

Eficiencia energética en edificaciones residenciales

Energetic efficiency *in residential buildings*

Resumen

Esta investigación, hace una revisión bibliográfica sobre la eficiencia energética en las edificaciones residenciales, en el que se considera el consumo energético, políticas y estrategias de eficiencia energética, normativa internacional y métodos de evaluación sustentable más influyentes, que han surgido con el fin de mitigar el impacto ambiental y reducir el consumo energético, manteniendo las condiciones óptimas de confort. En base a la categoría "Energía" de los métodos Leed, Breeam, Verde, Casbee y Qualitel, este trabajo tiene por objeto identificar los requerimientos de evaluación que mayor incidencia presentan en el consumo energético de las edificaciones residenciales, a fin de que se pueda analizar su desempeño. Los requerimientos identificados podrán aplicarse en diferentes localidades previo un análisis de los parámetros geográficos, culturales, económicos y sociales.

Palabras clave: Eficiencia energética, energía, certificación energética, confort térmico, viviendas sustentables.

Abstract:

This investigation is a review on the state of art about worldwide energy consumption in residential buildings and analyzes policies, energy efficiency strategies and the most influential sustainable methods of evaluation as: Leed, Breeam, Verde, Casbee and Qualitel, that have emerged in order to mitigate the environmental impact and reduce energy consumption maintaining optimum comfort conditions. Based on the category "Energy" certification methods, it has been identified the variables that have the greatest impact on housing energy consumption, so that it can be assessed the energy performance in every aspect. Among the most important we have: thermal envelope, lighting, water heating, appliances, HVAC, renewable energy, and others.

Keywords: Energy efficiency, energy, energy certification, thermal comfort, sustainable housing.

Autores:

Arq. Vanessa Guillén Mena
vanessa.guillen@ucuenca.edu.ec

Arq. Felipe Quesada Molina
felipe.quesada@ucuenca.edu.ec

Arq. María López Catalán
diana.orellana@ucuenca.edu.ec

Arq. Diana Orellana Valdés
diana.orellana@ucuenca.edu.ec

Arq. Alex Serrano Tapia
alex.serrano@ucuenca.edu.ec

Proyecto "Método de Certificación de la Construcción Sustentable de Viviendas"

Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Dirección de Investigación
Universidad de Cuenca

Ecuador

Recibido: 25 Sep 2014

Aceptado: 25 Oct 2014

1. Introducción

El sector energético se enfrenta a retos importantes debido al continuo crecimiento exponencial de la población mundial, que conlleva a un aumento en el consumo de recursos naturales y por tanto el incremento de los costos de la energía y los gases de efecto invernadero. Esta situación ha creado la necesidad económica y ambiental de conservar la energía y utilizarla de manera eficiente ya que si en los próximos 25 años se sigue dependiendo en un 80% de fuentes no renovables, se incrementará la demanda mundial de energía en un 50%, lo cual resulta incompatible con el agotamiento de los recursos fósiles y la reducción de los gases de efecto invernadero. (Bryden, 2007; Shaikh, Nor, Nallagownden, Elamvazuthi, & Ibrahim, 2014)

Las tendencias actuales en el mundo plantean grandes preocupaciones sobre el medio ambiente, la seguridad energética y la prosperidad económica; por lo que la IEA recomienda contar con indicadores que permitan identificar los sectores que requieren una mayor atención y de esta manera generar un impacto significativo a través de criterios de eficiencia energética. (Diakaki, Grigoroudis, & Kolokotsa, 2008; Doukas, Nychtis, & Psarras, 2009; Oecd/lea, 2014)

La eficiencia energética se define como aquella que busca ofrecer más servicios con la misma entrada de energía, o los mismos servicios por menos consumo de energía según la Agencia Internacional de Energía (IEA). Para que esto sea posible es importante contar con una adecuada gestión de la misma. (Oecd/lea, 2014)

Uno de los mayores consumidores de energía a nivel mundial es el sector de la construcción, el cual consume alrededor del 40% de la energía primaria y es el responsable del 40% de emisiones de CO₂. Además consume alrededor del 16% de agua dulce y el 25% de la madera de los bosques. (Aldossary, Rezgui, & Kwan, 2014; Cellura, Guarino, Longo, & Mistretta, 2015; Diakaki et al., 2008; Mikucionienė, Martinaitis, & Keras, 2014).

