad humana y en especial el sector de la construcción y los edificios sobre el medioambiente. Estudios demuestran que los edificios son los mayores consumidores de recursos naturales (Sam, 2010). Este sector es responsable de alrededor el 40% del consumo actual de recursos, incluido 12% de toda el agua fresca, y produce más del 40% de los residuos sólidos (UNEP, 2012). Entre otras consume aproximadamente el 40% de la energía producida anualmente y emite alrededor del 30% de los gases de efecto invernadero (UNEP, 2012).

Dada la insostenibilidad de consumir y explotar los recursos de nuestro entorno aparece la estrategia de la sostenibilidad como una nueva forma de entender y enfrentar este conflicto. En el contexto de la construcción, el concepto de sostenibilidad implica la creación y mantenimiento del ambiente construido al mismo tiempo que se pone el foco en minimizar el consumo de recursos y de energía, se apunta a reducir los daños en el ambiente, fomentar el reuso, el reciclado y maximizar la protección del ambiente natural (Ding, 2004). Actualmente existen diversos instrumentos en los que esta se apoya, que van desde guías y directrices de buenas practicas, evaluaciones ambientales, hasta certificaciones y bases de datos de caracterización de productos.

Las evaluaciones ambientales de edificios surgen hace más de veinte años, con la aparición del método BREEAM. Las sucesivas generaciones de sistemas han evolucionado como resultado de la experiencia acumulada y los nuevos conocimientos adquiridos (Cole, 2005).

En el contexto de España, el Observatorio de la Sostenibilidad de España, reconoce la existencia de varios instrumentos de “certificación” del desempeño ambiental de edificios, entre los cuales se encuentran la herramienta HADES, la más recientemente lanzada – setiembre 2011-y el sistema LEED, el más extendido a nivel mundial (Nguyen & Altan 2011). Ambos serán los sistemas en los que se centrará el trabajo.

Varios autores hacen hincapié en las limitaciones e inflexibilidades que presentaban estos instrumentos a la hora de evaluar ambientalmente los edificios, así como también coinciden en afirmar que los aspectos sociales y económicos no son explícitamente abordados en muchos de estos instrumentos (Zimmerman & Kibert, 2007; Sev, 2011).

Por otra parte estos sistemas presentan limitaciones en su aplicación desde el punto de vista del programa edilicio. Si nos centramos en los sistemas que aborda este trabajo, la herramienta HADES (GBC España) se ha desarrollado limitada al diseño del sector residencial; por otro lado la herramienta LEED (Spain GBC) ha establecido una clasificación de sistemas según el programa edilicio, aunque para el caso de España permanece parcialmente en fase experimental. Zimmerman y Kibert (2007) reconocen que estas variaciones introducidas para adaptarse a distintos tipos de edificios aún no han podido resolver aspectos vinculados a la escala y la adaptabilidad bio-regional. En

este sentido, entendemos fundamental la necesidad de ampliar el análisis en relación a la aplicabilidad de estas herramientas en función de los distintos programas edilicios.

Por otra parte la literatura especializada reconoce como clave, para estos sistemas, el rol de los indicadores ambientales a la hora de evaluar los edificios. Estos juegan un importante papel hacia la definición, el análisis, valoración, determinación de perfiles y puntuaciones (Mateus & Bragança, 2011).

A través de la revisión de diversas fuentes bibliográficas se ha podido constatar que no hay un único método estándar para identificar y determinar los indicadores según se modifiquen las características del edificio considerado. Diversos autores coinciden que para el caso de este sistema se sigue tratando de instrumentos de “talla única” en lo que refiere a los aspectos e indicadores a evaluar y donde se pierden condiciones particulares y locales (Zimmerman & Kibert 2007; Sev, 2011), sobre todo aquellas que tienen que ver con aspectos sociales y económicos (Cole, 2005).

## **2. ANTECEDENTES**

Actualmente existe una gran cantidad de tipologías de instrumentos en los que se apoya se apoya la adaptación del concepto de sostenibilidad hacia el sector de la construcción. A continuación se definen algunas de categorías en las que se sitúan estos instrumentos basado en la clasificación realizada por Llatas et al, (2010) y el IEA Annex 31(2001), de acuerdo la naturaleza de los instrumentos:

- **Softwares de simulación energética**

Estos representan herramientas para evaluar y simular las características energéticas de los edificios. Generalmente sirven como herramienta complementaria a algún otro sistema o instrumento de evaluación ( IEA ANNEX 31, 2001).

Estos constituyen herramientas que orientan la toma de decisiones, en general se trata de instrumentos que se aproximan al comportamiento energético de los edificios.

- **Guías y directorios de construcción sostenible: guías de buenas prácticas en construcción.**

Se basan en orientar y establecer bases de referencia, generalmente se trata de manuales o guías de buenas prácticas.

Generalmente suelen proveer aproximaciones básicas y objetivos a futuro dependiendo el tema, grado de detalle y nivel de estrategia política, por el contrario suelen ser bastante generales para la planificación (IEA ANNEX 31, 2001).

- **Bases de datos de productos y sistemas de caracterización ambiental, etiquetas ecológicas.**

Actualmente existe una gran variedad de estas herramientas, que generalmente están orientadas a productos utilizados en la construcción. Su función principal es asegurar un determinado desempeño basado en normas técnicas, códigos u otras normativas.

- **Evaluaciones ambientales: evaluaciones de desempeño, análisis de ciclo de vida, evaluaciones de impacto ambiental.**

Constituyen instrumentos para evaluar el desempeño de los edificios. Generalmente se trata de métodos o herramientas, utilizados para orientar la toma de decisiones en el proceso de diseño y construcción del edificio, y/o como evaluación de impactos producidos por el edificio en el ambiente. A nivel general podemos clasificarlas en dos grupos, de acuerdo a los criterios de clasificación establecidos por Reijnders y van Roekel (1999), el primer grupo de evaluaciones, también llamado de métodos y herramienta tipo check-list, nos indica la relativa “responsabilidad ambiental” definida por un número de características de desempeño del edificio.

El segundo grupo se basa en la aproximación al Análisis de ciclo de vida del edificio, cuyo marco normativo se inicia a partir de las serie de normas ISO 14040 (ISO, 2006) y continua con las normas EN 15643-1 (EN, 2011b). Estos instrumentos permiten realizar una evaluación ambiental cuantitativa del diseño del edificio, componentes y elección de materiales (Reijnders & Van Roekel, 1999).

