

## EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN EN EL MARCO DE LA SOSTENIBILIDAD. REVISIÓN SISTEMÁTICA DE ESTUDIOS REALIZADOS ENTRE EL AÑO 2000 Y 2015

Ernesto, Lorenzo Romero <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción (IDEC), Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU), Universidad Central de Venezuela (UCV).  
Correo: [ernestolorenzor@gmail.com](mailto:ernestolorenzor@gmail.com)

### RESUMEN

Como parte de la línea de investigación sobre sistemas pasivos de climatización que se desarrolla actualmente en el IDEC, aunado a la necesidad de demostrar la contribución de estas tecnologías en el logro de la sostenibilidad en edificaciones, en el presente trabajo se analiza el estado del arte concerniente a la evaluación de sistemas de climatización en el marco de la sostenibilidad a nivel mundial. Todo esto con la finalidad de crear una línea base de antecedentes que sustenten el desarrollo posterior de una metodología para la evaluación de la sostenibilidad de estos sistemas en el contexto venezolano. Entre los aportes más relevantes destaca la realización de una revisión sistemática de investigaciones publicadas entre el año 2000 y 2015, obteniendo un universo inicial de 280 trabajos científicos consultados a través de las bases de datos electrónicas EBSCO y SCIELO, junto a la consulta de varios programas institucionales desarrollados en distintos países y continentes para la evaluación de tecnologías en el marco de la sostenibilidad, proponiendo finalmente un total de 10 trabajos científicos considerados como antecedentes directos y de gran relevancia para el tema de investigación, mientras se concluye la existencia de un vacío en cuanto a la evaluación de la sostenibilidad de los sistemas de climatización en fases previas a la construcción de edificaciones (anteproyecto y proyecto).

**Palabras clave:** Climatización, Edificaciones, Evaluación, Sostenibilidad.

### INTRODUCCIÓN

Luego de publicarse las conclusiones de numerosas deliberaciones y audiencias públicas en el documento “Nuestro futuro común”, conocido como el informe Brundtland (ONU, 1987), se formaliza por primera vez el término “Desarrollo

Sostenible”, marcando un hito que puso en evidencia la preocupación por la problemática ambiental a nivel global.

Luego de su publicación, fueron muchas las discusiones sobre el tema del desarrollo sostenible, destacando la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD) conocida también como Cumbre de la Tierra, celebrada en Río de Janeiro en 1992. Esta conferencia se consideró como una plataforma de lanzamiento con vistas al establecimiento de políticas y acciones dirigidas hacia el desarrollo sostenible en las que todas las naciones del mundo participarían. Así, la Conferencia de Río de 1992 consagró definitivamente el concepto de desarrollo sostenible como marco de referencia esencial para las políticas del nuevo milenio.

El plan de acción propuesto conocido como Agenda 21, constituyó un importante paso para el inicio de un proceso que contribuiría al logro de los objetivos de la sostenibilidad, propiciando la aplicación de iniciativas a nivel local que repercutirían globalmente. Entre las actividades propuestas en la Agenda 21, destaca la mejora de los procesos de toma de decisiones. En ese sentido, entre otras directrices, el documento acordado dictaminaba que deben ser elaborados sistemas para la vigilancia y la evaluación de los progresos hacia el logro del desarrollo sostenible mediante la adopción de indicadores que midan los cambios en todo el espectro económico, social y ecológico (ONU, 1992). Con el objeto de llevar a la práctica las medidas acordadas, se encargó al Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUMA) el establecimiento de un conjunto de indicadores de sostenibilidad que permitiesen evaluar el avance de dichas medidas (PNUMA, 1995).

Sin embargo, en la siguiente década poco se avanzó respecto a lo acordado en la Cumbre de Río de Janeiro. La traducción de las medidas en forma de acciones y actividades a nivel local resultó ser el mayor obstáculo, por lo que la mayoría de los países firmantes se les imposibilitó su aplicación. En conjunto, no se ha constatado el esperado cambio en las formas de producción que contribuirían al desarrollo sostenible (Vanloon et al., 2005).