Por otro lado, el sector residencial representa el 25% del consumo final de energía, porcentaje que se ha mantenido en los últimos 35 años. Este valor representa el promedio mundial, sin embargo, hay una gran disparidad entre los países debido a las condiciones climáticas, accesibilidad a los recursos energéticos, infraestructura energética, estructura económica y otras condiciones específicas de cada país. En el caso de Ecuador, el

consumo de energía final se encuentra por debajo del consumo promedio mundial. (Oecd/lea, 2014)

El sector residencial puede disminuir su consumo energético, ya que presenta un gran avance en el desarrollo de estrategias de eficiencia energética desde finales del siglo 19. Aunque fue en el siglo 20 cuando empezó a insertarse en la mentalidad colectiva a través del establecimiento de normativas y regulaciones. Las mayores evidencias se hacen presentes desde 1975 con el surgimiento de nuevos conceptos de diseño como son: “green house”, “zero energy house”, “low energy house” en 1980 y “passive house” en 1990, para contrarrestar los problemas de la crisis energética. Uno de los últimos conceptos introducidos es el término “Net-Zero Energy Building” con producción basada en energía renovable y apoyada en cuatro criterios respecto a: sitio, recursos, costos y emisiones. (Ionescu, Baracu, Vlad, Necula, & Badea, 2015)

Con el concepto de Passive house (Passivhaus) se conforma el estándar alemán para alcanzar edificios de consumo energético casi nulo, sin embargo, el primer método de evaluación del desempeño del edificio es Breeam operado por “Building Research Establishment” en el Reino Unido que surge en 1990. Este método sirvió de referencia cuando se desarrollaron esquemas similares en Canadá, Nueva Zelanda, Noruega, Singapur y Hong Kong (Lee & Burnett, 2006). Después surgió Leed en Estados Unidos, que también se lo utilizó como esquema de referencia para otros países. Con ésta evoluciona el esquema de evaluación Green Building Council (GBC) conocida como GBTool en el cual participan 21 nacionalidades, de las cuales aún siguen en proceso de adaptarlas a las condiciones de cada país participante. La certificación española Verde aprobada en el 2007 con el Real Decreto 47/2007, establece la obligatoriedad en edificios habitacionales. Qualitel (QHE) se plantea en Francia congruente con CERQUAL y sustentada en la reglamentación térmica francesa, Casbee administrada por el Instituto para el Desarrollo del Medio Ambiente y Conservación de Energía (IBEC) con sede en Japón, entre otros. (Rosen & Taffin, 2015)

En una búsqueda por reducir el consumo energético y las emisiones de contaminantes al ambiente sin afectar las condiciones de confort interior en las edificaciones, ésta investigación plantea la revisión de diferentes estrategias y métodos de evaluación del desempeño energético de la vivienda, a fin de identificar los requerimientos relevantes que se deberían considerar para la aplicación de criterios de conservación de energía y eficiencia energética.

2. Objetivos internacionales sobre eficiencia energética

Objetivos medioambientales a escala internacional se han planteado a través del Protocolo de Kyoto establecido desde 1997 y que entró en vigor en el año 2005. En el cual los países industrializados se comprometieron a reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) hasta el año 2012 en un 5% con respecto a los niveles de 1990. (Rosen & Taffin, 2015). Sin embargo, no se ha tenido el éxito esperado, por lo que en la Conferencia de las Partes (COP) realizada en el año 2011, algunos países desarrollados han decidido retirarse del segundo periodo del Protocolo, si es que los países en desarrollo emergente como es el caso de China (uno de los mayores emisores de GEI), no aceptan las obligaciones de reducción de emisiones.

Si los principales países emisores de GEI se retiran, el Protocolo de Kyoto va a perder su eficacia y se contará con menos mecanismos que podría hacer frente a los problemas de la seguridad energética. (Ghezloun, Saidane, Oucher, & Chergui, 2013; Hu & Monroy, 2012)

En la Tabla 1 se puede observar porcentajes de consumo energético en las edificaciones en algunos países, así como sus emisiones de CO₂ y se puede evidenciar que el potencial de ahorro que presentan es alto. En algunas investigaciones se estima que el potencial de ahorro para edificaciones nuevas se encuentra alrededor del 40-50%, y de las edificaciones existentes entre el 15-25%. (Abu Bakar et al., 2015; Shaikh et al., 2014) Por lo que es importante la generación de políticas entorno a estos aspectos. (Ver Tabla 1).

En Estados Unidos, debido a que se ha detectado que son altas las pérdidas energéticas producidas por la generación de electricidad con fuentes de energía primaria, ya que requiere de energía útil para la

conversión de una forma de energía a otra, la Administración de Información de Energía ha realizado una búsqueda de alternativas para minimizar éstas pérdidas. Una de ellas es derivar el consumo de energía a fuentes renovables no combustible, por lo cual sus políticas buscan potenciar las energías renovables. (Annual Energy Review 2011, 2012)

De igual manera la Directiva Europea, con el fin de cumplir con los principales retos de su política energética, se ha orientado hacia la preservación y uso racional de la energía y desde el año 2007 se ha planteado metas cuantificables a través del mandato 20/20/20 hasta el año 2020 que consiste en: contribución del 20% en energías renovables al consumo final de energía, reducción del 20% de consumo de energía primaria y reducción del 20% en emisiones respecto a las emisiones del año 1990. Las medidas para mejorar la eficiencia energética de los Estados miembros deben plantearse sin que ello afecte a otros requerimientos tales como la accesibilidad, seguridad, y considerando sus condiciones climáticas y particularidades locales. (Comisión Europea, 2010; Kanellakis, Martinopoulos, & Zachariadis, 2013)