## **2.1 Sistemas de evaluación ambiental tipo check-list**

Estos sistemas de evaluación como definíamos anteriormente, se basan en la aplicación de criterios y medidas entendidas como necesarias para reducir el impacto de los edificios en el entorno. Sus roles principales son el de establecer un marco de referencia de cara a la evaluación del desempeño ambiental de los edificios y el servir como instrumento para orientar la toma de decisiones.

Su evolución histórica se inicia hace más de 20 años, con el lanzamiento del primer método de evaluación, BREEAM (Gran Bretaña). Actualmente existen en el mundo cerca de 600 herramientas y métodos (Reed et al, 2009). Conformando la primera generación se encuentran métodos tales como el CASBEE (Japón), LEED (EEUU), HQE (Francia) este último a diferencia del método BREEAM o el sistema LEED no ha expandido su ámbito de aplicación más allá del ámbito geográfico para el que fue diseñado.

Más adelante fruto de la evolución de estos instrumentos aparece la segunda generación, en los cuales se destaca la intención de realizar un abordaje más holístico hacia la evaluación y orientación en la toma de decisiones (Ebert et al, 2011). Estas herramientas incorporan aspectos de las herramientas de análisis de ciclo de vida y medios de verificación del cumplimiento de criterios de forma más sencilla.

Esta generación está guiada por la herramienta SBTool, que mediante su adaptación a diversos contextos ha derivado en la aparición de herramientas como VERDE y HADES

(España), SBTool (Portugal), Protocolo ITACA (Italia), SBTool CZ (República Checa), TQ (Austria).

## **2.2 Rol de criterios e indicadores**

Las herramientas y métodos de evaluación utilizan criterios e indicadores como instrumentos para la evaluación. Los indicadores se diferencian de los criterios, dado que éstos últimos sirven para definir características consideradas importantes de ser juzgado su cumplimiento, al tiempo que los indicadores son medidas que responden a esos criterios, es decir describen la dirección del cambio (Haapio, 2008).

De modo que dependiendo del ámbito de aplicación y el propósito de lo que se quiera medir será definido el tipo, unidad y magnitud de estos indicadores. Los diferentes tipos de instrumentos de evaluación utilizan de forma diferente a los indicadores de sostenibilidad. Los sistemas tipo ACV miden de forma numérica los impactos de consecuencias que ejercen los edificios en el medioambiente, mientras que los indicadores de los sistemas tipo check-list miden el grado de cumplimiento de criterios y cualidades que debe poseer el edificio, cuyo cumplimiento se entienden de forma empírica o consensuada tiende a minimizar el impacto de los edificio en el medioambiente.

## **3. OBJETIVO Y METODOLOGÍA**

El trabajo tiene por objetivo general el estudio de los indicadores aplicados en los sistemas HADES y LEED en edificios de uso residencial, educacional y cultural a partir de su aplicación experimental en edificios construidos en Andalucía. Nos interesará apuntar a programas edilicios donde la componente social sea relevante. En este contexto se llevará adelante el estudio de 2 sistemas de evaluación ambiental utilizados en España: Sistema LEED (LEED (Spain Green Building Council) y herramienta HADES (Green Building Council de España, sistema VERDE). Partimos de analizar experimentalmente la aplicación de estos sistemas a casos seleccionados en el contexto de Andalucía - edificios de tipo residencial, cultural y docente-, luego nos centraremos en la discusión de los resultados obtenidos. Posteriormente se analizarán criterios e indicadores para luego identificar sus limitaciones y por último se desarrollarán las conclusiones.

## **4. APLICACIÓN EN CASOS DE ESTUDIO**

### **4.1 Elección de sistemas de evaluación**

Para la elección de los sistemas de evaluación se ha buscado utilizar sistemas de la primera y la segunda generación. De modo que hemos querido elegir, por un lado un sistema que pertenezca a la primera generación y que sea aplicable al contexto y casos de estudio elegidos. El sistema LEED es el más extendido a nivel mundial (Nguyen & Altan, 2011), y constituye un sistema que puede ser aplicado a los ejemplos considerados. Por otra parte buscamos la aplicación de un sistema de segunda generación como lo es el HADES, adaptado al contexto de España y a su vez adaptado a

un tipo de programa edilicio en particular, el residencial. Esto nos aseguraría generar 2 situaciones posibles que nos permitieran comparar formas de evaluar y resultados obtenidos.

Interesará comparar entre programas donde existe adaptación del sistema de evaluación LEED, a características tipológicas y regionales como es el caso del programa universitario; y programas donde no exista adaptación como es el caso de los programas de tipo cultural. Para los edificios de tipo residencial se buscó comparar casos de estudio evaluados mediante ambos sistemas.

#### **4.2 Elección de casos de estudio**

Este trabajo pretende abordar experimentalmente algunas instancias del análisis partiendo del estudio de su aplicación casos concretos. Varios autores afirman que los aspectos sociales y económicos no son explícitamente abordados en muchos de estos instrumentos (Zimmerman & Kibert, 2007; Sev, 2011). Por tal motivo nos interesa analizar experimentalmente la aplicación de los sistemas de evaluación en programas edilicios donde la componente social sea uno de los aspectos sustanciales del programa, donde aparezca como objetivo único o principal del edificio la generación de actividades de tipo social y cultural, tales como centros de barrio, culturales o bibliotecas. Los edificios de tipo universitario o docente, también representan programas que suelen combinar además de las actividades educativas, sociales y culturales. En este sentido los programas elegidos para llevar adelante las evaluaciones serán centro cultural, biblioteca, edificio universitario y residencial.

Los casos de estudio elegidos fueron los siguientes:

- Viviendas en Conil de la Frontera (Cádiz)
- Viviendas en Puerto Real (Cádiz)
- Cibercentro en Sevilla (Sevilla)
- Biblioteca en Cañada Rosal (Sevilla)
- Facultad de Ciencias de la Salud (Granada)

Los resultados obtenidos mediante la aplicación del sistema LEED a los casos de estudio seleccionados han sido los siguientes:

EDIFICIO	Sitio sostenible	Eficiencia del agua	Energía y atmósfera	Materiales y recursos	Calidad interior del aire	Innovación	Prioridad Regional	Total
<b>Viviendas Conil</b>	4	0	4	0	4	0	0	12
<b>Viviendas Puerto Real</b>	16	2	6	0	4	0	0	28
<b>Cibercentro Sevilla</b>	9	4	7	0	4	0	0	24
<b>Biblioteca Cañada Rosal</b>	8	4	2	0	4	0	0	18
<b>Facultad de Ciencias de la Salud Granada</b>	16	6	17	1	2	0	0	48
<b>Puntajes máximos para edificios nuevos</b>	24	11	33	13	19	6	4	110
<b>Puntajes máximos para edificios nuevos</b>	26	10	35	14	15	6	4	110

Figura 1. Resultados obtenidos en casos de estudio donde se aplicó sistemas de evaluación LEED (fuente: elaboración propia)

A nivel general se observa que de los casos estudiados únicamente 1 caso ha alcanzado en primer rango<sup>1</sup> en la escala evaluaciones establecido por el sistema LEED. Eso demuestra la existencia de un bajo nivel de cumplimiento de los criterios y medidas exigidas. Más adelante analizaremos las posibles causas de esta situación.