De ese modo, en el año 2002, diez años después de la Conferencia de Río, se celebró en Johannesburgo la Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible (Conferencia Rio+10) con el objetivo de evaluar los progresos alcanzados. En la Conferencia se hizo hincapié en el papel fundamental de la ciencia como una herramienta para abordar las cuestiones de desarrollo sostenible, al objeto de

orientar en el diseño e implementación de las políticas públicas. Algunas de las herramientas de nueva generación acordadas en la Conferencia Rio+10 que incluían: 1.- los marcos metodológicos para el análisis de la sostenibilidad; 2.- los indicadores y los índices de sostenibilidad; y 3.- las formas específicas de análisis basándose en indicadores seleccionados a partir de los principales marcos metodológicos (ONU, 2002).

En este sentido, los métodos de evaluación de la sostenibilidad en las edificaciones han experimentado un gran auge. El panorama actual es muy extenso, ya que muchos países han generado sistemas de evaluación propio, muchos de ellos con vocación de universalidad, al haber trascendido su uso de las fronteras nacionales (como es el caso del LEED, por ejemplo). Sin embargo, otros sistemas tienen como meta un uso exclusivamente local, adecuando sus características a las especificidades del lugar y convertirlo en un sistema de referencia únicamente válido para un entorno próximo.

En ocasiones, algunos de estos sistemas han ido evolucionando y conociendo distintas versiones, ampliando las tipologías específicas hacia las que se dirigen. En otras ocasiones, un país se ha inspirado en el sistema de evaluación empleado por otro país para adaptarlo a sus propias necesidades (este ha sido el caso, por ejemplo, del BREEAM que, nacido en Reino Unido como pionero de los sistemas de evaluación de la sostenibilidad de las edificaciones, y luego fue adaptado en Canadá y reconvertido posteriormente en otro sistema independiente conocido como Green Globes). Otros sistemas de evaluación como la herramienta VERDE, no se han terminado de desvincular de su sistema de origen, el SBTool, constituyendo una adaptación a las particularidades nacionales.

Por ello, resulta difícil establecer una comparativa válida entre los resultados aportados por un sistema de evaluación y los aportados por otro, más aún cuando muchos de ellos tienen un alcance particular, mientras otros son más globales o generales.

En todo caso, estos sistemas nacieron de la necesidad de poder evaluar y medir la sostenibilidad de las edificaciones en su conjunto, por lo que, en su mayoría, el tema de la climatización lo abordan de una manera simplificada a través de indicadores que engloban principalmente el consumo energético y emisiones de  $CO_2$  en toda la edificación. Esto pudiese ocasionar una lectura poco objetiva que no refleje el

verdadero peso de la climatización en la evaluación de la sostenibilidad de un edificio, al dejar de lado aspectos fundamentales como la calidad del aire, niveles de ruido, aceptación por parte de los usuarios, durabilidad, mantenimiento, costos, etc.

Son muchas las experiencias documentadas a nivel mundial en donde se cuantifica el potencial real de nuevas tecnologías alternativas para climatización de edificaciones, denominadas éstas como pasivas o cuasi-pasivas por la posibilidad de alcanzar las condiciones de confort térmico en los espacios construidos sin consumir energía eléctrica o hacerlo de forma muy reducida. (Santamouris, et al, 2007), (Finocchiaro, et al, 2010), (Geetha, et al, 2012), (Cam, 2012), (Santamouris, et al, 2013), siendo menores los registros en clima tropical húmedo, con excepción de países como Malaysia, Hong Kong, México y Venezuela (Toe, et al, 2014), (Kubota, et al, 2012), (Tetsu, et al, 2010), (Chyee, et al, 2009), (López, et al, 2011), (Castillo, et al, 2011), (Figueroa, et al, 2011), (Huelsz, et al, 2011), (Xinhua, et al, 2008), (Madhumathi, et al, 2012), (Sanusi, et al, 2013), (Lorenzo, 2007), (Lorenzo et al, 2008), (Allard, et al, 1998), (Hobaica, et al, 2001), (González, 1997), (González, 2011), (Prado, 2015), (Piñate, et al, 2013), (Piñate, 2016).

No obstante, los estudios consultados se centran en el desarrollo o aplicación de distintas tecnologías a nivel particular y en un contexto determinado, observándose un posible vacío respecto a la existencia de metodologías que permitan su evaluación en el campo de la sostenibilidad, lo que conlleva a la realización de una revisión sistemática como estrategia fundamental para definir el estado del arte en lo que respecta a la evaluación de sistemas de climatización en el marco de la sostenibilidad.

