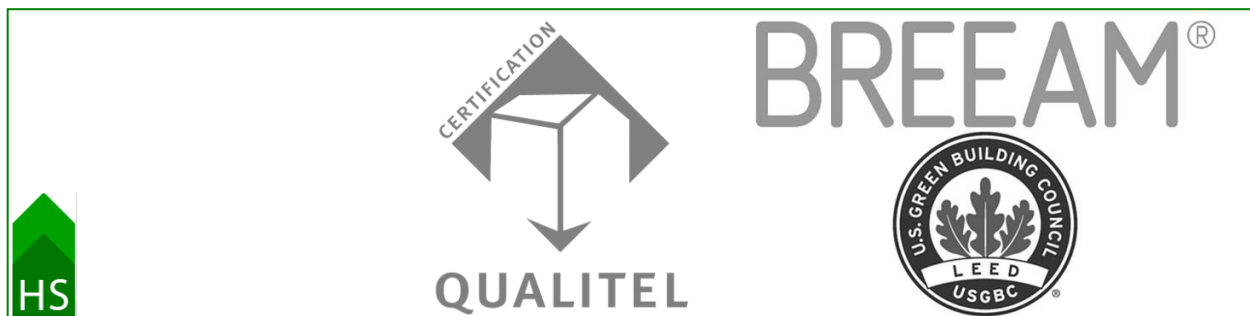


Métodos de evaluación sostenible de la vivienda: Análisis comparativo de cinco métodos internacionales

Methods for sustainable assessment of housing: A comparative analysis of five international methods



Felipe Quesada Molina felqueza@ubiobio.cl

Doctorado en Arquitectura y Urbanismo – Universidad del Bío-Bío –
Concepción, Chile



RESUMEN

Palabras Clave
Método
Evaluación
Edificación
Residencial

El presente trabajo realiza una comparación entre los métodos de evaluación de la edificación residencial, de mayor influencia a nivel internacional (BREEAM, LEED, VERDE, CASBEE y Qualitel), para establecer bases que sirvan en futuros desarrollos. El artículo se estructura en tres partes: La primera, revisa el surgimiento y objetivos de los métodos; la segunda, presenta la metodología utilizada en el estudio; y una tercera, analiza y compara estos métodos. Se concluye estableciendo las dimensiones y categorías que abordan, además de la estructura metodológica, el sistema de calificación y los límites que poseen los métodos.

ABSTRACT

Key Words
Method
Evaluation
Building
Residential

This paper compares the most internationally important methods of residential building assessment (BREEAM, LEED, VERDE, CASBEE and Qualitel) in order to establish bases for future development. This article is divided into three parts: the first, reviews the emergence and objectives of the methods; the second, presents the methodology used in the study; and the third, analyzes and compares these methods. To conclude, the dimensions and categories the methods address are established, as well as the methodological structure, rating system, and limits of the methods.

1. Introducción

Desde el siglo pasado, problemas causados por actividades de la industrialización y urbanización de las ciudades, han generado interés por mitigar sus impactos negativos. Desde la década de los 70, en Europa y Norteamérica, los métodos de evaluación ambiental (IEAMs) han cobrado gran importancia (Toth & Hizsnyik, 1998). Pero es 1997, con la firma del protocolo de Kyoto, cuando muchos países se unen a la idea de la evaluación del desempeño ambiental (Schultmann, Sunke, & Krüger, 2009). Paralelamente, el mejoramiento de las condiciones de vida de los ciudadanos y el establecimiento de mayores exigencias en normativas para la edificación, han provocado un incremento en la demanda de energía y consumo de recursos, contribuyendo al aumento de los impactos negativos. En las 2 últimas décadas, la

medición del desempeño y la evaluación ambiental de los edificios han generado una intensa investigación. Sin embargo, todavía esta área es en gran medida desconocida (Cole, 1998).

2. Los métodos de evaluación

La evaluación surgió como respuesta a las necesidades de los diseñadores y ocupantes de edificios (Cooper, 1999). Evaluar implica la medición de lo bien o mal que un edificio se desempeña o puede llegar a desempeñarse, en relación a un conjunto de criterios declarados (Cole, 2005). Los métodos de evaluación sirven como instrumentos que proporcionan indicadores cuantitativos del desempeño y como herramientas de calificación para determinar el nivel de rendimiento de un edificio. En la actualidad, reflejan la importancia del concepto de

sostenibilidad (Ding, 2008), mediante la medición de las mejoras del desempeño ambiental (Cole, 1999).

Los métodos de evaluación han ido marcando los fundamentos y el camino futuro de la sostenibilidad para la edificación (Luetzkendorf et al., 2011), con algunas similitudes y, al mismo tiempo, grandes diferencias entre ellos (Ali-Toudert, 2007). Dichas diferencias están influenciadas por situaciones regionales atribuidas a las condiciones climáticas, niveles de renta, métodos constructivos, etc. (Kohler, 1999). Para afrontar las diferencias, distintos grupos internacionales, tales como iiSBE (iiSBE, 2009), LENSE (Commission, 2013) e instituciones como la Organización Internacional de Normalización (ISO) y el Comité Europeo de Normalización (CEN), tratan de establecer enfoques comunes para la edificación sostenible. Estos trabajos, sin embargo, no han estado ajenos a las críticas, por los posibles inconvenientes que pudieran surgir a partir de las generalizaciones (Shaviv, 2011).