<sup>1</sup> Este sistema establece el siguiente rango de calificaciones de acuerdo a las puntuaciones obtenidas: de 40-49 PUNTOS : CERTIFICADO, de 50-59 PUNTOS : PLATA, de 60-79 PUNTOS : ORO, 80 PUNTOS Y MÁS: PLATINO.



Los resultados obtenidos mediante la aplicación de la herramienta HADES fueron los siguientes:

EDIFICIO	Puntajes obtenidos
Viviendas CONIL	0,78 PUNTOS
Viviendas PUERTO REAL	1,95 PUNTOS

Figura 2. Resultados obtenidos mediante la aplicación de la herramienta HADES a los casos de edificios residenciales (fuente: elaboración propia)

Los puntajes fueron obtenidos sobre un total de 5 puntos máx.

## 5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 5.1 Análisis de dificultades en la aplicabilidad de los sistemas a los casos de estudio

En primer término nos centraremos en analizar a nivel general las dificultades en la aplicabilidad de los sistemas para luego discutir con mayor profundidad las posibles causas o razones que derivaron hacia los resultados obtenidos. Las dificultades experimentadas en la aplicación de los sistemas de evaluación a los casos de estudio se organizar en los siguientes grupos:

- a. Inexistencia de información relativa a etapas de proyecto/construcción, especialmente referidas a procedimientos y procesos
- b. Imposibilidad de demostrar compatibilidades normativas
- c. Inexistencia de información sobre datos de productos / materiales / componentes, referidas al cumplimiento o no con ciertas certificaciones, sellos, normas técnicas, o características.
- d. Inexistencia de información sobre evaluaciones del desempeño del edificio
- e. Inexistencia de información sobre fase de ocupación

En la siguiente tabla se cuantifica el porcentaje de dificultades según sistema de evaluación, calculado en función del número de criterios, prerrequisitos y créditos que contiene cada sistema.

	Herramienta HADES	Sistema LEED
<b>información sobre etapa de proyecto/construcción</b>	<b>8</b>	<b>30</b>
<b>compatibilidades normativas</b>	<b>-</b>	<b>19</b>

<b>información sobre datos de productos</b>	<b>-</b>	<b>16</b>
<b>evaluaciones de desempeño</b>	<b>17</b>	<b>2</b>
<b>información sobre fase de ocupación</b>	<b>25</b>	<b>7</b>
<b>Porcentaje total de dificultades identificadas</b>	<b>50</b>	<b>74</b>

Figura 3. Porcentaje de dificultades identificadas en cada uno de los sistemas durante el proceso de evaluación (fuente: elaboración propia).

Comparativamente la mayor cantidad y tipo de dificultades han surgido en la aplicación del sistema LEED, y mayoritariamente fue debido a la inexistencia de información sobre el proyecto o las fases de construcción.

Analizando los casos estudiados donde se obtuvieron mayores dificultades fue en los casos de programas de vivienda (Vivienda Conil) y cultural (Biblioteca en Cañada Rosales), especialmente aquellos que no incorporaban buenas prácticas ecológicas.

### 5.3 Análisis comparativo de ambos sistemas

Los resultados obtenidos para lo casos de estudio donde se ha aplicado ambos sistemas de evaluación han guardado coherencia. Aplicando ambos sistemas los mejores resultados se han obtenido en el mismo caso de estudio (Vivienda Puerto Real).

	<b>Sistema LEED</b>	<b>Herramienta HADES</b>
<b>Viviendas CONIL</b>	12 PUNTOS	0,78 PUNTOS
<b>Viviendas PUERTO REAL</b>	28 PUNTOS	1,95 PUNTOS

Figura 4. Comparación de resultados obtenidos en casos de estudio donde se aplicaron ambos sistemas de evaluación (fuente: elaboración propia)

Ahora bien si analizamos comparativamente ambas herramientas vemos que para el caso de la herramienta HADES, se han detectado un número menor de dificultades.

Esto se debe principalmente a que:

- se ha personalizado de acuerdo al modelo de construcción español por el propio diseño y forma de demostrar el cumplimiento de los criterios y medidas.
- pretende ser una herramienta para la ayuda en la toma de decisiones.
- no requiere la aplicación de herramienta auxiliares u otro tipo de evaluaciones, exceptuando las evaluaciones del desempeño energético.

A continuación analizaremos las fortalezas y limitaciones de ambos sistemas en el ámbito de su aplicación a los casos de estudio:

Las desventajas de la aplicación de la herramienta HADES frente al sistema LEED:

- el ámbito de evaluación se ha limitado al espacio interior en detrimento del contexto urbano
- no se han evaluado aspectos referidos al confort térmico, acústico, mantenimiento, entre otros.
- no se han evaluado aspectos funcionales tales como mantenimiento, seguridad, accesibilidad
- la evaluación se ha centrado en aspectos que inciden sobre indicadores de impacto de consecuencia ambiental, dejando a un lado aspectos sociales y económicos, únicamente evaluados mediante 1 criterio.
- en algunos créditos no se ahonda en aspectos cuantitativos, ej “RN4\_2 uso de elementos prefabricados”, donde no se especifica cuantías mínimas exigidas.

Las ventajas identificadas han sido las siguientes:

- la adaptación del sistema de evaluación al programa ha permitido remitirse a algunas de las cuestiones más significativas en relación al desempeño ambiental del edificio (energía, recursos naturales, parcela, ambiente interior).
- el sistema de evaluación se compone de medidas concretas de rápida verificación de tipo pautas de diseño.

#### **5.4 Tipificación de instrumentos de evaluación**

De este pequeño análisis vemos que el rol de la verificación y demostración del cumplimiento de los créditos juega un papel clave, dado que facilita o dificulta la demostración de su cumplimiento y por otro lado determina el grado de precisión hacia el daño o problema ambiental hacia donde se dirige.

A continuación nos centraremos en analizar cuáles han sido los instrumentos utilizados por cada uno de los sistemas en los que se apoyan para llevar adelante las evaluaciones.

