

ESTIMACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS DE VIVIENDA MEDIANTE EL ANÁLISIS COMPARATIVO DEL USO DE LA ENERGÍA EN EL CICLO DE VIDA APOYADO EN SOFTWARE ESPECIALIZADO

Jennifer Mendoza

Escuela de Ingeniería Civil, FI-UCV
jenniferamendozas@gmail.com

William Pérez

Escuela de Ingeniería Civil, FI-UCV
williamaperezr@gmail.com

Geovanni Siem

IDEC-FAU-UCV
geovanni.siem@gmail.com

Argenis Lugo

IDEC-FAU-UCV
alugo66@gmail.com

RESUMEN

Para contribuir en los esfuerzos de alcanzar un desarrollo sustentable, la industria de la construcción puede aplicar herramientas como el análisis de ciclo de vida en un proyecto de ingeniería, el cual reconoce cada proceso, subproceso, materiales y uso de la energía como parte de un complejo sistema, que permite evaluar posibles soluciones actuando de manera local. En Venezuela se observa la implementación de un sistema de uso de recursos que carece de principios de sustentabilidad, ausente de políticas efectivas para reducir el consumo de la energía y uso de recursos afines, de su adecuada gestión y recuperación. Esta investigación toma un proyecto arquitectónico patrón de una vivienda de interés social venezolana, diseñado con un sistema constructivo tradicional desarrollado por el sector público, y en paralelo, se selecciona un sistema constructivo no tradicional diseñado para clima cálido-húmedo que presume generar bajo impacto. Ambos casos se someten a un proceso de diagnóstico apoyado en el software Athena Impact Estimator for Buildings de estimación de impacto ambiental, el cual toma en cuenta el ciclo de vida de la edificación y los materiales como estrategia de análisis. Se realiza una comparación entre los sistemas constructivos y se confirma la hipótesis inicial: el sistema no tradicional seleccionado genera menor impacto ambiental. Luego con base en el análisis de resultados, se proponen criterios de sustentabilidad enfocados en la gestión de la energía como estrategia de mitigación de impactos ambientales; entre ellos destacan: racionalización del uso de materiales por unidad de vivienda, inclusión de la deconstrucción en el proyecto, implementación de fachadas obra limpia-reducción de acabados y mantenimiento, uso de elementos que faciliten la reducción de desperdicios en obra.

Palabras clave: sustentabilidad, gestión de energía, ciclo de vida, sistemas constructivos, viviendas unifamiliares.

INTRODUCCIÓN

Los recursos naturales han sido utilizados como materia prima desde los inicios de la historia del hombre, no obstante, la contaminación y el consumo de recursos ha tenido su mayor incremento desde la industrialización de la construcción y manufactura de productos. Los efectos consecuentes tienen implicaciones a nivel global como el calentamiento global, deforestación de grandes extensiones de capa vegetal, deterioro y agotamiento de fuentes de recursos, acumulación de residuos y desperdicios que no serán reutilizados o degradados con facilidad por el planeta, entre otros muchos. "...la destrucción del medio ambiente es un sistema complejo en sí mismo, extenso, con causas más profundas que son difíciles de ver y entender..." (McDonough y Braungart, 2005, p. 61).

La construcción responde a una realidad social, política y económica determinada, en nuestros días. Los materiales y sistemas constructivos influyen considerablemente en el nivel de calidad ambiental de una edificación. En cualquier caso, se puede considerar algunos aspectos en el proceso de diseño de una edificación, que reduzcan considerablemente los impactos ambientales. En la actualidad, el análisis de estos ha estado tomando un enfoque que ha revolucionado la manera de ver las cosas. La perspectiva adoptada a nivel internacional involucra al ciclo de vida.

El análisis del ciclo de vida de la vivienda proporciona un marco conceptual y herramientas para reconocer y evaluar el impacto ambiental de los procesos, para luego plantear estrategias de mitigación o eliminación de estas afectaciones. Permite también entender el proceso de producción de viviendas como un sistema con subprocesos económicos, tecnológicos y ambientales, con entradas y salidas de materia y energía en todas sus etapas (Acosta y Cilento, 2007).