En lo que respecta a la edificación residencial, algunos informes asociados a la vivienda (Evans, Wells, & Moch, 2003) han detallado los peligros para la salud de los ocupantes, los que junto a las nuevas regulaciones en el campo de la habitabilidad, han generado el surgimiento de métodos de evaluación específicos para la vivienda (Kim, Yang, Yeo, & Kim, 2005). La vivienda cubre la necesidad de las personas, por habitar un lugar con privacidad, y adicionalmente, su satisfacción está directamente relacionada con la dimensión social de la sostenibilidad, por lo tanto, invertir en vivienda tiene efectos multiplicadores (Watermeyer & Milford, 2003). En este sentido, el reto del desarrollo sostenible es satisfacer tales necesidades, cumpliendo con los objetivos ambientales (Immendoerfer, Luetzkendorf, & Rietz, 2011).

3. Objetivos del estudio

El objetivo del presente estudio es realizar una revisión crítica de la edificación residencial a través del análisis y comparación de los métodos de evaluación de su sostenibilidad, con el fin de determinar las confluencias y divergencias entre ellos, que sirvan como base para el desarrollo de nuevos métodos.

3.1. Metodología aplicada en el estudio

Entre los estudios previos que han intentado analizar y comparar algunos métodos de

evaluación, destacan: (Cole, 1999), (Reijnders & van Roekel, 1999), (Fowler, Rauch, Laboratory, & Energy, 2006), (Ding, 2008), (Haapio & Viitaniemi, 2008), (Wallhagen, Glaumann, Eriksson, & Westerberg, 2013), (Berardi, 2011) y (Lee, 2013). Para aportar al conocimiento y cumplir con el objetivo de la investigación, se optó, en primer lugar, por analizar las características generales, metodologías utilizadas y sistemas de calificación de los métodos de evaluación. En segundo lugar, se analizó críticamente los métodos de evaluación, a través de su comparación, el empleo de las normativas internacionales (ISO, CEN) y la estructura de una metodología reconocida académicamente como el “Marco de Evaluación para Enfoques Conceptuales y Analíticos en Gestión Ambiental” (Baumann & Cowell, 1999). Dicho marco, que ha sido aplicado anteriormente (Jönsson, 2000), (Forsberg & von Malmborg, 2004), (Darus & Hashim, 2012), ha sido aquí adaptado con el fin de obtener resultados precisos.

3.2. Selección de los casos de estudio

Para delimitar el campo de estudio, se utilizaron 2 tipos de clasificaciones: La clasificación de instrumentos de evaluación (Reijnders & van Roekel, 1999), en la cual se optó por métodos que pertenecieran a su primera categoría, y la metodología de clasificación desarrollada por el Instituto ATHENA (Trusty, 2000), en la cual se optó por métodos que pertenecieran al nivel 3 de su clasificación.

Tabla 1: Programas y métodos seleccionados.
Table 1: Programs and selected methods.

PROGRAMAS	MÉTODOS DE EVALUACIÓN
BRE: Building Research Establishment.	BREEAM Multi-Residential
USGBC: U.S. Green Building Council.	LEED-Home
GBCe: Green Building Council España.	VERDE Nueva Edificación: Residencial y Oficinas
JaGBC – JSBC: Japan Green Build Council – Japan Sustainable Building Consortium.	CASBEE for New Construction
Association QUALITEL.	Qualitel y Habitat&Environnement.

Establecido el tipo de método a ser estudiado, se seleccionaron los más representativos, por poseer técnicas y

herramientas avanzadas de evaluación, que han servido de base para el desarrollo de nuevos métodos, como ya lo han mencionado diversas publicaciones científicas (Lee, 2013), (Alyami & Rezgui), (Ali & Al Nsairat, 2009), (Reed, Bilos, Wilkinson, & Schulte, 2009), y por pertenecer a programas internacionales. Los programas y métodos seleccionados se exponen en la Tabla 1.

3.3 Limitaciones del estudio

El estudio se limita a 5 métodos de evaluación de la edificación residencial (en lo sucesivo: LEED-H, BREEAM-MR, VERDE-RO, CASBEE-NC y QH&E), en su última versión para el año 2013. Se basa, asimismo, en el análisis de material escrito y disponible libremente al público. Se accedió a la información a través de fuentes primarias, disponibles en sus páginas web (septiembre de 2012 a marzo de 2013), en algunos casos la información tuvo que ser complementada, con fuentes secundarias. El uso de diferentes referencias pudo haber influido en la obtención de resultados o dado lugar a interpretaciones erróneas.