Nos detendremos en establecer tipificaciones sobre la forma de cumplimiento de los créditos o criterios exigidos donde hemos identificado las siguientes tipologías:

a. Medidas de tipo aplicación de normas técnicas y procedimientos, son las que presentan una gran dependencia con el contexto en el que se apliquen, y por otra parte si el ámbito de aplicación se modifica se dificulta asegurar su cumplimiento.

- b. Medidas de tipo certificaciones de productos, apuntan a la demostración del cumplimiento de sellos ecológicos, o certificaciones de desempeño ambiental.
- c. Medidas que tiene que ver con fases de uso del edificio. Este constituye el grupo de criterios donde en ocasiones, si no se efectúa un seguimiento o trayectoria temporal su aplicación pierde eficacia.
- d. Simulaciones de desempeño, constituyen herramientas auxiliares en las que se apoyan los procesos de evaluación. Su utilización en ocasiones está sujeta a normas o criterios de aplicación.
- e. Medidas de tipo plan de gestión se basan en la demostración de la aplicación de procedimientos o planes de seguimiento y control de acuerdo a protocolos establecidos.
- f. Las medidas tipo pautas de diseño, presentan una mayor facilidad en la demostración de su cumplimiento, ya que mediante procedimientos sencillos es posible demostrar características o aspectos de lo edificios. Por otra parte constituyen medidas donde en ocasiones tienen mayor grado de inexactitud y rigor científico. Varios estudios científicos han demostrado que ciertas medidas de este tipo prescriptivo o de pautas de diseño no corresponden las soluciones más ambientalmente respetuosas o que pueden ser suplidas por otras medidas más sencillas, veremos más adelante algunos ejemplos de ello.

	Normas técnicas	Certificaciones de productos	Fases de uso del edificio	Simulación de desempeño	Plan de gestión	Pautas de diseño
HADES	8	-	-	8	-	83
LEED	11,8	7	8.6	8.6	17	46,8

**Figura 5. Porcentaje de criterios y prerrequisitos donde son aplicados instrumentos de evaluación tipificados anteriormente (fuente: elaboración propia)**

Comparativamente vemos que el sistema HADES ha utilizado mayoritariamente medidas de tipo pautas de diseño. Esto ha facilitado la verificación del cumplimiento de los criterios, hecho que ha repercutido sobre los porcentajes de dificultades identificadas.

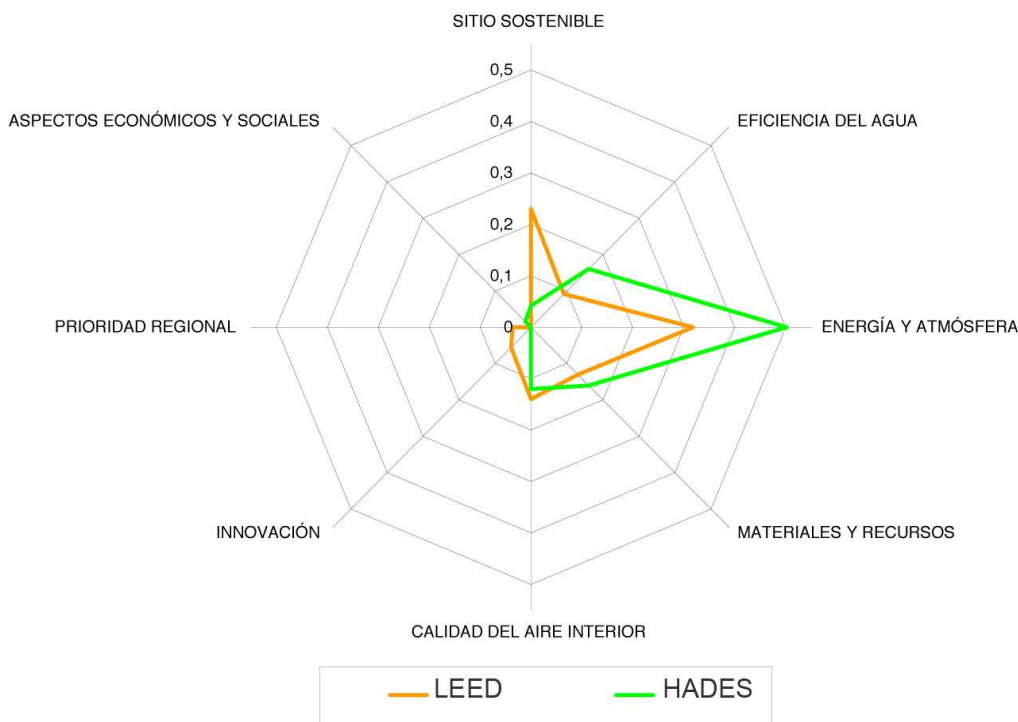
El sistema LEED en el cual se ha encontrado un mayor número de dificultades ha utilizado instrumentos que dependen fuertemente del contexto de aplicación tales como normas técnicas y certificaciones de productos.

## 5.5 Comparación de aspectos evaluados

En el apartado anterior se han analizado las ventajas y desventajas de ambos sistemas en términos operativos y del alcance de los criterios e indicadores evaluados. A continuación nos centraremos en analizar el peso relativo que se les otorga a cada uno de estos.

Entendemos que existe una fuerte incidencia entre los criterios e indicadores y los pesos relativos que se les otorgan a cada uno de los aspectos evaluados, dado que esto es lo que determina entre otras los objetivos y las formas en las que se miden aspectos a los que apunta cada sistema.

En una escala de 0 al 1 se han relacionado los puntos porcentuales que se les otorga a cada tema. Graficados mediante un rotograma (Figura 6) se puede visualizar claramente los temas donde se concentran la mayor cantidad de puntos que otorga cada sistema.



**Figura 6.** Rotograma donde se representa los pesos relativos que le otorga cada sistema de evaluación agrupado por tema (Fuente: elaboración propia)

Los resultados de la comparación de ambos sistemas revelan que la forma en la que se distribuyen los pesos relativos agrupados según tema es diferente en cada uno de ellos. En el caso de la herramienta HADES se le otorga un peso de más del 50% a los aspectos energéticos y el resto a recursos naturales, ambiente interior, parcela y emplazamiento y aspectos sociales y económicos. Este sistema le ha dado la máxima prioridad a los aspectos energéticos, los cuales inciden directamente sobre cambio climático y sus causas (emisiones de CO<sub>2</sub>, efecto invernadero). Probablemente esto se deba al fuerte

hincapié que se le ha otorgado al cambio climático y sus efectos en detrimento de otros impactos. Por otra parte se trata de recursos sujetos fuertemente a la economía de mercado, dado que se trata de recursos naturales no renovables o renovables donde para su utilización es imprescindible la intervención del hombre.