214

Teniendo conciencia de los escenarios anteriormente expuestos, esta investigación pretende brindar, a manera de propuesta, criterios de sustentabilidad orientados a sistemas de construcción y gestión de la energía, considerando el ciclo de vida de la vivienda. Dichos criterios se dirigen a ser aplicados en la etapa de proyecto de viviendas unifamiliares concebidas por el sector público en Venezuela. Se lleva a cabo una selección de variables que rigen el estudio, relacionadas con gestión de la energía, que permiten identificar parámetros indicadores de sustentabilidad a lo largo del ciclo de vida de la vivienda. Posteriormente, se selecciona un proyecto arquitectónico patrón de una vivienda de interés social venezolana, diseñado con un sistema constructivo tradicional desarrollado por el sector público; al mismo tiempo, se diseña según el patrón con un sistema no tradicional, concebido para contribuir al uso eficiente y racional de la energía en un clima cálido-húmedo.

Estos sistemas son diagnosticados con la ayuda de un software de estimación de impacto ambiental con la orientación del análisis de ciclo de vida, y comparados, con el fin de obtener criterios de sustentabilidad a modo de propuesta, conclusiones y recomendaciones enfocados en la gestión de la energía como estrategia de mitigación de impactos ambientales. Se espera dar un aporte a los esfuerzos de alcanzar un desarrollo sustentable, desde la metodología de trabajo llevada a cabo hasta las conclusiones y recomendaciones finales, así como la promoción de la responsabilidad ambiental en el ejercicio profesional, el compromiso de educación e investigación en desarrollo sustentable y la consideración del uso racional y eficiente de la energía y recursos.

DESARROLLO

La investigación es de naturaleza documental. Se realiza la compilación y revisión de referencias que permiten profundizar y ampliar los conocimientos en las áreas tratadas, con el apoyo en información electrónica y bibliográfica, referencia a trabajos previos, material publicado por diferentes entes, entrevistas y asesorías de profesionales con desempeños laborales afines a los temas tratados en este proyecto.

Como pilares fundamentales de esta investigación, se encuentran las variables que orientan todos los procesos, desde la recopilación de las referencias más básicas hasta el último análisis de resultados, que permiten seguir los principios de sustentabilidad y definir el enfoque requerido dentro del ciclo de vida de las viviendas.

Variables de estudio

Entre las variables consideradas dentro del marco de la energía como variable relacionada con la sustentabilidad, se encuentran: energía incorporada en los materiales, eficiencia energética por diseño y eficiencia energética de sistemas de operación. La variable seleccionada es la *energía incorporada en los materiales*.

Diagnóstico

Dado que en el proceso de documentación que se lleva a cabo en este proyecto no se encuentran software o herramientas de evaluación de sostenibilidad desarrolladas para las condiciones venezolanas, se procede a considerar la aplicación de herramientas desarrolladas para otros países, teniendo en consideración que la aplicación de las mismas no arrojará resultados precisos, ya que ciertas condiciones varían. Siendo así, la aplicación de dicha herramientas sería con el fin de demostrar la metodología y resultados de aplicar una evaluación que involucre principios de sustentabilidad. Por ello, los resultados serán considerados como tendencia

Se descartan los software que no son de acceso gratuito y los no aplicables a viviendas unifamiliares, ya que en estos es difícil considerar de manera aislada aspectos que puedan ser aplicables a un único edificio, debido a que hacen referencia a una urbanización, barrio o proyecto de desarrollo.

Se escogió el software Athena Impact Estimator for Buildings, versión 4.5, debido a que permite a los usuarios analizar cualquier configuración estructural proporcionando flexibilidad para los diseños propuestos. El software posee una base de datos que simula las condiciones de generación y consumo de energía que se adapten mejor al caso de estudio, para calcular sus efectos operativos, así como sus efectos incorporados. Los resultados comprenden los flujos desde y hacia la naturaleza: los flujos de energía y materias primas, además de las emisiones al aire, agua y tierra, así como proveer un perfil del ciclo de vida para la vivienda. Entre las principales limitaciones de este software se encuentra su restricción a los datos climáticos de Canadá y algunas de las principales regiones de los Estados Unidos.