También se han planteado en algunos países como: Canadá, Reino Unido, Japón, Alemania, etc., políticas encaminadas a alcanzar un consumo de energía casi cero, aumentando la rigurosidad en las normas de la construcción, impulsando la producción de electricidad y el abastecimiento de otros servicios con energía renovable, ya que ha sido considerada como una adecuada solución para mitigar el calentamiento global, la contaminación del aire y la seguridad energética. (Aldossary, Rezgui, & Kwan, 2015; Deng, Wang, & Dai, 2014)

En los países en desarrollo la cantidad de nuevas edificaciones que se incrementan rápidamente, han provocado un aumento en el consumo energético trayendo consecuencias respecto al incremento en la

#	País/Región	Consumo Energético	Emisiones de CO ₂ (%) de edificaciones (%)	Ahorro potencial
1	EEUU	40	40 - 4820	
2	Unión Europea	40 - 42	35 - 40	27 - 30
3	China	33		
4	Holanda	34		
5	Irán	35		
6	Turquía	36	32	30
7	Grecia	30	40	
8	México	19		
9	Reino Unido	39		
10	Serbia	50	20	
11	Singapur	53.2	21.4	
12	Países occidentales	40		
13	Global	40	30	5 - 30

Tabla 1. Consumo de energía en la edificación, emisiones de GEI y ahorro potencial en algunos países del mundo
Fuente: Shaikh et al. 2014

demanda energética, calentamiento global, contaminación del aire y lluvia ácida. Para mitigar estos problemas se ha evidenciado que el 43% de los países en América Latina están implementando regulaciones energéticas para edificaciones, así como estándares de energías en sus países, además de que los gobiernos cada vez se involucran en estos temas. (Iwaro & Mwashu, 2010)

En Brasil, la primera ley para la mejora de la eficiencia energética en edificaciones se publicó bajo el código: Decreto 4.059. El etiquetado de eficiencia energética en edificaciones residenciales fue lanzado en noviembre de 2010 y se divide en cinco niveles; desde la “A” (más eficiente) hasta la “E” (menos eficiente). Con esta certificación se determinó que el potencial de ahorro energético en Brasil en edificaciones existentes es del 30% y en nueva construcción del 50%. (Melo, Sorgato, & Lamberts, 2014)

Este interés sobre los estándares de eficiencia energética en la edificación que se han extendido hacia todo el mundo, se debe principalmente por la demanda residencial de electricidad por el uso final de la energía, en el que los electrodomésticos juegan un papel importante. Los países europeos fueron los primeros en introducir una legislación para limitar el consumo energético de electrodomésticos durante los años 1960 – 1970. Mientras que en Estados Unidos los estándares de eficiencia energética en electrodomésticos se introdujeron en 1977 y desde entonces simultáneamente se han llevado a cabo actividades relacionadas entre estos y otros lugares del mundo. (Turiel, Chan, & McMahon, 1997; Waide, Lebot, & Hinnells, 1997)

3. Normativa Internacional

La preocupación sobre el medioambiente también trasciende a organizaciones a nivel mundial, es por ello que tanto la Organización Internacional de Normalización (ISO), el Centro Europeo de Normalización (CEN), la Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado (ASHRAE), entre otros, han proporcionado normas y estándares vinculados al rendimiento energético de las edificaciones. (Diakaki et al., 2008; Doukas et al., 2009)

Los beneficios encontrados en las edificaciones con criterios sustentables han motivado a que varios países desarrollen sus propias normas de eficiencia energética, en la cual se establecen requisitos mínimos para construcciones eficientes tomando como referencia los estándares internacionales. (Melo et al., 2014)

Un ejemplo de ello, son los códigos que surgieron en Estados Unidos impulsado por la crisis energética de la década de 1970. El Consejo de la Construcción Estadounidense (The Council of American Building Officials) desarrolla un “Modelo de Código de Energía” (MEC) en 1983 con el fin de reducir el consumo de

energía del sector residencial. Posteriormente en 1998 la MEC se renombró como “Código Internacional de Conservación de Energía” (IECC), con la cual 35 estados han adoptado este código para el sector residencial. (Koirala, Bohara, & Berrens, 2014) El Código IECC ha tomado como referencia los estándares ANSI, ASHRAE, ISO, entre otros, para establecer sus lineamientos y con lo cual plantear un modelo base que pueda ser aplicado no solo en Estados Unidos, sino que también en otros países tomando en cuenta algunas consideraciones adicionales. El enfoque de este código, se dirige a mejorar la eficiencia principalmente en la envolvente de la edificación, en los sistemas de climatización, iluminación, agua caliente sanitaria y energía usada en electrodomésticos. (ICC, 2011)

Otros ejemplos se pueden ver en la Regulación de Brasil y en la Certificación LEED (Leadership in Energy and Environment Design), que se basa en la ASHRAE standard 90.2 para establecer los requerimientos mínimos que debe cumplir una edificación. (Melo et al., 2014)