Aspectos como el agua y los materiales, a los cuales se les otorga un peso relativo menor (16% en cada uno), se encuentran en este contexto aún en segundo plano. Los recursos hídricos constituyen recursos renovables pero su abundancia o escasez depende directamente de las características climáticas locales. En el contexto de España a pesar de existir diferentes zonas climáticas donde la abundancia o escasez de este recurso varía considerablemente se les ha otorgado el mismo peso relativo.

### 5.6 Aspectos evaluados implícitamente

Por otra parte vemos que la forma de organizar y ordenar temáticamente cada uno de los sistemas de evaluación es diferente. A continuación nos centraremos en identificar aspectos que mediante criterios e indicadores son evaluados implícitamente por estos sistemas.

Partiremos de identificar las escalas de impacto de los criterios e indicadores utilizados por cada uno de los sistemas. Entendemos que muchos de los criterios establecidos impactan indirectamente sobre escalas interiores, locales y globales.

Impactos detectados a Nivel interior:

IMPACTO evaluado	LEED	HADES
Seguridad y salud de los operarios que trabajan en la etapa de construcción	O	
Salud de los usuarios y ocupantes	O	O
Confort térmico de los usuarios y ocupantes	O	
Confort visual (vistas y lumínico) de los usuarios y ocupantes	O	O
Contaminación del aire interior	O	
Consumo energético en fase de uso	O	O
Consumo de agua	O	O

Figura 7. Comparación de impactos a nivel interior evaluados por cada uno de los sistemas

Impactos detectados a Nivel local:

IMPACTO evaluado	LEED	HADES
Uso de transporte público	<input type="radio"/>	
Convivialidad y conexión con la comunidad	<input type="radio"/>	
Prevención de la contaminación del suelo	<input type="radio"/>	
Uso del suelo urbanizado	<input type="radio"/>	
Promoción áreas verdes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Uso de vegetación adaptada al clima	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Recuperación de suelo contaminado	<input type="radio"/>	
Contaminación de recursos hídricos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sociedad y economía local	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Radiaciones UV sobre nivel suelo y cubierta	<input type="radio"/>	
Producción de residuos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Consumo de recursos renovables	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Consumo de recursos no renovables	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Contaminación del aire exterior	<input type="radio"/>	

Figura 8. Comparación de impactos a nivel local evaluados por cada uno de los sistemas

Impactos detectados a Nivel Global:

IMPACTO evaluado	LEED	HADES
Emisiones de CO2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cambio climático	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cambios en la biodiversidad	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fuentes de contaminación	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Figura 9. Comparación de impactos a nivel global evaluados por cada uno de los sistemas

Comparativamente los criterios e indicadores utilizados en el sistema HADES impactan mayoritariamente sobre aspectos a escala global y parte de aspectos interiores, mientras que los evaluados en el sistema LEED también prestan atención a la comunidad y la relación del edificio con el entorno.

#### **4.5 Definición de limitaciones de los sistemas de evaluación estudiados**

Varios autores (Cole, 1998; Ding, 2004; Sev, 2011) reconocen que estos sistemas presentan limitaciones. Analicemos a partir de los resultados obtenidos y la bibliografía especializada cuales podrían ser las limitaciones de los sistemas estudiados.

##### **4.5.1 Limitaciones desde el punto de vista científico**

Como hemos podido comprobar en Figura 5, ambos sistemas analizados basan los mayoritariamente los procedimientos de evaluación de la aplicación de pautas de diseño. Esto presenta ciertos riesgos, dado que su aplicación indiscriminada sin analizar el resto de las variables, puede no ser siempre la opción más sostenible. Un ejemplo de esto lo constituye el trabajo realizado por Hodgson et al, (2003) sobre Compuesto Orgánicos Volátiles. Donde se demuestra que la exigencia de limitar su utilización en los créditos de “Calidad del aire interior” puede resolverse con medidas pasivas tales como algunas horas de ventilación diaria (Hodgson et al, 2003).

Por otra parte para el caso de la herramienta HADES, como veíamos anteriormente existe una relación entre criterios científicos y adaptaciones a criterios e indicadores locales, pero como se ha demostrado anteriormente las forma de medir y cuantificar impactos e indicadores no se basa en cuantificaciones a escala del edificio, se realiza a un nivel genérico. Esto produce que el grado de exactitud frente a los resultados obtenidos sea limitado.

##### **4.5.2 Limitaciones en evaluaciones de recursos**

Otra de las limitaciones identificadas se sitúa del lado en la evaluación de materiales y recursos. Se ha podido observar que ninguno de los sistemas de evaluación tiene en cuenta los recursos humanos en los criterios de evaluación.

El sector de construcción es uno de los sectores que más mano de obra indirecta emplea. Ambos sistema premian la utilización de materiales locales pero no tiene en cuenta por ejemplo la utilización de mano de obra local. Este indicador tiene incidencia sobre aspectos sociales y económicos a nivel local. Este, así como la utilización de materiales de la zona es un factor de suma importancia en la evaluación de la sostenibilidad de un edificio, ya que se vincula al mantenimiento y la capacidad de activar social y económicamente la zona de implantación del edificio.

Este factor no es tenido en cuenta en el otorgamiento de créditos y entendemos que debería formar parte de él. El trabajo desarrollado por el equipo de Mediomundo sobre la



trazabilidad de algunos sus proyectos desarrollados intenta rescatar y poner en evidencia estos factores (MEDIOMUNDO, 2012).

#### **4.5.3 Soluciones a problemas locales vs problemas globales**

Por otro lado los criterios utilizados en las evaluaciones muchas veces responden a patologías o conflictos propios de las características urbanas, así como la existencia o ausencia de normativas propias de la zona de origen del método. Esto hace que muchas veces la aplicabilidad de criterios y medidas como buena practica ambiental dependa del contexto en el que se apliquen. Un ejemplo de este caso lo constituyen los créditos de efectos isla de calor en techo y suelo, (C 7.1 Efecto Isla de Calor-No-Tejado y C 7.2 Efecto Isla de Calor-Tejado). En el contexto norteamericano este fenómeno es muy típico y ha provocado según demuestran varias investigaciones un incremento en la temperatura media en las áreas urbanizadas. Este fenómeno hace alterar enormemente las condiciones de confort en entornos urbanos cuando existen grandes superficies expuestas al exterior (techos o suelos), cubiertas o fabricadas con materiales impermeables que alcanzan temperaturas superficiales superiores a la del aire. Probablemente estos créditos hayan surgido para evitar ese fenómeno, cuyas consecuencias y magnitud varía incluso dentro del propio territorio de EEUU. Eijadi et al, 2002 demuestran la variación de las consecuencias del efecto isla de calor en diferentes ciudades del territorio de EEUU, esto muestra que los beneficios ambientales de su aplicación dependen del contexto donde se apliquen. De ahí la importancia en establecer a nivel regional adaptaciones que sean capaces de identificar este tipo de conflictos y generar soluciones para los mismos.