4. Casos de Estudio

4.1. LEED-Homes

Para calificar viviendas unifamiliares, la certificación LEED (Leadership in Energy & Environmental Design) lanzó "LEED-Homes", sistema solo disponible para EE.UU. (Council, 2013). Su metodología corresponde a una lista de verificación (checklist) de requisitos. El rendimiento general de la vivienda se mide a través de 8 categorías (Tabla 2) y sus resultados se indican en 4 niveles, según la puntuación obtenida. El sistema cuenta con 35 áreas temáticas. Para garantizar niveles mínimos de desempeño se exige el cumplimiento de 18 prerrequisitos en 6 categorías y, como medidas opcionales, 67 créditos, que entregan un total de 136 puntos. En cada categorías se identifican medidas específicas que deben incluirse en las viviendas y en 4 de ellas se exige el cumplimiento de una puntuación mínima (Tabla 2).

4.2 BREEAM Multi-residencial

El esquema BREEAM (BRE Environmental Assessment Method) es un sistema de evaluación del desempeño ambiental de los edificios, desarrollado por la organización inglesa BRE Global Ltd. Para la evaluación de la vivienda se aplica el esquema BREEAM Multi-Residencial

(Global, 2009) el cual puede realizarse en las fases de diseño, ejecución y mantenimiento, a través de un número determinado de impactos, agrupados en 10 categorías (Tabla 3). Las puntuaciones obtenidas en cada categoría son ponderadas para obtener la puntuación final, en base a su importancia relativa. Esta puntuación (benchmarks) se traduce a una escala de cinco rangos de cumplimiento, representado por un sistema de estrellas que refleja la calificación final. El sistema posee 37 criterios de evaluación con distintos requisitos y estándares mínimos de desempeño en áreas claves.

Tabla 2: Categorías y posible puntuación.
Table 2: Categories and possible score.

CATEGORÍAS DE CRÉDITOS	PUNTOS MÍNIMOS REQUERIDOS	MÁXIMO PUNTOS DISPONIBLES
Innovación y diseño (ID)	0	11
Localización y enlaces (LL)	0	10
Sitios sustentables (SS)	5	22
Eficiencia en el agua (WE)	3	15
Energía y atmósfera(EA)	0	38
Material y recursos (MR)	2	16
Calidad de ambiente interior (EQ)	6	21
Conocimiento y educación (AE)	0	3
Total	16	136

Tabla 3: Categorías y ponderación.
Table 3: Categories and weightings.

ÁREAS AMBIENTALES	PONDERACIÓN
1 Gestión	12%
2 Salud y bienestar	15%
3 Energía	19%
4 Transporte	8%
5 Agua	6%
6 Materiales	12.5%
7 Residuos	7.5%
8 Uso de suelo y ecología	10%
9 Contaminación	10%
Total	100%
10 Innovación (adicional)	10%

Tabla 4: Categorías de impacto.
Table 4: Impact categories.

	CATEGORÍA DE IMPACTO	INDICADOR	PESO
1	Cambio climático	Kg de CO ₂ eq	27%
2	Aumento de las radiaciones UV	Kg de CFC11 eq	0%
3	Pérdida de fertilidad	Kg de SO ₂ eq	5%
4	Pérdida de vida acuática	Kg de PO ₄ eq	6%
5	Producción de cáncer y otros problemas de salud	Kg de C ₂ H ₄ eq	8%
6	Cambios en la biodiversidad	%	4%
7	Agotamiento de energía no renovable, energía primaria	MJ	8%
8	Agotamiento de recursos no renovable diferente a la energía primaria	Kg de Sb eq	9%
9	Agotamiento de agua potable	m ³	10%
11	Generación de residuos no peligrosos	m ³	6%
16	Salud, bienestar y productividad para los usuarios	%	12%
19	Riesgo financiero o beneficios para los inversores	€/m ²	5%
		TOTAL	100%

4.3 VERDE NE Residencial y Oficinas

Comúnmente llamada “Certificación VERDE”, por las siglas derivadas del título “Valoración de Eficiencia de Referencia De Edificios”, desarrollado por Green Building Council España (GBCe), esta metodología se aplica en su país de origen. Para edificios residenciales la herramienta se denomina VERDE NE Residencial y Oficinas (GBCe, 2011) y evalúa la reducción de impactos ambientales que el edificio y su emplazamiento generan, comparándolo con un edificio de referencia. El método posee 12 categorías de impactos (Tabla 4), con diferente asignación de pesos, los cuales son ponderados para la obtención de la puntuación final que se expresa gráficamente con un número de “hojas sostenibles”. La evaluación se realiza a través de 36 criterios de sostenibilidad, de un listado de 42, agrupados en 6 áreas temáticas. A cada criterio se asocia una puntuación de referencia, “benchmark”, establecida de 0 a 5 (Macías & Navarro, 2010).

4.4 CASBEE-New Construction

CASBEE (Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency), desarrollado por Japan Green Build Council y Japan Sustainable Building Consortium, se utiliza mayoritariamente en Japón. Para la evaluación de la edificación residencial se utiliza CASBEE-New Construction ((JaGBC) & (JSBC)). Esta metodología relaciona y evalúa la Calidad

Ambiental de la Edificación (Q) y la Carga Ambiental del Edificio (L) y en base a sus resultados se obtiene la Evaluación de la Eficiencia Ambiental de la Edificación (BEE) como un indicador, que se presenta numérica y gráficamente, y que, en definitiva, expresa la sostenibilidad de la edificación a través de 5 niveles representados por estrellas. El sistema estructura las 2 categorías en 6 sub-categorías con diferente asignación de coeficiente de ponderación, para obtener los resultados finales (Tabla 5). Posee 42 ítems de evaluación, con criterios de calificación en escala de nivel 1 a 5.