## 1. LINEAMIENTOS DE LA REVISIÓN SISTEMÁTICA

La revisión realizada tuvo como premisa la consulta de trabajos entre los años 2000 y 2015, considerando toda información científica disponible respecto a la evaluación de tecnologías de climatización en el marco de la sostenibilidad.

Esta recolección se realizó a través de la revisión de las bases de datos electrónicas siguientes:

- EBSCOhost que incluye: Academic Search Complete; ACS Publications—Journal Search; Annual Reviews; Business Source Complete; CINAHL; Education Research Complete; Environment Complete; ERIC; Fuente Académica Premier; Humanities

International Complete; Legal Collection; MasterFILE Premier; MEDLINE; NPG; Nature; OpenSearch; Oxford UniversityPress; Oxford Index -- Oxford Journals; Psychology and Behavioral Sciences Collection; Regional Business News; SciELO; Scientific Electronic Library Online; Science Magazine (SRU); ScienceDirect; SocINDEX with Full Text; Springer link; Web of Science; Wiley Online Library.

Para la revisión se utilizaron las siguientes palabras claves: sustainable technologies evaluation; sustainability passive HVAC; sustainability assessment in air conditioning; sustainability indicators in air conditioning; sustainable evaluation HVAC; indicators HVAC; sustainability assessment HVAC. Todos los estudios considerados debían tener el texto completo en su versión electrónica, y estar escritos en idioma español, inglés, francés o portugués. Asimismo, Los estudios no científicos o literatura gris no fueron seleccionados en la muestra, así como tampoco las referencias cruzadas.

## 2. RESULTADOS Y SELECCIÓN DE LOS TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN RELEVANTES DENTRO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN PLANTEADA.

Se obtuvieron inicialmente un total de doscientos ochenta (280) estudios resultantes de la búsqueda en las bases de datos.

En este nivel se revisaron los resúmenes, a la vez que se observó parcialmente el contenido de cada uno de los estudios, con el fin de excluir aquellos que estuviesen duplicados, que no estaban dentro del área de estudio, que utilizaban erróneamente los términos, que presentaban indicios que podrían repercutir en su calidad, que fueran extractos de libros, que estuvieran incompletos y/o que no correspondieran en general con lo requerido.

Esta primera reducción nos permitió depurar la búsqueda inicial, quedando solo veintidós (22) estudios a ser considerados (Tabla N° 1).

Tabla 1: Resultados preliminares de la revisión sistemática en EBSCO para Julio 2014. Fuente: Elaboración Propia.

Fuente	Palabras Clave	Documentos Disponibles	Documentos Seleccionados
EBSCOhost	Sustainable technologies evaluation	210	16
	Sustainability passive HVAC	4	0

	Sustainability assessment in air conditioning	22	2
	Sustainability indicators in air conditioning	6	0
	Sustainable evaluation HVAC	11	0
	indicators HVAC	26	4
	Sustainability assessment HVAC	1	0

Los 22 estudios fueron leídos en su totalidad, con el fin de seleccionar solo aquellos que profundizan sus análisis en el área que nos compete. Asimismo, se excluyeron aquellos trabajos que no profundizaron en los temas asociados a la sostenibilidad, así como aquellos que solo se enfocaron en la descripción o experimentación de tecnologías.

Finalmente se seleccionaron como antecedentes pertinentes para la investigación, 10 trabajos académicos considerados de interés para la investigación, los cuales se resumen en la Tabla N° 2.

Tabla 2: Trabajos seleccionados como antecedentes. Fuente: Elaboración Propia.

Autor / Año / País	Título	Tema Desarrollado
<b>N. Cardinale; G. Rospi; F. Ruggiero</b> Italia, 2010	Economic-environmental performance indexes for solar- powered absorption cooling system in Mediterranean area	Evaluación económica y ambiental de un Sistema de climatización solar sin el uso de indicadores.
<b>J.Wang ; X, Zhang</b> China, 2010	Recommended concentration limits of indoor air pollution indicators for requirement of acceptable indoor air quality	Desarrollo de un sistema de indicadores para evaluar la calidad del aire interior.
<b>Violeta Sasnauskaite; Lina Uzsilaityte; Artur Rogoza</b> Lithuania, 2007	A sustainable analysis of a detached house heating system throughout its life cycle. A case study	Evaluación de tres tecnologías de calefacción a través del estudio del ciclo de vida y análisis multicriterio, para valorar el mejor comportamiento respecto a las emisiones de CO2, costo inicial y ahorro de energía.
<b>HashemkhaniZolfani ; Saparauskas, Jonas</b> Iran/ Lithuania, 2007	New Application of SWARA Method in Prioritizing Sustainability Assessment Indicators of Energy System.	Desarrollo de un nuevo marco para la evaluación y priorización de los indicadores de evaluación de la sostenibilidad en el área energética denominado SWARA. También plantea algunos indicadores de sostenibilidad útiles para la investigación.