En contraposición a este caso existen otro tipo de estrategias que se basa en el cumplimiento de criterios e indicadores que describen genéricamente características de la construcción sostenible. Es decir se apunta a exigir el cumplimiento de medidas cuyo impacto o aportación a la sostenibilidad puede ser limitado o relativo en función del contexto en que nos situemos. Existen varios ejemplos que demuestran que muchas de estas medidas genéricas no constituyen necesariamente las soluciones más sostenibles aplicadas en cualquier caso. Si consideramos el ejemplo de los cascos antiguos de las ciudades mediterráneas, o en ciudades de medio oriente con climas áridos, sus características morfológicas muy adaptadas al clima se contraponen a las exigencias de generación de grandes espacios verdes en los espacios exteriores de los edificios propuestas en los créditos 5.1 y 5.2 desarrollo de la parcela del sistema LEED.

#### **4.5.4 Ponderación de criterios e indicadores**

Como hemos podido comprobar anteriormente los criterios para definir las ponderaciones y pesos relativos de criterios de evaluación e indicadores varían considerablemente en cada sistema.

De acuerdo a los resultados representado en la Figura 6, podemos observar que la forma de evaluar la sostenibilidad de los edificios para la herramienta HADES se basa

mayoritariamente en su desempeño energético (representa el 50% de los posibles puntos a obtener). En este caso la evaluación de la sostenibilidad incorpora temas como la parcela, el agua, los materiales, la calidad de los ambientes interiores y aspectos sociales y económicos otorgándoles a la totalidad de los aspectos el porcentaje restante.

En el caso del sistema LEED, se ha podido comprobar que comparativamente se distribuye su peso relativo de forma más uniforme en cada uno de los temas abordados. Por el contrario, la existencia de créditos optativos hace que muchas veces la dirección hacia donde es dirigida la obtención de los créditos queda a criterio de los actores involucrados. Esto hace que muchas veces se tienda hacer cumplir aquellos créditos donde las inversiones iniciales sean menores.

Por otra parte esto produce que se equipare el valor de los impactos o cuestiones a tener en cuenta en la evaluación, es decir se equipara el peso relativo de cuestiones que a veces tienen impactos y alcances diferentes. En ese caso sería oportuno analizar el impacto de los diferentes créditos a fin de establecer mecanismos más justos –que más se aproximen a la realidad- para la concesión de créditos. Ding (2004) sitúa a este aspecto como una de sus debilidades, y los sitúa como uno de los grandes obstáculos para la aceptación de estos métodos. La ponderación de protocolos podría ayudar a elegir los problemas que verdaderamente son significativos a la hora de abordar el proyecto (Cole, 2005).

Si los impactos y consecuencias ambientales producidos por los edificios varían según la escala, el tipo de edificio y su contexto, la forma de evaluar y medir esos impactos debería también variar conforme a se modifiquen estas cuestiones.

Esto implica que debería existir un peso relativo diferente para criterios e indicadores, dependiendo del contexto, la escala y el programa o tipo de edificio que se trate. Si consideramos programas edilicios de viviendas ubicado en una zona densamente poblada y dotada de servicios, seguramente la aplicación de medidas para recuperación de aguas grises no tendrá el mismo impacto y viabilidad económica que para un edificio de tipo universitario situado en un campus en un área perimetral de la ciudad.

Por otra parte la forma de aplicar las medidas asociadas en el caso de la herramienta HADES, se presenta de forma restringida y poco precisa, sujeta a la aplicación de medidas tipo pautas de diseño mayoritariamente (más del 80% según Figura 5). Un ejemplo de ello lo constituye la medida “RN3\_2: uso de materiales o elementos reutilizados”, donde no se especifica ni el porcentaje mínimo de materiales de la obra que deben contener materiales reutilizados para que se de por válido su cumplimiento ni tampoco por ejemplo el porcentaje materias primas reutilizadas que deben contener estos materiales.

#### **4.5.5 Intereses económicos implícitos**

Para el caso de la herramienta LEED, estudios demuestran que un incremento en el número de créditos obtenidos no necesariamente implica una mayor responsabilidad ambiental en el diseño del edificio (Eijadi et al 2002). Esto prueba que a la hora de aplicar este método la forma de orientar la toma de decisiones juega un rol clave. Aquí, el sentido o valor ambiental no está dado en la aplicación del propio método sino el sentido que se le da a su aplicación.

En el caso de la herramienta HADES, la ponderación de los criterios e indicadores esta orientada mayoritariamente hacia los recursos energéticos, donde comparativamente existen los mayores intereses económicos implícitos.

En este momento cabe hacer la siguiente reflexión sobre hasta que punto los criterios y las exigencias ecológicas pueden aguantar la presión de los aspectos económicos y financieros que está detrás de estas prácticas.

Ante esta limitación varios autores (Ding, 2008) hacen hincapié en la necesidad de orientar la toma de decisiones mediante sistemas más abiertos y que incluyan más aspectos de la realidad como por ejemplo lo son los sistemas multicriteriales (Ding, 2008; Soebarto & Williamson, 2001) sistemas blandos, más flexibles.

#### **4.5.6 Desempeño del edificio**

El uso del edificio y su respuesta espacial y funcional forma una parte importante de su desempeño. De modo que consideramos que las evaluaciones ambientales deben tener en cuenta este aspecto como una parte importante, ya que es lo que vincula al edificio con el usuario.

Para esto son necesarios mecanismos de aproximación al desempeño social y funcional del edificio. Concretamente la norma prEN 16309 de evaluación del comportamiento social de los edificios plantea métodos de aproximación y evaluación de éstas cuestiones (ISO, 2011). En esta se definen algunos aspectos claves a considerar tales como: accesibilidad (universal y urbana), adaptabilidad, mantenimiento, características espaciales, confort acústico o seguridad.

Vemos que ningunos de los sistemas abordados ha plantado estas cuestiones a la hora de evaluar el desempeño de los edificios.

### **5. CONCLUSIONES**

#### **5.1 Conclusiones sobre las evaluaciones**

A través de este trabajo hemos podido comprobar experimentalmente las fortalezas y debilidades de estos sistemas a la hora de su utilización como instrumento de evaluación ambiental de edificios.