Para aplicar el software se seleccionan tres ciudades con el objeto de observar la influencia del cambio de ubicación en los resultados y resaltar una posible tendencia, la cual pueda ser utilizada para realizar una extrapolación para el caso de Venezuela, y de esta manera puede generarse criterios más acertados como consecuencia del análisis de resultados. Las ciudades que ofrece el software son de Estados Unidos y Canadá: Atlanta, Calgary, Halifax, Los Ángeles, Minneapolis, Montreal, New York City, Orlando, Ottawa, Pittsburgh, Québec City, Seattle, Toronto, Vancouver y Winnipeg. Los criterios de selección están basados principalmente en dos características importantes, las cuales siguen las recomendaciones proporcionadas por Athena Sustainable Materials Institute; la primera, que posea gran porcentaje de fuentes de energía hidroeléctrica; la segunda, que se encuentren lo suficientemente distanciadas una de otra, para reducir al mínimo las probabilidades de que el sistema de uso de recursos no comparta ninguna fuente tanto de energía como de recursos.

Selección de vivienda tipo

Con el objeto de mantener una consistencia en el proceso de diagnóstico posterior a esta etapa, se selecciona un modelo de vivienda que valdrá para ambos sistemas constructivos. Se considera entonces a la vivienda tipo como una constante en este proceso de investigación, que permite aislar las variables de estudio y aumentar la asertividad del análisis. El criterio de selección contempla varios aspectos importantes. En términos generales, la vivienda tipo debe: pertenecer a un desarrollo de interés social de viviendas unifamiliares del sector público en Venezuela y poseer concordancia con la información suministrada por entes gubernamentales.

La vivienda tipo seleccionada pertenece al desarrollo habitacional con las siguientes características (Fundación Propatria, 2000, 2013):

Obra: Construcción de 100 viviendas unifamiliares en el municipio Andrés Bello, estado Bolivariano de Miranda

Ubicación: Kilómetro 1, margen izquierda, carretera nacional vía San José, Tacarigua de Mamporal, municipio Andrés Bello, estado Miranda

Fecha de culminación de la obra: octubre 2012

Contratante: Fundación Pro-Patria 2000

Empresa ejecutora: (se mantiene en el anonimato)

Tipo: unifamiliar pareada (2 viviendas) de una planta

Área de planta: 62,24 m²

Para proceder al diagnóstico a través de Athena Impact Estimator for Buildings software se consideraron las siguientes constantes:

Vida útil: 80 años

Ubicación geográfica: Atlanta (Estados Unidos), Los Ángeles (Estados Unidos) y Québec City (Canadá)

Selección de sistema constructivo tradicional

El paso previo al diagnóstico es la definición o descripción de las características del sistema. Es relevante acotar que a pesar de que existen varios sistemas que pueden ser considerados tradicionales en Venezuela, se fija uno solo para llevar a cabo el estudio. El criterio de selección es producto de una investigación a través de distintos organismos gubernamentales, uno de ellos es el MPPVH, el cual aporta gran parte de las estadísticas en esta investigación, así como también

el Instituto de Vivienda y Equipamiento de Comunidades del estado Miranda (Iviranda), relacionados con desarrollos de viviendas unifamiliares en Venezuela.

El sistema constructivo tradicional seleccionado se basa en una fracción estadística de todos los desarrollos realizados en Venezuela, pero representa una muestra relevante que concuerda con tecnologías utilizadas desde el siglo pasado hasta la actualidad. Se trata, entonces, de una vivienda unifamiliar dispuesta de la siguiente manera:

Cuadro 1. Sistema constructivo tradicional seleccionado

ESTRUCTURA	CERRAMIENTO TECHO	CERRAMIENTO PAREDES
Perfiles metálicos tubulares	Vigas y correas metálicas Machihembrado Teja criolla	Bloques de concreto Friso exterior Friso interior

Fuente: Elaboración propia basado en MPPVH (s.f.).

Selección del sistema constructivo no tradicional

Criterios de sustentabilidad para la selección del sistema constructivo

Están fundamentados en el uso eficiente y racional de los recursos y la energía. Forma parte de la base para la selección del sistema constructivo.