<p><b>Cheryl E. Nelms, Alan D. Russell, Barbara J. Lence</b> Canada, 2007</p>	<p>Assessing the performance of sustainable technologies: a framework and its application.</p>	<p>Desarrollo de un método de ayuda para la evaluación de las repercusiones positivas y negativas de una tecnología en particular con respecto a la sostenibilidad. Presenta igualmente una lista de criterios para la evaluación de tecnologías en el marco de la sostenibilidad.</p>
<p><b>Kamami, Martin Ndegwa, George Home, Patrick</b> Kenya, 2011</p>	<p>Fuzzy based decision support method for selection of sustainable wastewater treatment technologies</p>	<p>Desarrollo y validación de un método de Soporte a la Decisión (DSM) para evaluar el rendimiento de las tecnologías de aguas residuales mediante indicadores ambientales y económicos.</p>
<p><b>Gething, Bill Bordass, Bill</b> Inglaterra, 2006</p>	<p>Rapid assessment checklist for sustainable buildings</p>	<p>Desarrollo de una lista de evaluación de la sostenibilidad, para enfoques simples y rápidos, como resultado de una revisión de los métodos de evaluación de la sostenibilidad disponibles</p>
<p><b>Naim Hamdia Mohammed Darwish</b> Portugal / Kuwait, 2011</p>	<p>Multi-criteria sustainability assessment of water desalination and energy systems -- Kuwait case</p>	<p>Evaluación multicriterio de los sistemas de desalinización de agua y energía como ayuda a los tomadores de decisiones en la selección de la opción más adecuada, desarrollando algunos indicadores de sostenibilidad.</p>
<p><b>Nelms, Cheryl Russell, Alan Lence, Barbara</b> Canada, 2005</p>	<p>Assessing the performance of sustainable technologies for building projects</p>	<p>El trabajo identifica las relaciones de causa y efecto principal de las tecnologías de construcción sostenibles seleccionados y muestra los elementos de un marco para la evaluación sistemática de su desempeño desde una perspectiva ambiental, social, económica y técnica.</p>
<p><b>Hung, Shiu-Wan Tseng, Shih-Chang</b> China, 2010</p>	<p>A New Framework Integrating Environmental Effects into Technology Evaluation.</p>	<p>Desarrollo de un nuevo marco para la evaluación de tecnologías mediante la adopción de los beneficios económicos y perspectivas ambientales.</p>

### 3. REVISIÓN DE AVANCES EN LA EVALUACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS A NIVEL INSTITUCIONAL Y EN EL MARCO DE LA SOSTENIBILIDAD.

Al margen de los sistemas de indicadores de sostenibilidad para las edificaciones. Han surgido recientemente varias iniciativas de evaluación de tecnologías que en definitiva lo que buscan es estimular el desarrollo de nuevas tecnologías que contribuyan en la mitigación de los impactos ambientales en pro del logro de la sostenibilidad.

“*The Sustainable Technologies Evaluation Program*” (STEP) es un programa interinstitucional liderado por la Autoridad de Conservación Regional de Toronto (TRCA) Canadá, el cual fue desarrollado para proporcionar los datos y las herramientas analíticas necesarias para apoyar la aplicación de tecnologías y prácticas sostenibles en el contexto canadiense. Sus principales objetivos son:

- Monitorear y evaluar las tecnologías sostenibles en las áreas de agua y aire.
- Evaluar los posibles obstáculos a la aplicación de tecnologías sostenibles.
- Proporcionar recomendaciones para la orientación y el desarrollo de políticas.
- Difundir los resultados y recomendaciones de sus estudios y promover el uso de tecnologías eficaces en una escala más amplia a través de la educación y la promoción.