Se ha comprobado la existencia de diferentes tipos de dificultades a la hora de su aplicación, tales como inexistencia o ausencia de datos relacionados al proyecto y etapas de toma de decisiones en fase de proyecto y ejecución, la ausencia de información referida a evaluaciones del desempeño del edificio, la ausencia de información referida a procedimientos y procesos llevados adelante durante la obra y/o fase de ocupación del edificio, imposibilidad de demostrar correspondencia entre normas, procedimientos y códigos con relación a los exigidos por el sistema, inexistencia o ausencia de datos en relación a fases de ocupación de los edificios

La totalidad de las dificultades se presentaron durante la aplicación del sistema LEED, y solamente las 2 últimas fueron identificadas en la herramienta HADES.

Esto nos permite concluir que para los casos de estudio, el tipo y cantidad de dificultades ha sido menor en el caso de la herramienta HADES que para el caso del sistema LEED. Esto nos confirma que la adaptación al caso de España de la herramienta SBTool (proyecto desde donde surge), permite obtener resultados sobre el desempeño ambiental de viviendas en Andalucía. En relación al sistema LEED los resultados obtenidos y las medidas o criterios exigidos para su cumplimiento presenta para el caso de España y en especial Andalucía, mayores dificultades para su cumplimiento.

Los resultados obtenidos guardan coherencia con relación a la existencia de buenas prácticas ambientales; estos sistemas fueron capaces de reconocer y calificar gran parte de las buenas prácticas ambientales aplicadas en los edificios. Los resultados de las evaluaciones por otra parte guardan coherencia con los aspectos cualitativos y cuantitativos de los mismos.

Hemos comprobado que las buenas calificaciones obtenidas mediante estos sistemas no sólo dependen de las incorporaciones de buenas prácticas ecológicas que se llevan adelante en el proyecto sino de la capacidad de las metodologías y herramientas en poder reconocer y calificar éstas prácticas.

Por otra parte se ha podido comprobar que los resultados obtenidos en las evaluaciones dependían más de las buenas prácticas ambientales que incorporaban los edificios que de las propias características de los programas edilicios.

Si comparamos los resultados obtenidos en la aplicación de ambos sistemas para el caso de viviendas (tipología que han sido aplicados ambas sistemas), estos guardan coherencia a nivel general. Las viviendas de Puerto Real han obtenido en ambas ocasiones las mejores puntuaciones. En el siguiente gráfico se presentan los resultados organizados por sistema de evaluación:

	Sistema LEED		Herramienta HADES	
	Calificación obtenida	porcentaje de créditos obtenidos sobre puntaje máximo	Calificación obtenida	porcentaje de créditos obtenidos sobre puntaje máximo
Viviendas CONIL	12 PUNTOS	10%	0,78 PUNTOS	15%
Viviendas PUERTO REAL	28 PUNTOS	25%	1,95 PUNTOS	39%

Figura 10. Comparación de resultados obtenidos en la tipologías de viviendas en ambas sistemas de evaluación (fuente: elaboración propia).

Esto evidencia que a nivel general ha existido coherencia en los criterios y formas de evaluar los aspectos y características de ambos edificios, donde las diferencias que se han podido detectar en las etapas de análisis no han afectado significativamente los resultados.

Si comparamos ambas generaciones de sistemas de evaluación, observamos que mediante el sistema LEED (primera generación) ha sido posible evaluar una mayor cantidad de aspectos genéricos (en teoría aplicables a cualquier programa edilicio), obteniendo un grado de cumplimiento y % de dificultades para su cumplimiento mayores que para el caso de la herramienta HADES (segunda generación). Por contra, utilizando esta herramienta hemos podido evaluar una única tipología edilicia, y un menor espectro de aspectos y criterios.

## 5.2 Conclusiones finales

A la luz de los resultados obtenidos y de las conclusiones a las que hemos arribado, se ha podido demostrar el punto de vista sesgado y tecnicista que tienen los sistemas de evaluación estudiados, pertenecientes a primera y segunda generación de evaluaciones ambientales de edificios. En este sentido Reed (2007) define a estas generaciones de sistemas de evaluación como iniciativas reduccionistas y fragmentadas del pensamiento, donde inevitablemente se requiere avanzar hacia sistemas integrados. Actualmente el rol de estos sistemas de evaluación debe adaptarse a aspectos como la escala, el diseño urbano y la planificación (Cole, 2012a). Para Cole (2012a) las nuevas generaciones deberán ser capaces de identificar escalas de relaciones y vínculos a varias escalas.

Mang y Reed (2012) afirman que estos nuevos modelos de entendimiento y diseño serán capaces de abordar los nuevos desafíos de la rehabilitación y regeneración, cuyas bases metodológicas son definidas por Mang y Reed (2012), Du Pliess (2012) y Cole (2012a,

2012b). Esta estrategia, entendida en el contexto de España como una de las principales líneas de acción de la construcción sostenible, debe por su grado de complejidad entenderse desde diversas escalas y niveles de aproximación. La rehabilitación debe ser abordada y entendida no solamente en términos estrictamente físicos del propio edificio sino más allá de su contexto, siendo el nuevo rol el de la recuperación, la puesta en valor de la diversidad y la regeneración. De modo que es necesario abordar relaciones entre el desempeño individual de los edificios y el contexto en el que se emplaza y la relación entre el sitio aspectos regionales y globales, a través de nuevos instrumentos y nuevos indicadores.

En este sentido entendemos que las nuevas generaciones de herramientas y sistemas de evaluación deberán tender a ser capaces de abordar de forma sistémica aspectos que componen el edificio. Por otra parte esta evolución acentúa cada vez más el potencial que tiene estos instrumentos como herramientas para “ayudar a pensar”, a formar, concienciar, educar y lograr un mayor grado de motivación en este campo. Un ejemplo de esto lo constituye la herramienta REGEN, esta llamada “herramienta para pensar”, ha sido desarrollada por el (USGBC), y busca “fomentar y hacer más robusto el dialogo” entre acciones y soluciones de cara a la rehabilitación y regeneración (Svec et al, 2012).