Racionalización del uso de materiales por unidad de vivienda

Los impactos ocasionados por la producción de viviendas se originan por el uso de materiales, pues desde la extracción de materia prima hasta su disposición final está involucrado el consumo de energía. Llevar al mínimo la cantidad de materiales es entonces, un factor elemental, pues reduce impactos en todas las etapas del ciclo de vida de la vivienda y disminuye el consumo de energía. Así como se observa en los resultados, la diferencia de 4,06 toneladas netas de material utilizada por el sistema tradicional con respecto al Siconte, está directamente relacionada con la cantidad de energía consumida en todas las etapas del ciclo de vida, principalmente en la etapa de producción. Cabe destacar que los desarrollos de vivienda del sector público, al ser construcciones a gran escala, resulta en cantidades considerables de material y sus impactos involucrados.

Inclusión de la deconstrucción en el proyecto

Mediante una buena gestión, es posible realizar la recuperación de residuos en la etapa de disposición final de la vivienda. Se debe proyectar pensando en que la edificación será “deconstruida”, pues es el método de demolición más respetuoso con el medio ambiente; además, existe un alto potencial de recuperación de la energía en la etapa de disposición final. Va de la mano con la implementación de fachadas de obra limpia y el uso de junta mecánica entre elementos. El empleo de materiales homogéneos fácilmente separables permite mediante la

deconstrucción la reutilización de los residuos en futuras obras. La utilización de diversos materiales adheridos entre sí disminuye el potencial de reutilización de los mismos, como en el caso de los bloques de concreto en el sistema constructivo tradicional (adheridos con mortero). En el caso contrario, se observa ventajas en el sistema Siconte, debido a las juntas mecánicas entre los bloques de suelo-cemento y la colocación de las tejas de fibrocemento en la estructura de madera.

Racionalización del uso de cemento

El proceso de fabricación consume de forma intensiva recursos naturales no renovables y energía. Puede lograrse la reducción de la cantidad de cemento en el concreto mediante el empleo de sistemas constructivos que no implemente morteros como adherentes entre elementos constructivos, uso de aditivos y acabados de tipo obra limpia. La optimización de las secciones en el diseño reduce la cantidad de concreto y la implementación de material reciclado para la elaboración de elementos reduce la extracción de materia prima natural. Por otro lado, el concreto permite elaborar elementos de alta durabilidad y bajo mantenimiento, por ende, en algunos casos podría ser beneficioso, pero los impactos que generan su uso deben ser analizados y comparados con otras posibles soluciones. Como se observa en los resultados de este proyecto, el sistema Siconte presenta una reducción seis veces menor en la cantidad de mortero empleado, por lo tanto, menor consumo de energía en todas las etapas del ciclo de vida.

Racionalización del uso de acero

La materia prima proviene de un recurso natural no renovable; el proceso de fabricación produce alto consumo de energía y residuos de difícil reutilización. El uso debe ser justificado, debe contener hierro o acero proveniente del reciclado y las conexiones deben ser empernadas para su fácil deconstrucción, pues el acero puede ser reciclado, inclusive en estado de deterioro. En el caso del sistema tradicional se requieren 0,851 t de acero, contra 0,211 t que requiere el sistema Siconte, lo que se traduce en una reducción de todos los impactos asociados a la extracción de materia prima y fabricación del mismo, acciones que originan contaminación, residuos peligrosos y requieren alto consumo de energía.

Selección del sistema constructivo

Se selecciona un sistema constructivo no tradicional como producto de una exploración de sistemas constructivos no tradicionales de viviendas unifamiliares, que incluyen tecnologías y principios basados en el desarrollo sustentable, utilizados en Venezuela u otros países con clima cálido-húmedo. Los criterios de selección están enmarcados por condiciones ambientales, materia prima disponible y aspectos socioculturales.

El sistema no tradicional seleccionado está compuesto por tecnologías disponibles en Venezuela, trata de un sistema de mampostería estructural con bloques de suelo-cemento (Lego-bloque), viguetas horizontales y elementos verticales a modo de amarre y refuerzo, ambos compuestos de barras de acero y mortero cemento-arena. El techo comprende una estructura de vigas y correas de madera con una cubierta de tejas onduladas de fibrocemento. De ahora en adelante será referido como Siconte (Sistema Constructivo no Tradicional Estudiado).