El estándar ASHRAE, acreditado por ANSI “American National Standards Institute” se enfoca en los sistemas de los edificios, en la eficiencia energética, en la calidad del aire interior y la sostenibilidad dentro de la industria. Esta norma es utilizada por miembros nacionales (EEUU) e internacionales. En lo que respecta a la eficiencia energética en edificaciones residenciales se encuentra el estándar ASHRAE 90.2 que proporciona una guía para cumplir con los requisitos mínimos respecto a la envolvente de la edificación (aislamiento, transmitancia térmica, infiltración de aire, etc.) y los equipos y sistemas de climatización. (Skalko et al., 2006) También existe el estándar ASHRAE 100 sobre eficiencia energética en edificaciones existentes el cual proporciona procedimientos eficientes y medidas de conservación de energía para edificaciones comerciales y residenciales.

ISO es la Organización Internacional de Normalización conformada por miembros de organismo nacionales de normalización de países en desarrollo, en vías de desarrollo y en transición. Provee de herramientas para alcanzar el desarrollo sostenible de las variables económicas, sociales y ambientales, en varios sectores, entre ellos, el sector de la construcción. (Normalización, 2009)

La Organización Europea de Normalización (CEN) fue creada para desarrollar los estándares europeos (EN) en diferentes sectores. En el sector de la construcción, en base al mandato M343 la CEN crea un conjunto de normas de cálculos de rendimiento energético para contribuir con los requerimientos de la Directiva de Eficiencia Energética en Edificios (EPBD) que consiste en que tanto las edificaciones nuevas como existentes deben tener una declaración del rendimiento energético del edificio. En ella se debe considerar los sistemas de calefacción, refrigeración, ventilación e iluminación. Esta declaración de la energía debe estar referenciada con las emisiones de CO₂ o con la energía primaria. (Hogeling & Dijk, 2007; Olesen & De Carli, 2011)

NORMAS EN	NORMAS ISO
EN ISO 13790:2011. Basada en la norma ISO 13790:2008	ISO 13790:2008. Eficiencia energética de los edificios – Cálculo del consumo de energía para la calefacción y refrigeración del espacio
EN 15232-2007. Eficiencia energética de los edificios - Impacto de Automatización de Edificios, Controles y gestión de edificios.	ISO 13153. Marco del proceso de diseño para el ahorro de energía en la vivienda unifamiliar y pequeños edificios comerciales.
EN15316-1-2007. Sistemas de calefacción en edificaciones - Método para el cálculo de los requisitos de energía y de la eficiencia del sistema	ISO 18292:2011. Eficiencia energética de los sistemas de ventanas para edificios residenciales – Procedimiento de cálculo.
EN 15217:2007. Rendimiento energético de los edificios. Métodos para expresar el rendimiento energético y la certificación energética de los edificios	ISO 12655:2013. Eficiencia energética de los edificios - Presentación del consumo de energía medido de edificios.
EN 15193-1. Requerimientos de energía para la iluminación.	ISO 16346:2013. Eficiencia energética de los edificios – Evaluación del desempeño global de la energía.
	ISO16343:2013. Eficiencia energética de los edificios - Métodos para expresar el rendimiento energético y para la certificación energética de los edificios.
	ISO 10916:2014. Cálculo del impacto del uso de luz día en la demanda energética neta y final para la iluminación.

Tabla 2. Normas internacionales EN / ISO sobre eficiencia energética en edificaciones

Fuente: (Hogeling & Dijk, 2007; Normalización, 2009; Olesen & De Carli, 2011)

Estas normas constituyen un sistema integrado, pues la metodología considera el cálculo de los usos de energía, las pérdidas, las influencias positivas como la generación de energía con fuentes renovables y los sistemas pasivos. (Olesen & De Carli, 2011) Algunas normas EN e ISO sobre eficiencia energética se muestran en la Tabla 2.

4. Análisis de la categoría energía de diferentes métodos de evaluación sustentable

Los métodos de evaluación sustentable surgen como respuesta a la necesidad de medir el desempeño de las edificaciones, no solo en el ámbito energético, sino que también en otros aspectos vinculados con: calidad del ambiente interior; innovación y diseño; sitios sustentables; materiales y recursos; etc., que influyen en las diferentes etapas del ciclo de vida de una edificación. Estos métodos de evaluación sustentable, no pueden ser aplicados directamente a diferentes nacionalidades, sin los ajustes necesarios respecto a los parámetros geográficos, culturales, económicos y sociales, ya que pueden conducir a unos resultados que no reflejan la realidad de una región. (Molina, 2014; Suzer, 2015)

Es por ello, que varios países han elaborado su propio método de evaluación, entre los más representativos se encuentran: Leed (EEUU), Breeam (Reino Unido), Verde (España), Casbee (Japón) y Qualitel (Francia).