## **6. AGRADECIMIENTOS**

Este trabajo no hubiera sido posible sin la colaboración de diversos actores entre los que se encuentran: los estudios técnicos MedioMundo arquitectos y Hombre de Piedra que me han brindado la información necesaria sobre los proyectos arquitectónicos para llevar adelante las evaluaciones, la Asociación Universitaria Iberoamericana de Posgrados (AUIP) por haber hecho posible mi desplazamiento a Sevilla mediante la concesión de beca de movilidad mediante el Programa de Universidades Andaluzas y Latinoamericanas, la Facultad de Arquitectura de la Universidad de la República, Uruguay y al Instituto de la Construcción por haber facilitado mi desplazamiento a España para continuar mi proceso de formación, a la Oficina de Cooperación de la Universidad de Sevilla por haber hecho posible mi estancia de estudios en la Universidad de Sevilla en torno al Master en Ciudad y Arquitectura Sostenible.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- BRAGANÇA, L. et al. 2011, Proceedings of the International Conference Sustainability of Constructions : Towards a Better Built Environment, viewed, 2 Septiembre 2012, <http://hdl.handle.net/1822/12291>
- COLE, R.J. 1998, Emerging trends in building environmental assessment methods. Building Research & Information. Building Research & Information, 26:1, 3-16
- COLE R.J. 1999, Building environmental assessment methods: clarifying intentions. Building Research & Information. Building Research & Information, 27(4-5), 230-246
- COLE, R. J., 2000, Building environmental assessment methods: assessing construction practices. Construction Management and Economics, 18(8), 949-957
- COLE, R. J. 2005, Building environmental assessment methods: redefining intentions and roles, Building Research & Information, 33(5), 455-467
- COLE, R. J. 2012a, Regenerative design and development: current theory and practice, Building Research & Information, 40(1), 1-6
- COLE, R. J. 2012b, Transitioning from green to regenerative design, Building Research & Information, 40(1), 39-53
- DING, G.K.C. 2004. The development of a multi-criteria approach for the measurement of sustainable performance for built projects and facilities, Thesis, University of Technology, Sydney, viewed, 6 Septiembre 2012, <http://hdl.handle.net/2100/281>
- DING, G.K.C. 2008. Sustainable construction—The role of environmental assessment tools. Journal of Environmental Management, 86, pp. 451-464
- DU PLESSIS, C. 2012, Towards a regenerative paradigm for the built environment, Building Research & Information, 40(1), 7-22
- EBERT, T, EBIG, N, HAUSER, G. 2011, Green building certification systems. Assesing sustainability comparison Economic impact or certification. Detail Green Books. Munich
- EIJADI ,D., VAIDYA, P., REINERTSEN, J. ,KUMAR, S. 2002. Introducing comparative analysis to the LEED system: A case for rational and regional application. viewed, 2 Septiembre 2012, <http://www.escholarship.org/uc/item/33t172r9>
- EN 2011d. prEN 16309:2011. Sustainability of construction works - Assessment of social performance of buildings Methods
- GUY, S. 2010, Pragmatic ecologies: situating sustainable building, ArchitecturalScience Review, 53(1), pp. 21-28

HODGSON, A. T., SHENDELL, D.G., FISK, W. J. AND M.G. APTE. 2003. Comparison of Predicted and Derived Measures of Volatile Organic Compounds inside Four Relocatable Classrooms Due to Identified Interior Finish Sources. California Energy Commission. Public Interest Energy Research Program, viewed, 2 Septiembre 2012, <http://www.escholarship.org/uc/item/0d90955w#page-9>

IEA Annex 31, 2001, International Energy Agency, viewed, 6 Septiembre 2012, <http://annex31.wiwi.uni-karlsruhe.de/>

ISO 2009. UNE-ISO/TS- 21929-1:2009. Sostenibilidad en la construcción de edificios. Parte 1: Marco para el desarrollo de indicadores para edificios

LEE, B., TRCKA, M. and HENSEN, J.L.M., 2011. Embodied energy of building materials and green building rating systems—A case study for industrial halls. *Sustainable Cities and Society*, 1(2), pp. 67-71

LLATAS, C., GARCÍA A., ROVERI A., HUETE, R., 2010, Una Aproximación a la Evaluación de la Eco-Eficiencia en Edificios. Herramientas Básicas, Proceedings of Congreso Sb10mad. Edificación Sostenible, Revitalización y Rehabilitación de Barrios. 28-30 April 2010, Gbce, Madrid, pp. 1-11

MEDIOMUNDO, 2012. Mediomundo arquitectos, viewed, 8 Septiembre 2012, <http://www.mediomundo.es/es>

MANG P. & REED B. 2012 Designing from place: a regenerative framework and methodology, *Building Research & Information*, 40:1, 23-38

MATEUS, R. and BRAGANÇA, L. 2011, Sustainability assessment and rating of buildings: Developing the methodology SBTToolPTeH . *Building and Environment* 46 1962e1971

NGUYEN, B.K. and ALTAN, H., 2011, Comparative Review of Five Sustainable Rating Systems. *Procedia Engineering*, 21(0), pp. 376-386

NNUU, 2012, Decenio del agua 2005-2015. Agua y ciudades, viewed, 19 Septiembre 2012, [http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/water\\_cities.shtml](http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/water_cities.shtml)

REED, B. 2007, Shifting from 'sustainability' to regeneration, *Building Research & Information*, 35(6), 674-680

REIJNDERS, L. & ROEKEL, A. V. 1999, Comprehensiveness and adequacy of tools for the environmental improvement of buildings. *Journal of Cleaner Production* 7 pp 221–225

SAM, K., 2010, Chapter 1 - "Green" and "Sustainability" Defined. *Green Construction Project Management and Cost Oversight*. Boston: Architectural Press, pp. 1-27.



SEV, A. 2011, A comparative analysis of building environmental assessment tools and suggestions for regional adaptations, *Civil Engineering and Environmental Systems*, 28(3), 231-245

SOEBARTO, V.I. and WILLIAMSON, T.J. 2001, Multi-criteria assessment of building performance: theory and implementation. *Building and Environment*, 36(6), pp. 681-690

SVEC, P., BERKEBILE, R. and TODD, J. A. 2012, REGEN: toward a tool for regenerative thinking, *Building Research & Information*, 40(1), 81-94

UNEP, 2012. Sustainable Buildings and Climate Initiative. Promoting policies and practices for the built environment, viewed, 19 Septiembre 2012, [http://www.unep.org/SBCI/pdfs/SBCI\\_2pager\\_280112\\_english\\_web.pdf](http://www.unep.org/SBCI/pdfs/SBCI_2pager_280112_english_web.pdf)

USGBC, 2012. Sistema LEED. viewed, 30 Septiembre 2012, <https://new.usgbc.org/leed>

VERDE, 2012. Certificación VERDE, viewed, 30 Septiembre 2012, <http://www.gbce.es/pagina/certificacion-verde>

ZIMMERMAN A., KIBERT C. J. 2007. Informing LEED's next generation with The Natural Step, *Building Research & Information*, 35(6), pp. 681-689