Tabla 5: Categorías y coeficientes de ponderación.
Table 5: Categories and weightings coefficients.

CÓD.	CATEGORÍA DE EVALUACIÓN	COEFICIENTE PONDERACIÓN	%
Q1	Ambiente interior	0,40	40%
Q2	Calidad de servicios	0,30	30%
Q3	Ambiente exterior en el sitio	0,30	30%
LR1	Energía	0,40	40%
LR2	Recursos y materiales	0,30	30%
LR3	Ambiente fuera del sitio	0,30	30%

Tabla 6: Temas y perfiles de certificación.
Table 6: Criteria and certification profiles.

SECCIONES	TEMAS DE LA CERTIFICACIÓN	H&M PERFIL A	H&M PERFIL B	QUALITEL
Organización	1. Gestión ambiental del proyecto	•	•	-
	2. Obra limpia	•	-	•
Técnico	3. Energía – Reducción del efecto invernadero	•	•	^
	4. Área constructiva – Elección de materiales	•	•	^
	5. Agua	•	•	•
	6. Confort y salud	•	•	^
Información	7. Acciones Verdes	•	•	•
Opcional	Temas Opcionales	°	°	°

• Obligatorio | - No obligatorio | ° Opcional | ^ Algunos son obligatorios

4.5 Qualitel y Habitat & Environnement

Es el método para la construcción de nuevos edificios residenciales desarrollado por la Association QUALITEL y utilizado mayormente en Francia. Establece 7 temas (categorías) y un octavo opcional (Tabla 6), y no posee factores de ponderación, debido a que los resultados se presentan como la calificación del nivel de desempeño para cada tema. El sistema tiene 14 requerimientos compuestos de varias disposiciones y criterios de evaluación, cuya exigencia de calificación se basa en una escala representada por notas de 1 a 5. La certificación Habitat & Environnement oferta 2 perfiles (A y B) y sus requisitos pueden exigir el cumplimiento de disposiciones o bien un determinado nivel de notas.

5. Discusión y comparación de los métodos de evaluación de la vivienda

Luego de la revisión de cada uno de los métodos de evaluación seleccionados, resta presentar la respectiva discusión, a través de un estudio comparativo. Para esto, se utiliza un marco de evaluación (Baumann & Cowell, 1999), el cual establece 3 áreas de análisis:

- Aspectos generales, referidos a la naturaleza del método,
- Aspectos contextuales, relacionados con el ámbito de utilización del método, y
- Aspectos metodológicos, que describen la estructura del método.

5.1 Aspectos generales

Todos los métodos de evaluación estudiados pueden ser definidos, por su naturaleza, como

herramientas, debido a que representan una evaluación específica con sistematización de procedimientos y utilizan modelos para la obtención de resultados.

5.2 Aspectos contextuales

5.2.1 Tipo de tomadores de decisión

Los métodos se dirigen a los mismos grupos de usuarios: constructores, académicos, industria, empresas de la construcción, usuarios y gobiernos.

5.2.2 Propósito general

Sus propósitos están dirigidos a la adquisición de un edificio, el diseño y la construcción de un nuevo edificio. LEED-H, BREEAM-MR y VERDE-RO también pueden ser utilizados para el mejoramiento del desempeño de un edificio existente, el análisis comparativo y la comunicación a terceros. LEED-H, VERDE-RO, CASBEE y QH&E, por su parte, para la demolición y disposición final del edificio (Tabla 7).

5.2.3 Objeto analizado

Las técnicas poseen un enfoque orientado mayoritariamente a la tecnosfera, dada la cantidad de criterios dirigidos a la eficiencia de los sistemas tecnológicos.

5.2.4 Perspectiva

Se fundamentan en una visión prospectiva, centrándose en predecir el desempeño futuro de la edificación. Sin embargo, también pueden ser retrospectivos dependiendo de la etapa en que se lleve a cabo la evaluación.

Tabla 7: Uso previsto, norma ISO 21931-1:2010.
Table 7: Intended use, standard ISO 21931-1:2010.

USOS PREVISTOS	LEED-H	BREEAM	VERDE	CASBEE	QH&E
a) La evaluación de las opciones para:					
1) la adquisición de un edificio;	■	■	■	■	■
2) el diseño y la construcción de un nuevo edificio;	■	■	■	■	■
3) la mejora del desempeño de un edificio ya existente, durante la fase de operación;	■	■	■		
4) el diseño para la restauración y reutilización, durante la etapa de operación;			■		
5) la demolición y disposición final del edificio, al término de su fase de operación;	■		■	■	■
6) el análisis del desempeño ambiental de un edificio existente.					
b) El uso como base para el análisis comparativo.	■	■	■		
c) La comunicación a terceros.	■	■	■		

Tabla 8: Dimensiones de la sostenibilidad y cobertura, según norma ISO 15392.
Table 8: Sustainability dimensions and coverage, according to standard ISO 15392.