Este estudio al centrarse en la eficiencia energética, ha considerado el análisis de la categoría “energía” de los métodos mencionados. La evaluación energética en la edificación es uno de los temas más puntuados en la certificación de viviendas con respecto a otras categorías.

Si bien el objetivo común de los métodos de evaluación en el tema de eficiencia energética es optimizar y reducir el consumo energético, algunos también buscan cumplir con otros objetivos adicionales. En la Tabla 3 se puede ver los objetivos de cada método para la categoría “energía”.

En la Tabla 4 se ha realizado una recopilación de los diferentes parámetros que considera la categoría “energía” en cada uno de los métodos. Se puede evidenciar que Leed aparentemente cuenta con más variables para ser analizado, sin embargo, esto se debe a que presenta un mayor desglose de sus requerimientos que los demás, especialmente en el tema de envolvente térmica ya que considera el aislamiento, infiltraciones de aire y ventanas. También evalúa el diseño de las instalaciones en la edificación y la eficiencia de los equipos que utilizan, tomando en cuenta el aporte con energías renovables.

LEED	BREEAM	VERDE	CASBEE	QUALITEL
Mejorar la eficiencia energética en todo el edificio y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.	Evaluar el impacto medioambiental de las edificaciones y servir de referencia para una construcción más sustentable.	Evaluar la reducción de los impactos del edificio en cada etapa del ciclo de vida de la edificación.	Evaluar y calificar la actuación medioambiental de las edificaciones.	Reducir el efecto invernadero y el consumo de energía convencional

Tabla 3. Objetivos de los métodos de evaluación sustentable en la categoría “energía”.

Fuente: (BRE, 2011; GBC, 2010; GBCe, 2012; QUALITEL, 2012; USBC, 2014)

LEED	BREEAM	VERDE	CASBEE	QUALITEL
<ul style="list-style-type: none"> - Rendimiento energético. - Aislamiento - Infiltración de aire - Ventanas - Sistemas de distribución de calefacción y refrigeración - Equipos de calefacción y refrigeración de espacios - Agua caliente sanitaria - Iluminación - Electrodomésticos - Energía renovable - Manejo de refrigerante residencial 	<ul style="list-style-type: none"> - Iluminación exterior - Tecnologías bajas en carbono - Ascensores - Electrodomésticos - Tasa de emisión de la vivienda - Envolvente térmica del edificio - Iluminación interna - Iluminación de zonas comunes - Espacio de secado 	<ul style="list-style-type: none"> - Energía no renovable (ENR) en materiales de construcción - ENR en transporte de materiales - Consumo de ENR en fase de uso del edificio - Demanda de energía eléctrica - Producción de energías - Emisión de sustancias foto oxidantes en procesos de combustión renovables en parcela 	<ul style="list-style-type: none"> - Carga térmica en edificios - Utilización de energía natural - Eficiencia en sistemas de servicios del edificio - Manejo eficiente (monitorización) 	<ul style="list-style-type: none"> - Iluminación de espacios no privados - Iluminación locales privados - Equipos - Estudio térmico - Niveles de rendimiento energético

Tabla 4. Requerimientos de la categoría “Energía” de diferentes métodos de evaluación.

Fuente: (BRE, 2011; GBC, 2010; GBCe, 2012; QUALITEL, 2012; USBC, 2014)

En el caso de Breeam, su mayor especificación se encuentra en el tema de iluminación, pues lo desglosa en iluminación interior, exterior y zonas comunes. También valora el uso de equipos eficientes y de tecnologías bajas en carbono, reducción de emisiones y valora los espacios de secado de manera natural para la ropa.

En Verde se toma en cuenta la energía no renovable empleada en la fabricación y transporte de los materiales, siendo el único método que hace esta evaluación dentro de esta categoría.

Además, considera el consumo de energía no renovable en la fase de uso de la edificación, la reducción de emisiones de contaminantes, la demanda de energía

eléctrica y la producción de energía con fuentes renovables.

Los requerimientos de Casbee son generales, sin embargo, para la evaluación de la carga térmica y eficiencia en los sistemas se deben considerar varios parámetros, de igual manera para evaluar la utilización de la energía natural. La monitorización del edificio que plantea este método no aplica para edificaciones residenciales.

Finalmente, el método Qualitel evalúa el nivel de rendimiento energético en función de la eficiencia de los equipos, iluminación y de la envolvente térmica.