Este programa realiza la evaluación de las tecnologías mediante la valoración de sus distintas prestaciones, resaltando los aspectos relacionados con el consumo energético y las emisiones de  $CO_2CO_2$  al ambiente. Para las valoraciones se basan generalmente en el desarrollo de prototipos experimentales que a su vez deben ser avalados por distintas agencias y/o laboratorios autorizados, certificando así las prestaciones de cada tecnología, obteniendo, de ser el caso, una certificación que facilita su comercialización en el mercado canadiense principalmente.

Asimismo, tanto países como México y EEUU, mediante el “*General Verification Protocol*” (GVP) desarrollado por el Registro de Acción Climática de California, han sentado las bases para la evaluación tanto de tecnologías como de procesos, pero enfocándose principalmente en las emisiones de GEI al ambiente.

En la Cumbre de las Américas de 2009 se formalizó la Alianza de Energía y Clima de las Américas (ECPA por sus siglas en inglés) concebida como un mecanismo flexible para acelerar el logro de la sostenibilidad en el campo de la energía, destacando entre otros, el desarrollo de un programa de certificación de tecnologías y procedimientos enfocados principalmente a la eficiencia energética, con una visión a largo plazo, de convertirse en un recurso de apoyo para los países de la región.

Mientras, para el año 2011 la Unión Europea lanzó igualmente un plan piloto denominado “*Environmental Technology Verification pilot program*” (ETV), el cual ofrece la oportunidad de verificación de tecnologías ecológicas innovadoras. Siendo su objetivo:

- Aumentar la credibilidad de este tipo de tecnologías en el mercado.
- Permitir a los usuarios de tecnología y compradores, comparar tecnologías e identificar las innovaciones ecológicas adaptadas a sus necesidades.
- Garantizar un mayor reconocimiento de los resultados de verificación, tanto en el mercado interno como en el internacional.

Este programa trabaja según su Protocolo General de Verificación (GVP), el cual es muy similar al del sistema canadiense (STEP).

En todo caso, estos programas y sistemas de evaluación de tecnologías, se enfocan principalmente en los aspectos de ahorro energético y emisiones de GEI. Por lo que la visión integral que requiere la sostenibilidad es un camino que falta aún por recorrer, a pesar que las distintas iniciativas existentes apuntan hacia ese fin.

#### 4. CONCLUSIONES

Luego de la exhaustiva revisión realizada a la amplia y extensa documentación disponible, tanto a nivel científico, como de programas institucionales puestos en práctica en distintos países, se puede concluir que al momento de realizar la investigación, no existía ningún antecedente registrado que permitiera identificar la existencia de una metodología enfocada en la evaluación de sistemas de climatización en el marco de la sostenibilidad en fases previas a la construcción de edificaciones (anteproyecto y proyecto). Por lo tanto, el trabajo permitió la creación de una línea base de antecedentes para su posterior desarrollo, tanto en el contexto venezolano como a nivel mundial.

Asimismo, se puso en evidencia la necesidad de contar con nuevas metodologías enfocadas en la evaluación de distintos aspectos dentro de la sostenibilidad, con el fin de obtener mediciones o datos más objetivos, que de otra forma no pudiesen lograrse, especialmente cuando se piensa en casos como la evaluación de sistemas constructivos, procesos de producción, nuevas tecnologías, etc. Por lo tanto, luego de este trabajo se continúa a futuro con el planteamiento de una metodología para la evaluación de proyectos de climatización de edificaciones dentro del marco de la sostenibilidad, mediante la conceptualización y diseño de un modelo integrado de indicadores específicos para el campo de la climatización de edificaciones en el contexto venezolano, como un aporte fundamental al conocimiento dentro de la línea de investigación en el que se inscribe el trabajo.

#### 5. REFERENCIAS

Allard, F. y Belarbi, R. (1998). Metodología de evaluación de técnicas pasivas de enfriamiento. En memorias del Primer Simposio Venezolano de Confort Térmico y Comportamiento de Edificaciones (COTEDI 1998), Caracas, Venezuela.

Chyee, D., y Kubota, T. (2009) Analysis of night ventilation potential for residential buildings in hot-humid climate of Malaysia. PLEA 2009 – Architecture Energy and the Occupant's Perspective: Proceeding softhe 26th International Conference on Passive and Low Energy Architecture. Quebec, Canada.

Cam, W. (2012). Technologies for Climate Change Mitigation, Building Sector. Centre on Energy, Climate and Sustainable Development., Programa de Naciones Unidas para el desarrollo, PNUD, (UNEP por sus siglas en inglés). Copenhagen, Dinamarca.