DIMENSIONES	LEED-H	BREEAM	VERDE	CASBEE	QH&E
AMBIENTAL	-Localización y enlaces -Sitios sustentables -Eficiencia en el agua -Energía y atmósfera -Material y recursos	-Uso de suelo y ecología -Energía -Transporte -Agua -Materiales -Residuos -Contaminación	-Parcela y emplaza. -Energía y atmósfera -Recursos naturales	-Ambiente exterior del sitio -Energía -Recursos y materiales -Ambiente fuera del sitio	-Energía – Reducción del efecto invernadero -Área de la construcción - Elección de materiales -Agua
SOCIAL	-Calidad de ambiente interior	-Salud & bienestar	-Calidad del ambiente interior	-Ambiente interior	-Confort y salud
ECONÓMICO			-Aspectos sociales y económicos		-Desempeño opcional
TÉCNICAS Y FUNCIONALES	-Innovación y diseño	-Innovación	-Calidad del servicio	-Calidad del servicio	-Desempeño opcional
PROCESOS DE GESTIÓN	-Conocimiento y educación	-Gestión			-Gestión ambiental del proyecto -Obra limpia -Acciones verdes

Tabla 9: Etapas y certificación.
Table 9: Stages and certification.

ETAPAS DEL CICLO DE VIDA	LEED-H	BREEAM	VERDE	CASBEE	QH&E
Procesos previstos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fabricación de materiales de construcción	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Toma de decisiones (Proyecto-Diseño)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Construcción	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Utilización: operación, uso	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Fin de la vida útil	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
■ Evaluación y certificación	<input checked="" type="checkbox"/> Certificación provisional		<input type="checkbox"/> Seguimiento y control		

Tabla 10: Límite espacial.
Table 10: Space limit.

LÍMITE ESPACIAL	LEED-H	BREEAM	VERDE	CASBEE	QH&E
Edificio y Sitio (parcela)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Barrio y Ciudad	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	
Región Geográfica		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	

5.3 Aspectos metodológicos

5.3.1 Dimensiones de la investigación

En las dimensiones de la sostenibilidad, los métodos dan mayor énfasis al área ambiental y social, la económico solo es analizada en VERDE-RO y QH&E. Los métodos también examinan las prestaciones técnicas y funcionales de la edificación, pero los procesos de gestión solo son considerados en LEED-H, BREEAM-MR y QH&E (Tabla 8).

5.3.2 Carácter del método

Los sistemas estudiados se caracterizan por el seguimiento y control de todas las etapas del proyecto, y por llevar a cabo un resultado de evaluación conducente a una certificación. Las diferencias más importantes radican en dicha certificación (Tabla 9). LEED-H, CASBEE-NC y QH&E entregan una certificación al término de la construcción. BREEAM-MR y VERDE-RO, adicionalmente, pre-certifican etapas anteriores a la fase de construcción. En post-construcción los métodos exigen una re-certificación luego de un período determinado.

5.3.3 Bases para la comparación

LEED-H mantiene constantes los pre-requisitos obligatorios en 6 de sus categorías y una puntuación mínima en 4 categorías. BREEAM-MR establece estándares mínimos para cada nivel de

calificación. VERDE-RO compara el desempeño del edificio con otro de referencia, dentro de un rango. CASBEE-NC compara la calidad con las cargas ambientales del edificio. QH&E exige el cumplimiento mínimo en sus disposiciones para 2 perfiles.

5.3.4 Límites del sistema

QH&E y VERDE-RO manejan una menor escala espacial, centrándose en el edificio y el sitio. BREEAM-MR y CASBEE-NC son de mayor escala (Tabla 10).

La temporalidad de LEED-H y VERDE-RO tiene mayor cobertura de las etapas del ciclo de vida de la edificación (Tabla 11).

5.3.5 Tipos de datos

La disposición de datos posee una estructura jerárquica por niveles (Tabla 12), con sistemas de puntuación que califican el desempeño de la edificación. Los sistemas exigen datos de entrada cuantitativos de valor absoluto y entero (LEED, VERDE y CASBEE utilizan puntos, BREEAM-MR utiliza créditos y QH&E, notas), que siguen una escala de puntuación lineal, procedentes del re-cálculo de datos primarios (generalmente indicadores) que son calificados según el nivel de rendimiento. Los datos primarios utilizan combinadamente datos de tipo tanto cuantitativo (niveles de cumplimiento), como cualitativo (satisfacer normativas).

Tabla 11: Límite temporal, según norma ISO 21931-1:2010.
Table 11: Temporal limit, standard ISO 21931-1:2010.

LÍMITE ESPACIAL		LEED-H	BREEAM	VERDE	CASBEE	QH&E
Etapa de producción	Suministro de materias	■	■	■	■	■
	Transporte	■		■		
	Fabricación	■	■	■	■	■
Etapa de construcción	Transporte	■		■		■
	Procesos de construcción	■	■	■	■	■
Etapa de uso	Uso y mantenimiento	■	■	■	■	■
	Demolición	■		■	■	■
Etapa de fin de la vida útil	Transporte					
	Reciclado / reutilización	■	■	■	■	
	Disposición			■		

Tabla 12: Estructura jerárquica de datos.
Table 12: Hierarchical data structure.