5. Propuesta de requerimientos para la evaluación del consumo energético de la edificación residencial

Existen diferentes factores que inciden en el consumo energético de las edificaciones, los cuales han sido identificados en los métodos de evaluación sustentable. Estos se enfocan especialmente en la eficiencia de los electrodomésticos, equipos de climatización, iluminación y agua caliente sanitaria. Sin embargo, en varios estudios también consideran importante la relación existente con el medio ambiente y los ocupantes. (Diakaki et al., 2008; Gylling, Knudstrup, Heiselberg, & Hansen, 2011; Oecd/lea, 2014; Shaikh et al., 2014)

En una investigación realizada por Aldossary (2015) en Arabia Saudita, se ha identificado en base a encuestas, que los factores que inciden en el consumo energético a más de los ya mencionados, también se encuentran las barreras socioculturales, el nivel de conciencia pública y la manera en que se adaptan las políticas energéticas y los marcos regulatorios. (Aldossary et al., 2015)

Debido a que el comportamiento de los ocupantes incide en gran medida en el consumo energético (Gylling et al., 2011; Shaikh et al., 2014), varios métodos han planteado que se cuente con una guía de utilización de la vivienda. Sin embargo, al no poderse controlar el cumplimiento de ésta, algunos métodos han optado por certificar a la

vivienda no solo en la etapa de diseño, sino que también en la etapa operativa. (BRE, 2011)

En la Tabla 5 se recoge los principales requerimientos para la evaluación del rendimiento energético en base a los métodos antes mencionados. Y se evidencia que varias temáticas coinciden, lo cual demuestra el papel importante que juegan en el análisis del desempeño térmico de las edificaciones residenciales. Las temáticas que se consideran en todos los métodos de evaluación corresponden al desempeño de la envolvente térmica, iluminación, energías renovables y equipos de climatización. Agua caliente sanitaria (ACS), es otro aspecto considerado a excepción de Breeam.

Los métodos Breeam, Verde y Casbee también evalúan la eficiencia de los ascensores en edificaciones multifamiliares, mientras que Leed, Breeam y Casbee valoran la eficiencia de los electrodomésticos en general. Verde adicionalmente analiza la energía incorporada en los materiales de construcción y transporte y al igual que Breeam consideran como positivo la reducción de emisiones. Únicamente Breeam valora los espacios para el secado de ropa al aire libre.

A partir de la revisión de estándares internacionales, investigaciones sobre eficiencia energética en la edificación y el estudio de los métodos de certificación, se plantea las temáticas (requerimientos) que deben considerarse en una evaluación energética en edificaciones residenciales. Esta propuesta está constituida por 9 temas ya que se excluye la temática materiales por ser un aspecto que puede valorarse en la categoría “materiales y recursos” de los métodos de evaluación sustentable, además, en esta categoría se evalúa principalmente la fase de uso de la edificación (Ver tabla 6).

	CATEGORIAS EN COMUN	LEED-H	BREEAM	VERDE	CASBEE	QUALITEL
1	Envolvente térmica	X	X	X	X	X
2	Iluminación	X	X	X	X	X
3	Electrodomésticos	X	X	X		
4	Energía renovable	X	X	X	X	X
5	Agua caliente sanitaria	X		X	X	X
6	Equipos de climatización	X	X	X	X	X
7	Ascensores		X	X	X	
8	Espacios de secado		X	X		
9	Emisiones de CO ² y sustancias foto-oxidantes.		X	X		
10	Uso de energía en fabricación y transporte de materiales			X		

Tabla 5. Temas principales considerados por los métodos de evaluación en la categoría Energía.

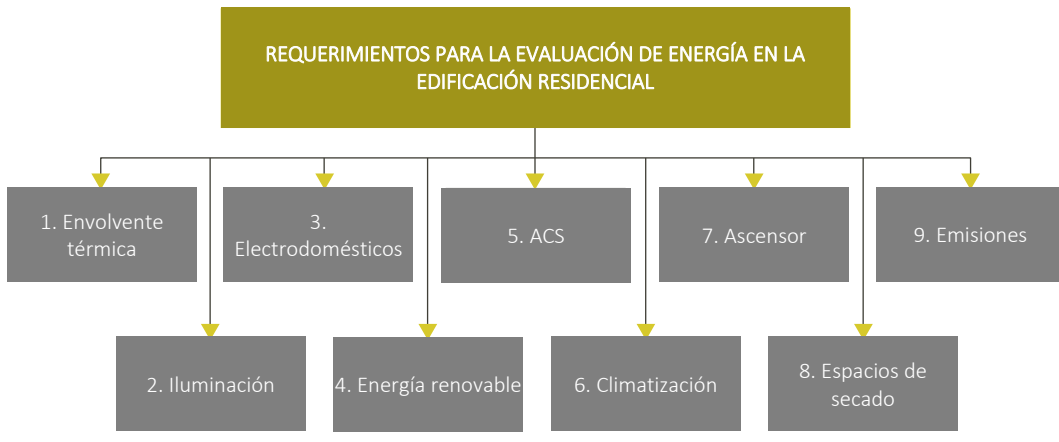


Tabla 6. Propuesta de requerimientos que deben considerarse en la evaluación del desempeño térmico de una edificación residencial.

6. Conclusiones

A través de este estudio se ha identificado que a nivel mundial se viene trabajando desde hace ya algún tiempo en la optimización energética de las edificaciones, es por ello que han surgido diferentes propuestas para obtener viviendas de bajo consumo energético y en la actualidad éstas son evaluadas bajo ciertos métodos como Leed, Breeam, Verde, Qualitel, Casbee, entre otros, en los que no solo se considera el aspecto energético sino todos aquellos aspectos que inciden en la sustentabilidad de la vivienda como el sitio, materiales y recursos, ambiente interior, etc. Si bien en esta investigación se ha hecho referencia al tema energético es evidente que éste debe ir relacionado con la evaluación del confort interior y el comportamiento de los usuarios a fin de garantizar la reducción de la demanda energética sin afectar la calidad de los servicios.