Castillo, J., Lira, A., Muñoz, J., Ramírez, A., Juárez, N., Rojas, J., y Huelsz, G. (2011). Uso de sistemas pasivos de climatización en la zona de Temixco Morelos con clima cálido semi-húmedo. En memorias del XXXV Congreso Nacional de Energía Solar (ANES 2011). Chihuahua, México.

Figuroa, A., Fuentes, V., Castorena, M., Chávez, R, Valerdi, H., Tovar, I., Torres, E., Morales, Y., Olivares, G., y Campos, A. (2011). Uso de sistemas pasivos de climatización en el área norte de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. En memorias del XXXV Congreso Nacional de Energía Solar (ANES 2011). Chihuahua, México.

Finocchiaro, L., Wigenstadb, T., y Hestnesa, A. (2010). Potential of passive cooling, natural ventilation and solar control in cold climates office buildings. Zero emission buildings, proceedings of Renewable Energy Conference 2010. Trondheim, Noruega.

Geetha, N., y Velraj, R. (2012). Passive cooling methods for energy efficient buildings with and without thermal energy storage – A review. Revista Energy Education Science and Technology Part A: Energy Science and Research volumen 29 N° 2.

González, E. (1997). Técnicas de enfriamiento pasivo. Resultados experimentales en el clima cálido y húmedo de Maracaibo, Venezuela. Revista CIT, Información Tecnológica, volumen 8 N° 5. La Serena, Chile.

González, S. (2011). Estudio experimental del comportamiento térmico de sistemas pasivos de enfriamiento en clima cálido-húmedo. Tesis de maestría no publicada, Universidad Internacional de Andalucía, España.

Hobaica, M.E., Belarbi, R. y Rosales, L. (2001). Los sistemas pasivos de refrescamiento de edificaciones en clima tropical húmedo. Revista Tecnología y Construcción Volumen 17 N° 1. Caracas, Venezuela.

Huelsz, G., Ochoa, M., López, P., Gómez, A., y Figueroa, A. (2011). Uso de sistemas pasivos de climatización en cinco zonas de la República Mexicana. En memorias del XXXV Congreso Nacional de Energía Solar (ANES 2011). Chihuahua, México.

Kubota, T., y Toe, D. (2012) Re-evaluating passive cooling techniques of traditional Malay houses in Malaysia. Proceedings – 4th International Network for Tropical Architecture Conference (INTA 2012). Ciudad de Singapur, Singapur.

López, P., Roux, R., Espuna, A., y García, V. (2011). Caracterización y uso de sistemas pasivos de climatización en viviendas de la zona metropolitana de Tampico, Madero, Altamira y Tamaulipas. En memorias del XXXV Congreso Nacional de Energía Solar (ANES 2011). Chihuahua, México.

Lorenzo, E. (2007). Climatización Pasiva por Conductos Enterrados. Caso de aplicación: Almacenes L&G para bebidas alcohólicas y gaseosas. Tesis de especialización no publicada. Caracas, Venezuela.

Lorenzo, E., Hobaica, M. y Conti, A. (2008). Desarrollo experimental de un prototipo del sistema de tubos enterrados. Revista Tecnología y Construcción volumen 24 N° 1. Caracas, Venezuela.

Madhumathi, A., Sundarraja, B., (2012). Experimental study of passive cooling of building façade using phase change material to increase thermal comfort in buildings in hot humid areas. Revista International journal of energy and environment, volumen 3, N° 5.

ONU (1987). Nuestro Futuro Común. Informe de la Comisión Mundial del Medio Ambiente y el Desarrollo (CMMAD). Organización de las Naciones Unidas. Nueva York, USA.

ONU (1992). Agenda 21. Earth Summit: United Nations Program of Action from Rio. Organización de las Naciones Unidas. United Nations Publications. New York, USA.

ONU (2002). Informe de la Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible. Organización de las Naciones Unidas. Nueva York, USA.

Piñate, A., Rosales, L., y Lorenzo, E. (2013). Estudio Experimental de un Sistema Pasivo de Enfriamiento por Techo Estanque. Revista Tecnología y Construcción volumen 29 N° 1. Caracas, Venezuela.

Piñate, A. (2016). Diseño de un sistema pasivo de enfriamiento por techo estanque. Caso de estudio: local comercial en Caracas. Tesis de especialización no publicada. Caracas, Venezuela.