NIVEL	TÍTULO	CONTENIDO
1	Categoría	Áreas generales de la evaluación.
2	Requerimientos	Cualidades (propiedades físicas) analizadas en la evaluación.
3	Criterio	Características evaluadas y niveles de desempeño.
4	Indicador	Unidades de medición y sistema de cálculo.
5	Puntuación	Calificación del nivel de desempeño.

5.3.6 Evaluación de resultados / Interpretación

Los resultados se obtienen por la sistematización de los datos. En LEED-H y BREEAM-MR se sistematiza los datos de forma aditiva simple (suma directa de puntos); VERDE-RO y CASBEE-NC lo hace por ponderación (puntuación multiplicada por factor), y QH&E entrega puntos por cumplimiento de disposiciones. La mayoría de métodos tiende a asignar pesos a las categorías, según su importancia (Figura 1). Los mayores pesos son otorgados, en promedio, al sitio, energía y medioambiente, y ambiente interior (Tabla 13).

La presentación de resultados posee formato de agregación (integrando categorías), y se expresa en un único valor cuantitativo que representa el desempeño global de la edificación, agrupados en rangos de rendimiento cualitativo,

en forma de escala de clasificación (Tabla 14). LEED-H exige para su calificación inferior, el puntaje más alto.

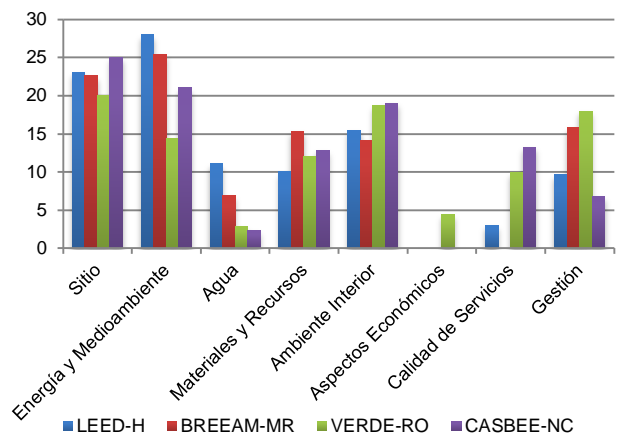


Figura 1: Pesos asignados a categorías.

Figure 1: Weights assigned to categories.

Por su parte, BREEAM-MR y VERDE-RO exigen el puntaje más alto para su calificación superior.

En lo que respecta a la transparencia, los objetivos generales de la evaluación están claramente establecidos solo en BREEAM-MR y VERDE-RO. La relación entre los aspectos de evaluación y sus impactos ocasionados, son de clara apreciación en VERDE-RO y CASBEE-NC. La presentación de resultados por cada fase del ciclo de vida de la edificación, se entrega en VERDE-RO y CASBEE-NC. La derivación de datos para rastrear resultados hasta su origen, no es claro en VERDE-RO, debido a lo complejo de su sistema de calificación (Tabla 15).

Tabla 13: Peso porcentual y promedio de categorías.
Table 13: Weight percentages and averages by category.

LÍMITE ESPACIAL	LEED-H	BREEAM	VERDE	CASBEE	PROMEDIO
			(%)		
Sitio	23,04	22,55	20,00	24,99	22,50
Energía y medioambiente	27,94	25,36	14,30	21,00	21,12
Agua	11,03	6,91	2,90	2,25	6,64
Materiales y recursos	10,00	15,31	12,00	12,75	12,66
Ambiente interior	15,44	14,12	18,70	19,00	16,56
Aspectos económicos	-	-	4,40	-	2,20
Calidad de servicios	2,94	-	9,90	13,21	8,08
Gestión	9,61	15,75	17,90	6,80	12,35

Tabla 14: Comparación de las escalas de clasificación cualitativa.
Table 14: Comparison of qualitative rating scales.

%	LEED-H	BREEAM	VERDE	CASBEE	QH&E
100	Platino	Excepcional	5 hojas	Excelente	Niveles superiores
90					
80					
70	Oro	Excelente	4 hojas	Muy Bueno	Nivel de entrada Certificación
60					
50	Plata	Muy Bueno	3 hojas	Bueno	Nivel mínimo (en caso de no satisfacer los anteriores)
40	Certificado	Aprobado	2 hojas		
30					
20			1 hoja	Ligera Pobre	
10				Pobre	
0			0 hojas		

Tabla 15: Análisis de transparencia de información, normas ISO 21931-1: 2010 y UNE-EN 15643-1.
Table 15: Analysis of information transparency, standards ISO 21931-1: 2010 and UNE-EN 15643-1.