Mampostería estructural

Bloques suelo-cemento: elementos que componen la mayor parte del cerramiento de paredes y forma parte del sistema estructural.

Para efectos del diagnóstico, se considera que los bloques son fabricados en obra debido a que la herramienta computacional no incluye este tipo de bloques en su base de datos. En la figura 1 se muestran los tres tipos de bloques usados en este sistema constructivo; según los números, estos son: 1. Bloque canaleta, 2. Medio bloque y 3. Bloque común.



Figura 1. Bloques, sistema constructivo Siconte
Fuente: basado en <http://ecomaquinas.com.br/>

219

Elementos de amarre horizontal (véanse figuras 2 y 3): constituye un conjunto de viguetas compuestas de barras de acero $\phi 3/8"$ y mortero cemento-arena; se vacían en el espacio que ofrece el bloque canaleta a todo lo largo de las paredes tanto internas como externas, a niveles sobre la losa de 0,90 m, 2,24 m (sobre el marco de las ventanas) y 2,40 m (vigüeta-corona).



Figura 2. Detalle barras de acero en refuerzo horizontal, sistema constructivo Siconte
Fuente: Basado en <http://ecomaquinas.com.br/>

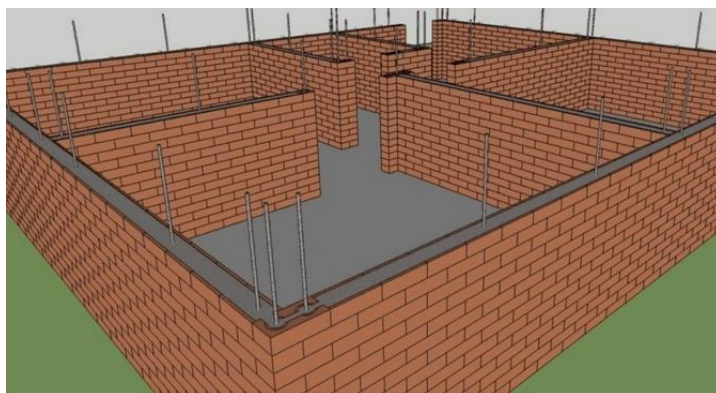


Figura 3. Ejemplo viguetas a 0,90m, sistema constructivo Siconte
Fuente: Basado en <http://ecomaquinas.com.br/>

Elementos de amarre vertical (figura 4): constituye un conjunto de elementos cilíndricos compuestos de barras de acero $\phi 3/8"$ y mortero cemento-arena; se vacían en el espacio de sección circular que posee el bloque. Se coloca en las juntas de paredes y cada 5 bloques linealmente. En las juntas de paredes debe colocarse “grapas” de 10 cm elaboradas con barras de acero $\phi 3/8"$.

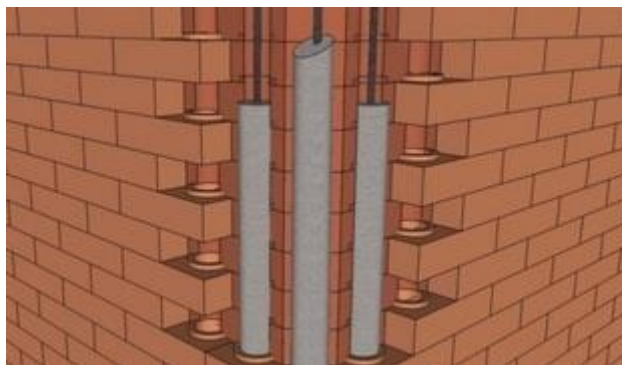


Figura 4. Ilustración elementos verticales, sistema constructivo Siconte
Fuente: Basado en <http://ecomaquinas.com.br>

Cabe señalar un aspecto de extrema importancia presente en el caso venezolano, relacionado con la inexistencia de una base de datos actualizada, oficial o al menos fiable para realizar un estudio a través de declaraciones ambientales de productos; de la misma manera sucede con los estándares y sistemas de certificación de sustentabilidad para edificaciones. La consecuencia de esta enorme carencia de información, asesoramiento y referencias nacionales, no solo limita los alcances de esta investigación, sino de un sinfín de acciones que ya en países vecinos se han estado tomando, desembocando en efectos positivos a través de la sustentabilidad.