El comportamiento de los usuarios se ha vuelto un punto clave para la reducción del consumo energético por lo que algunos métodos de evaluación como Breeam han considerado importante que se cuente con una guía del usuario de la vivienda a fin de que estos comprendan y puedan operar eficientemente su vivienda.

Si bien no todos los países cuentan con métodos de evaluación, existen varios estudios en los que se muestra la adaptación de ciertos métodos a las condiciones locales de determinados países con el fin de poder evaluar el desempeño de las viviendas, además cada vez, más países incluyen en sus políticas energéticas la realización de estos estudios.

La ponderación para la evaluación de cada categoría de un método de evaluación debe ir de acuerdo a las prioridades locales, por lo que no se ha considerado en estas tablas la calificación de cada uno de ellos. Sin embargo, en el estudio realizado por Quesada (2014) se evidencia que la categoría “energía” en general es una de las más puntuadas en los diferentes métodos de evaluación que se aplican a los países desarrollados, ya que sus preocupaciones son respecto a la reducción del impacto ambiental negativo y al mantenimiento de sus estándares de calidad de vida. No se puede decir que lo mismo ocurra en un método aplicado en un país en vías de desarrollo ya que la realidad de éstos hace que sus principales objetivos se centren en los temas económicos y sociales.

Se ha visto en la tabla final, una propuesta con 9 temáticas que mayor incidencia presentan en el consumo energético de las edificaciones residenciales, cada una de ellas puede contener diversos criterios de evaluación que se ajustarán a las realidades económicas, ambientales y sociales de cada país, considerando como base las normas locales.

Como citar este artículo/How to cite this article: Guillén, V., Quesada, F., López, M., Orellana, D., y Serrano, A. (2015). Eficiencia energética en edificaciones residenciales. *Estoa, Revista de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca*, 4(7), 63-72. doi:10.18537/est.v004.n007.07

Bibliografía

- Bakar, N. N., Hassan, M. Y., Abdullah, H., Rahman, H. A., Abdullah, M. P., Hussin, F., & Bandi, M. (2015). Energy efficiency index as an indicator for measuring building energy performance: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 44, 1–11. <http://doi.org/10.1016/j.rser.2014.12.018>
- Aldossary, N. a., Rezgui, Y., & Kwan, A. (2014). Domestic energy consumption patterns in a hot and humid climate: A multiple-case study analysis. *Applied Energy*, 114, 353–365. <http://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.09.061>
- Aldossary, N. a., Rezgui, Y., & Kwan, A. (2015). An investigation into factors influencing domestic energy consumption in an energy subsidized developing economy. *Habitat International*, 47, 41–51. <http://doi.org/10.1016/j.habitatint.2015.01.002>
- Annual Energy Review 2011. (2012).
- BRE. (2011). BREEAM (Building Research Establishment Environment Assessment Methodology). Building Research Establishment (BRE) Reino Unido.
- Bryden, A. (2007). Standards for a sustainable energy future. In *Energy efficiency and renewable sources: How International Standards help*.
- Cellura, M., Guarino, F., Longo, S., & Mistretta, M. (2015). Different energy balances for the redesign of nearly net zero energy buildings: An Italian case study. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 45, 100–112. <http://doi.org/10.1016/j.rser.2015.01.048>
- Comisión Europea. (2010). Directiva 2010/31/ UE relativa a la eficiencia energética de los edificios.
- Deng, S., Wang, R. Z., & Dai, Y. J. (2014). How to evaluate performance of net zero energy building - A literature research. *Energy*, 71, 1–16. <http://doi.org/10.1016/j.energy.2014.05.007>
- Diakaki, C., Grigoroudis, E., & Kolokotsa, D. (2008). Towards a multi-objective optimization approach for improving energy efficiency in buildings. *Energy and Buildings*, 40(9), 1747–1754. <http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2008.03.002>
- Doukas, H., Nychtis, C., & Psarras, J. (2009). Assessing energy-saving measures in buildings through an intelligent decision support model. *Building and Environment*, 44(2), 290–298. <http://doi.org/10.1016/j.buildenv.2008.03.006>
- GBC, U. (2010). LEED for Homes Rating System Multifamily Mid-Rise. US Green Building Council.
- GBCE. (2012). VERDE (Valoración de Eficiencia de Referencia De Edificios). Green Building Council España.
- Ghezloun, A., Saidane, A., Oucher, N., & Chergui, S. (2013). The Post-Kyoto. *Energy Procedia*, 36, 1–8. <http://doi.org/10.1016/j.egypro.2013.07.002>