	LEED-H	BREEAM	VERDE	CASBEE	QH&E
Objetivos de la evaluación		■	■		
Acceso a la información	■	■	■	■	■
Técnicas y métodos para evaluar	■	■	■	■	■
Derivación de datos	■	■		■	■
Relación impactos - aspectos			■	■	
Resultados por temas	■	■	■	■	■
Resultados por ciclo de vida			■	■	

6. Conclusión

En el presente trabajo se aprecia que los métodos de evaluación poseen los mismos grupos de usuarios y comparten propósitos básicos en la toma de decisiones, sin dejar de tener sus propias intenciones, lo que les lleva a explorar caminos diferentes, dentro del desarrollo

sostenible. Se puede observar que los métodos dan mayor énfasis a la dimensión ambiental y que existen temáticas comunes, que son: Sitio, energía y ambiente, agua, materiales y recursos, y ambiente interior. También se presenta una tendencia a incorporar el análisis de la calidad de servicios y la gestión.

Los métodos de evaluación poseen el concepto de ciclo de vida, y tratan de abordar, básicamente, todas las actividades edificatorias dentro del sitio. La metodología de evaluación posee una estructura jerárquica por niveles, que va de lo general a lo específico, denotando prioridad por unos temas (categorías) sobre otros, en la obtención de los resultados finales. Existen algunos problemas en la transparencia de los métodos, debido a que la mayoría no aclaran los objetivos de evaluación, la relación entre impactos y aspectos evaluados, ni tampoco los posibles resultados en cada fase del ciclo de vida de la edificación.

Es importante que los métodos de evaluación sean más transparentes y para lograr una verdadera evaluación de la sostenibilidad en la edificación residencial, es también necesario trabajar en la integración de todas las dimensiones de la sostenibilidad y sus interrelaciones. La evaluación no solo se debe centrar en temas ambientales, se debe además cubrir temas sociales y económicos, sobretodo en el caso de la vivienda, en que estas temáticas tienen fuertes repercusiones. Se debe establecer claramente, como los métodos relacionan los diferentes aspectos en sus evaluaciones, de esta manera podremos determinar el nivel de efectividad de la evaluación y evitar dobles cálculos innecesarios. Es decir, el trabajo futuro de los nuevos métodos de evaluación de la sostenibilidad, se debe centrar en mejorar la estructura de evaluación, ampliando la cobertura de temas y simplificando los sistemas de calificación.

Agradecimientos

El trabajo forma parte de la tesis doctoral en el programa del Doctorado de Arquitectura y Urbanismo en la Universidad del Bío-Bío, financiada con beca de la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT) del Ecuador y auspiciada por la Universidad de Cuenca.

Referencias Bibliográficas

(JaGBC), Japan GreenBuild Council, & (JSBC), Japan Sustainable Building Consortium.). CASBEE. Retrieved Abril, 2014, from <http://www.ibec.or.jp/CASBEE/english/index.htm>

Ali, Hikmat H., & Al Nsairat, Saba F. (2009). Developing a green building assessment tool for developing countries – Case of Jordan. *Building and Environment*, 44(5), 1053-1064. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2008.07.015>

Ali-Toudert, F. (2007, Septiembre). Towards Urban Sustainability: Trends and Challenges of Building Environmental Assessment Methods. Paper presented at the Central Europa towards Sustainable Building (CESB 07), Prague.

Alyami, Saleh H., & Rezgui, Yacine. Sustainable building assessment tool development approach. *Sustainable Cities and Society*(0). doi: 10.1016/j.scs.2012.05.004

Baumann, H., & Cowell, S. J. (1999). An Evaluative Framework for Conceptual and Analytical Approaches Used in Environmental Management. *Greener Management International*, 26, 109-122.

Berardi, U. (2011). Comparison of sustainability rating systems for buildings and evaluation of trends. Paper presented at the SB11 Helsinki World Sustainable Building Conference, Helsinki. http://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB_DC23179.pdf

Cole, Raymond J. (1998). Emerging trends in building environmental assessment methods. *Building Research & Information*, 26(1), 3-16. doi: 10.1080/096132198370065

Cole, Raymond J. (1999). Building environmental assessment methods: clarifying intentions. *Building Research & Information*, 27(4-5), 230-246. doi: 10.1080/096132199369354

Cole, Raymond J. (2005). Building environmental assessment methods: redefining intentions and roles. *Building Research & Information*, 33(5), 455-467. doi: 10.1080/09613210500219063

Commission, European. (2013). Community Research and Development information Service. Retrieved Febrero, 2014, from http://cordis.europa.eu/projects/rcn/78620_en.html

Cooper, Ian. (1999). Which focus for building assessment methods – environmental performance or sustainability? *Building Research & Information*, 27(4-5), 321-331. doi: 10.1080/096132199369435

Council, U.S. Green Building. (2013). USGBC. Retrieved Abril, 2014, from <http://www.usgbc.org/>

Darus, Ar Zuhairuse MD, & Hashim, Nor Atikah. (2012). Sustainable Building in Malaysia: The Development of Sustainable Building Rating System. *Sustainable Development - Education, Business and Management - Architecture and Building Construction - Agriculture and Food Security*(7), 113-144. doi: 10.5772/27624

Ding, Grace K. C. (2008). Sustainable construction—The role of environmental assessment tools. *Journal of Environmental Management*, 86(3), 451-464. doi: 10.1016/j.jenvman.2006.12.025

Evans, G. W., Wells, N. M., & Moch, A. (2003). Housing and Mental Health: A Review of the Evidence and a Methodological and Conceptual Critique. *Journal of Social Issues*, 59(3), 475-500. doi: 10.1111/1540-4560.00074

Forsberg, Anna, & von Malmberg, Fredrik. (2004). Tools for environmental assessment of the built environment.