221

Resultados del diagnóstico y comparación de los sistemas constructivos

Cuadro 2. Cantidad de materiales: sistema constructivo tradicional

Material	Cantidad	Unidad	Masa	Unidad
Teja de arcilla	59,879	m ²	3,054	t
Bloques de concreto	1466	Unidad	27,852	t
Aceroestructural	0,851	t	0,851	t
Mortero	4,484	m ³	5,740	t
Machihembrado	61,994	m ²	0,484	t

Masa total: 37,981 t

Cuadro 3. Cantidad de materiales: Siconte

Material	Cantidad	Unidad	Masa	Unidad
Fibrocemento	76,759	m ²	1,074	t
Agregado fino	19,927	t	19,927	t
Mortero	0,746	m ³	0,955	t
Cemento tipo Portland	2,348	t	2,348	t
Barras de acero	0,211	t	0,211	t
Madera de uso estructural	0,725	m ³	0,323	t
Agua	9,081	t	9,081	t

Masa total: 33,919 t

En el análisis arrojado por el software, resaltó una gran diferencia entre las ciudades respecto a la energía utilizada para el proceso constructivo; el diesel utilizado para el transporte en este proceso es muy alto, sobretodo en la ciudad de Los Ángeles, por lo que se decide realizar pruebas continuas con el software, eliminando un material a la vez y se determina que el agua es el factor predominante en consumo de energía. Por ejemplo, para la ciudad de Los Ángeles representa 85,6% de la energía (Los Ángeles>Diesel> Proceso constructivo>Transporte). Esta acción es respaldada por recomendación del ASMI, mediante un contacto directo con uno de sus integrantes (Grant Finlayson), el cual acota que existe un error en el software para el cálculo del consumo de energía por uso de agua, al incluirlo como material extra. Por lo tanto, se mantiene fuera del análisis de resultados de ahora en adelante.

Se reporta resultados que excluyen la energía por consumo de agua en el gráfico 1:

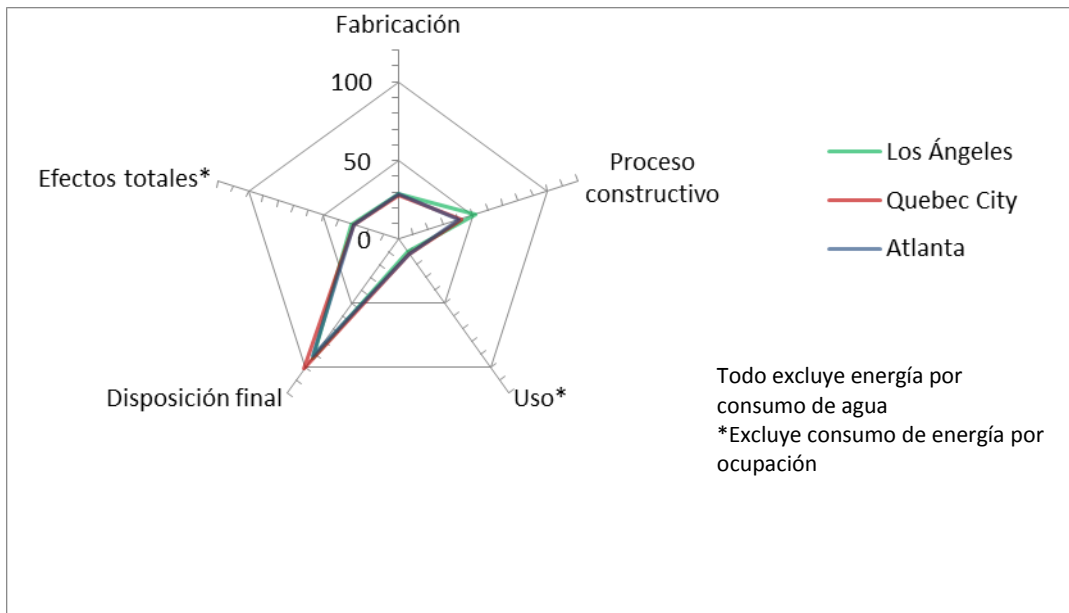


Gráfico 1. Porcentaje de consumo de energía por etapa del ciclo de vida; excluye energía por consumo de agua, sistema Siconte respecto al tradicional
Fuente: Basado en reportes de resultados, Athena Impact Estimator for Buildings, versión 4.5.