PNUMA (1995). Sustainable Development Indicators, Revista Earth Views, Volume 2, No. 3. Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Nairobi, Kenia.

Prado, V. (2015). Estrategias pasivas para la reducción del consumo energético en edificios de oficinas. Tesis de especialización no publicada. Caracas, Venezuela.

Santamouris, M., Pavlou, K., Synnefa, A., Niachou, K., y Kolokotsa, D. (2007). Recent progress on passive cooling techniques. Advanced technological development to improve survivability levels in low-income households. Revista Energy and Buildings, volumen 39, N° 7.

Santamouris, M., y Kolokotsab, D. (2013). Passive cooling dissipation techniques for buildings and other structures: The state of the art. Revista Energy and Buildings, volumen 57.

Sanusi, A., Shao, L., y Ibrahim, N. (2013). Passive ground cooling system for low energy buildings in Malaysia (hot and humid climates). Revista Renewable Energy, volumen 49.

Tetsu, K. y Doris C. (2010) Potential of Passive Cooling Techniques for Modern Houses in the Tropical Climate of Malaysia – Analysis of the Indoor Thermal Environment for Various Ventilation Strategies. Revista International Journal of Ventilation, volume 9, N° 1.

Toe, D., y Kubota, T. (2014). Potential application of vernacular passive cooling techniques tonaturally ventilated modern terraced houses in hot-humid climate of Malaysia. Efficient, High-Performance Buildings for Developing Economies Conference. Manila, Philippines.



Vanloon, W., Patil, G., y Hugar, B. (2005). *Agricultural Sustainability: Strategies for Assessment*. SAGE Publications. New Delhi, India.

Xinhua, X., Shengwei, W., y Zhenjun, M. (2008). Evaluation of plume potential and plumeab stement of evaporative cooling towers in a subtropical region. *Revista Applied Thermal Engineering*, volumen 28, N° 11–12. Kowloon, Hong Kong.