- Gylling, G., Knudstrup, M., Heiselberg, P. K., & Hansen, E. K. (2011). Measuring sustainable homes - a Mixed Methods approach. *Media*, (April), 20–24.
- Hogeling, J., & Dijk, D. Van. (2007). P40, 1–10.
- Hu, Y., & Monroy, C. R. (2012). Chinese energy and climate policies after Durban: Save the Kyoto Protocol. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(5), 3243–3250. <http://doi.org/10.1016/j.rser.2012.02.048>
- ICC, I. C. C. (2011). 2012 International Energy Conservation Code.
- Ionescu, C., Baracu, T., Vlad, G.-E., Necula, H., & Badea, A. (2015). The historical evolution of the energy efficient buildings. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 49, 243–253. <http://doi.org/10.1016/j.rser.2015.04.062>
- Iwaro, J., & Mwashia, A. (2010). A review of building energy regulation and policy for energy conservation in developing countries. *Energy Policy*, 38(12), 7744–7755. <http://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.08.027>
- Kanellakis, M., Martinopoulos, G., & Zachariadis, T. (2013). European energy policy—A review. *Energy Policy*, 62, 1020–1030. <http://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.08.008>
- Koirala, B. S., Bohara, A. K., & Berrens, R. P. (2014). Estimating the net implicit price of energy efficient building codes on U.S. households. *Energy Policy*, 73, 667–675. <http://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.06.022>
- Lee, W. L., & Burnett, J. (2006). Customization of GBTool in Hong Kong. *Building and Environment*, 41(12), 1831–1846. <http://doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.06.019>
- Melo, a. P., Sorgato, M. J., & Lamberts, R. (2014). Building energy performance assessment: Comparison between ASHRAE standard 90.1 and Brazilian regulation. *Energy and Buildings*, 70, 372–383. <http://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.11.080>
- Mikucioniene, R., Martinaitis, V., & Keras, E. (2014). Evaluation of energy efficiency measures sustainability by decision tree method. *Energy and Buildings*, 76, 64–71. <http://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.02.048>
- Molina, F. Q. (2014). la vivienda: Análisis comparativo de cinco métodos internacionales comparative analysis of five international methods, 56–67.
- Normalización, O. I. De. (2009). Normas Internacionales y « normas privadas. F. Rudhard.
- Oecd/lea. (2014). Energy Efficiency Indicators: Fundamentals on Statistics, 387. Retrieved from <http://www.iea.org/termsandconditionsuseandcopyright/>
- Olesen, B. W., & De Carli, M. (2011). Calculation of the yearly energy performance of heating systems based on the European Building Energy Directive and related CEN standards. *Energy and Buildings*, 43(5), 1040–1050. <http://doi.org/10.1016/j.enbuild.2010.10.009>
- QUALITEL, A. (2012). Qualitel: Habitat & Environment. Qualitel et Habitat & Environment de CERQUAL.
- Rosen, D., & Taffin, C. (2015). Promoting energy efficiency in housing: policies in the U.S. and France. *Housing Finance International*, 34–41. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=bth&AN=101891104&lang=es&site=eds-live>
- Shaikh, P. H., Nor, N. B. M., Nallagownden, P., Elamvazuthi, I., & Ibrahim, T. (2014). A review on optimized control systems for building energy and comfort management of smart sustainable buildings. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 34, 409–429. <http://doi.org/10.1016/j.rser.2014.03.027>
- Skalko, S., Heiss, H. W., Beach, D. M., Humble, J., Bixby, D. C., Kennedy, S. D., ... Lutz, J. D. (2006). 2006 SUPPLEMENT Energy-Efficient Design of Low-Rise Residential Buildings.
- Suzer, O. (2015). A comparative review of environmental concern prioritization: LEED vs other major certification systems. *Journal of Environmental Management*, 154, 266–283. <http://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.02.029>
- Turiel, I., Chan, T., & McMahon, J. E. (1997). Theory and methodology of appliance standards. *Energy and Buildings*, 26(1), 35–44. [http://doi.org/10.1016/S0378-7788\(96\)01023-7](http://doi.org/10.1016/S0378-7788(96)01023-7)
- USBC. (2014). CASBEE (Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency). Japan GreenBuild Council. Retrieved from <http://www.ibec.or.jp/CASBEE/english/>
- Waide, P., Lebot, B., & Hinnells, M. (1997). Appliance energy standards in Europe. *Energy and Buildings*, 26(1), 45–67. [http://doi.org/10.1016/S0378-7788\(96\)01013-4](http://doi.org/10.1016/S0378-7788(96)01013-4)
- Zhou, L., Li, J., & Chiang, Y. H. (2013). Promoting energy efficient building in China through clean development mechanism. *Energy Policy*, 57, 338–346. <http://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.02.001>
- Zhu, Y., Song, L., & Damiens, J. (2013). State of the art of green building standards and labelling system development in China. *International Journal of Sustainable Building Technology and Urban Development*, 4(3), 178–184. <http://doi.org/10.1080/2093761X.2013.837216>