223

Se observa una coincidencia entre los valores, con excepción de ciertas variaciones en las etapas del proceso constructivo y disposición final. En relación con los materiales, se compara en la cantidad utilizada en cada sistema.

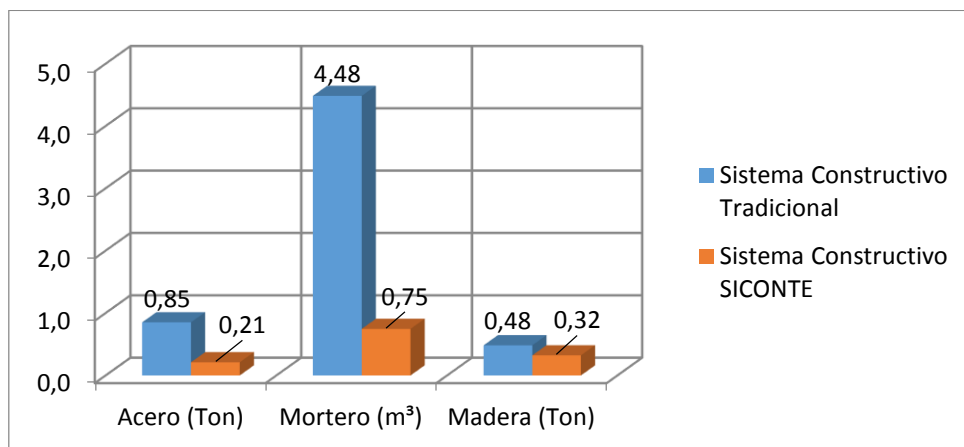


Gráfico 2. Comparación de cantidad de acero, mortero y madera entre sistemas constructivos
Fuente: Basado en reportes de resultados, Athena Impact Estimator for Buildings, versión 4.5.

Existe un factor que no puede ser pasado por alto en todas las actividades referidas a transporte, el cual llega a representar valores comprendidos entre 5,6% para el sistema tradicional en Atlanta y 24,22% para el sistema Sicone en Los Ángeles, respecto a la energía total consumida, excluyendo el consumo por ocupación y la energía por consumo de agua. Sobresale el hecho de que la actividad de transporte es determinante en el consumo de la energía. Haciendo énfasis en esto, se representa en el gráfico 3 la energía consumida por transporte total. Los valores muestran la proporción porcentual de la suma de la energía consumida por el transporte en todas las etapas del ciclo de vida. La relación es del sistema Sicone sobre el tradicional.

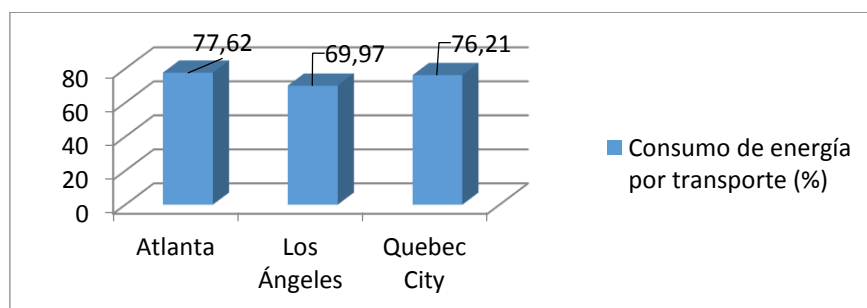


Gráfico 3. Consumo de energía por transporte del sistema Sicone respecto al tradicional.

Fuente: Basado en reportes de resultados, Athena Impact Estimator for Buildings, versión 4.5.