- Building and Environment, 39(2), 223-228. doi: 10.1016/j.buildenv.2003.09.004
- Fowler, K.M., Rauch, E.M., Laboratory, Pacific Northwest National, & Energy, United States. Dept. of. (2006). Sustainable Building Rating Systems: Summary: Pacific Northwest National Laboratory.
- GBCe. (2011). Green Building Council España. Retrieved febrero, 2014, from <http://www.gbce.es/>
- Global, BRE. (2009). BREEAM. Retrieved marzo, 2014, from <http://www.breeam.org/>
- Haapio, Appu, & Viitaniemi, Pertti. (2008). A critical review of building environmental assessment tools. *Environmental Impact Assessment Review*, 28(7), 469-482. doi: 10.1016/j.eiar.2008.01.002
- iISBE. (2009). International Initiative for a Sustainable Built Environment. Retrieved Febrero, 2014, from <http://www.iisbe.org/>
- Immendoerfer, A., Luetzkendorf, T., & Rietz, A. (2011). Sustainability Assessment System for Housing in Germany - Concept, Experiences, Opportunities. Paper presented at the SB11 Helsinki World Sustainable Building Conference, Helsinki. http://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB_DC23162.pdf
- Jönsson, Åsa. (2000). Tools and methods for environmental assessment of building products—methodological analysis of six selected approaches. *Building and Environment*, 35(3), 223-238. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0360-1323\(99\)00016-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0360-1323(99)00016-5)
- Kim, Sun-Sook, Yang, In-Ho, Yeo, Myoung-Souk, & Kim, Kwang-Woo. (2005). Development of a housing performance evaluation model for multi-family residential buildings in Korea. *Building and Environment*, 40(8), 1103-1116.
- Kohler, N. (1999). The relevance of Green Building Challenge: an observer's perspective. *Building Research & Information*, 27(4-5), 309-320. doi: 10.1080/096132199369426
- Lee, W. L. (2013). A comprehensive review of metrics of building environmental assessment schemes. *Energy and Buildings*, 62(0), 403-413. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.03.014>
- Luetzkendorf, T., Hajek, P., Lupisek, A., Immendoerfer, A., Nibel, S., & Häkkinen, T. (2011). Next Generation of Sustainability Assessment – Top Down Approach and Stakeholders Needs. Paper presented at the SB11. Helsinki World Sustainable Building Conference, Helsinki.
- http://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB_DC23207.pdf
- Macías, M., & Navarro, J. García. (2010). Metodología y herramienta VERDE para la evaluación de la sostenibilidad en edificios. *Informes de la Construcción*, 62, 87-100. doi: 10.3989/ic.08.056
- Reed, R., Bilos, A., Wilkinson, S., & Schulte, K. (2009). International Comparison of Sustainable Rating Tools. *Journal of Sustainable Real Estate (JOSRE)*, 1, 1-22.
- Reijnders, L., & van Roekel, A. (1999). Comprehensiveness and adequacy of tools for the environmental improvement of buildings. *Journal of Cleaner Production*, 7(3), 221-225. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0959-6526\(99\)00080-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0959-6526(99)00080-3)
- Schultmann, F., Sunke, N., & Krüger, P. (2009). Global Performance Assessment of Buildings: A Critical Discussion of Its Meaningfulness Paper presented at the CIB 2009, 3rd International Conference On Smart And Sustainable Built Environments (SASBE2009), Delft, The Netherlands.
- Shaviv, E. (2011). Do current environmental assessment methods provide a good measure of sustainability?: Or what should be a good measure for Green Building Standard? Paper presented at the 27th International Conference on Passive and Low Energy Architecture, Louvain-la-Neuve, Belgium.
- Toth, F., & Hizsnyik, E. (1998). Integrated environmental assessment methods: Evolution and applications. *Environmental Modeling & Assessment*, 3(3), 193-207. doi: 10.1023/A:1019071008074
- Trusty, W.B. (2000). Introducing Assessment Tools Classification System. *Advanced Building Newsletter*, 25, 18.
- Wallhagen, Marita, Glaumann, Mauritz, Eriksson, Ola, & Westerberg, Ulla. (2013). Framework for Detailed Comparison of Building Environmental Assessment Tools. *Buildings*, 3(1), 39-60.
- Watermeyer, R B, & Milford, R V. (2003). The Use of Performance Based Building Codes to Attain Sustainable Housing Objectives: The South African Approach. Paper presented at the Global Policy Summit on the Role of Performance-Based Building Regulations in Addressing Societal Expectations, International Policy, and Local Needs, Washington, DC USA.

Recibido: 15|11|2013
 Aceptado: 23|01|2014