Se observa que el sistema Sicone posee un consumo de energía por transporte menor que el tradicional; se le atribuye a la transportabilidad de los materiales y a la menor cantidad de masa y volumen netos.

224

CONCLUSIONES

1. La inclusión de criterios de sustentabilidad en la selección de materiales y la conceptualización del sistema constructivo, influyen significativamente en el consumo de la energía, en todas las etapas del ciclo de vida de la vivienda.
2. El diagnóstico se realizó bajo condiciones de Canadá y Estados Unidos, debido a la inexistencia de una base de datos suficientemente completa y actualizada de DAP en Venezuela.
3. Resalta la necesidad de desarrollar herramientas, estándares y sistemas de certificación de sustentabilidad en edificaciones, adaptados a las condiciones de Venezuela.
4. En los resultados se demostró que el comportamiento en relación con el consumo de energía, viene marcado por los criterios de sustentabilidad en las tecnologías que por la ubicación geográfica.
5. El análisis se basó en la tendencia de los resultados y su comparación, mas no en los valores cuantitativos, los cuales no son representativos para el caso venezolano.
6. Se demostró que el sistema Sicone, consume en total, menos energía que el sistema constructivo tradicional venezolano.

REFERENCIAS

- Acosta, D. (2000). La mampostería de bloques de suelo-cemento: ¿tecnología apropiada para la producción masiva de viviendas de interés social? *Tecnología y Construcción* [versión electrónica], n° 16-1, pp. 19-30.
- Acosta, D. y Cilento, A. (2007). Edificaciones sostenibles: estrategias de investigación y desarrollo [versión electrónica]. Instituto de Arquitectura Tropical.
- Athena Sustainable Materials Institute –ASMI. (2013). Tópicos de ayuda, información interna del software *Athena Impact Estimator for Buildings* versión 4.5.0101 (abril 2013).
- Cilento, A. (1998). Tendencias tecnológicas en la producción de viviendas. [Versión electrónica] *Interciencia*, vol. 3, n° 1, pp. 26-32.
- Colegio de Arquitectos de Cataluña (s.f.). Elección de materiales y documentos de construcción. Programa LIFE - Edificación.
- Cuberos, R. (2000). Sistema de información automatizada sobre materiales, componentes y técnicas de construcción para viviendas de bajo costo, Proyecto 4 - Convenio Conavi-LUZ-UCV-UNET-ULA. *Tecnología y construcción* [versión electrónica], n° 16-1, pp. 19-30.
- Ente Vasco de la Energía (EVE) et al. (2006). Guía de Edificación sostenible para la vivienda en la Comunidad Autónoma del País Vasco [versión electrónica].
- Fundación Propatria 2000. (2013). Memoria descriptiva y de cálculo “Construcción de 100 viviendas unifamiliares en el municipio Andrés Bello, estado Bolivariano de Miranda”.
- Instituto de Vivienda y Equipamiento de Comunidades del estado Miranda (Iviranda). (s.f.). Resumen desarrollos habitacionales.
- López, L. (1991). Manual del Constructor Popular [Versión electrónica]. 18^{va} edición.
- McDonough, W. y Braungart, M. (2005). *Cradletocradle* (De la cuna a la cuna): rediseñando la forma en que hacemos las cosas. (1^a edición de la 1^a impresión (01/2005), Gregorio Pérez van Kappel, trad.). (Trabajo original publicado en 2002).
- Schmidt, A. (2012). Analysis of five approaches to environmental assessment of building components in a whole building context. Force Technology, Dinamarca.
- Siem, G. et al. (2001). Código Nacional de Habitabilidad para la Vivienda y su Entorno. Premio Nacional de Investigación en Vivienda 2001. [Versión electrónica].
- Sosa, M. y Siem, G. (2004). Manual de Diseño para Edificaciones Energéticamente Eficientes en el Trópico. [Versión electrónica].

Páginas web

Athena Sustainable Materials Institute: <http://www.athenasmi.org/>

Canadian Electricity Association: <http://www.electricity.ca>

Eco máquinas: <http://ecomaquinas.com.br/>

Saber UCV: <http://saber.ucv.ve>

U.S. Energy Information Administration: <http://www.eia.gov>