# **APÉNDICE (Presentación)**



# EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN EN EL MARCO DE LA SOSTENIBILIDAD.

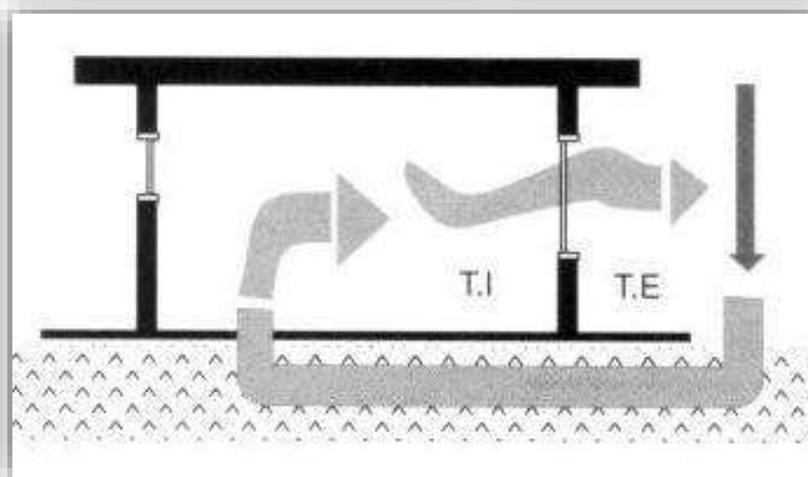
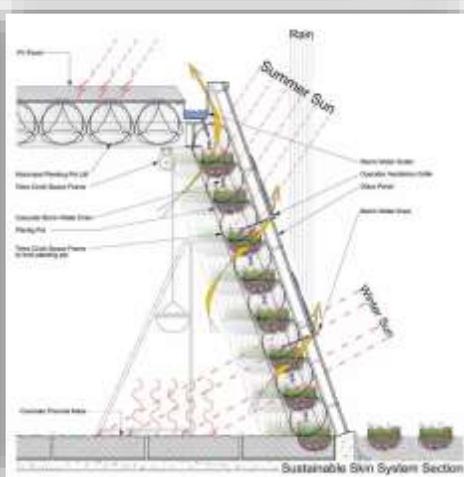
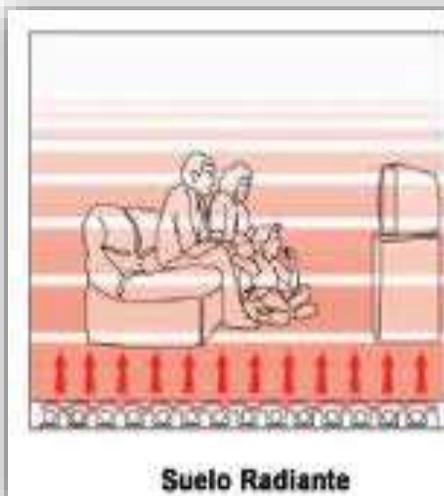
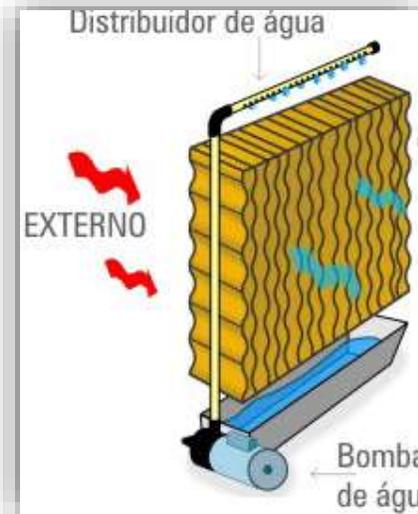
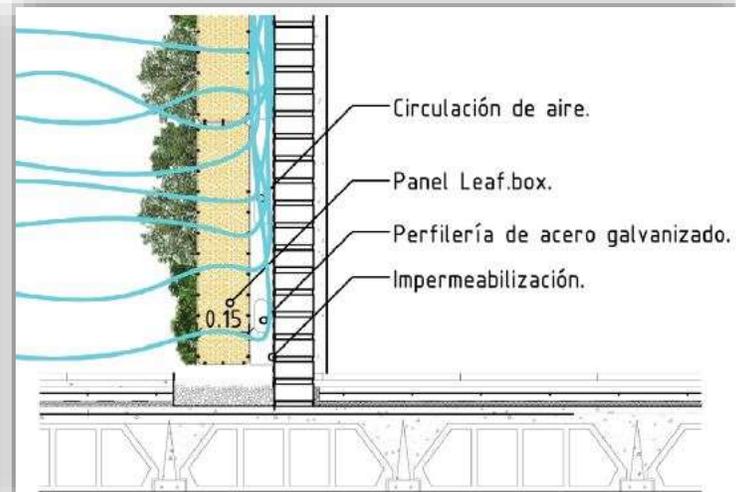
*REVISIÓN SISTEMÁTICA DE ESTUDIOS REALIZADOS ENTRE EL AÑO 2000 Y 2015*

Arq. PhD. Ernesto Lorenzo Romero

# SOSTENIBILIDAD. Concepto en construcción...

Años	Eventos	Desarrollos y conceptos
1968	Creación del Club de Roma	Crecimiento estable de la humanidad "Los límites del crecimiento" publicado en 1972
1972	Cumbre de la Tierra en Estocolmo	Posible Cambio Climático Nuevo concepto de Desarrollo
1987	Informe Brundtland	Se acuña el término Desarrollo Sostenible.
1992	Cumbre de Río de Janeiro	Agenda 21 - deben ser elaborados sistemas para la vigilancia y la evaluación de los progresos hacia el logro del desarrollo sostenible mediante la adopción de indicadores.
1997	Cumbre en Nueva York (Río + 5)	Necesidad de realizar progresos concretos. Establecer estrategias nacionales de Desarrollo Sostenible
2000	Cumbre del Milenio de las Naciones Unidas (Nueva York)	Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM)
2002	Cumbre de Johannesburgo (Río + 10)	Cumbre del Desarrollo Sostenible. Tres pilares: desarrollo económico, social y ambiental. marcos metodológicos para el análisis de la sostenibilidad, los indicadores y los índices de sostenibilidad y las formas específicas de análisis basándose en indicadores .

## Sistemas de climatización.



## Revisión sistemática de los estudios realizados a nivel mundial

Se consultaron trabajos entre los años 2000 y 2015, considerando toda información científica disponible respecto a la evaluación de tecnologías de climatización en el marco de la sostenibilidad.

Para la revisión se utilizaron las siguientes palabras claves:

- sustainable technologies evaluation;**
- sustainability passive HVAC;**
- sustainability assessment in air conditioning;**
- sustainability indicators in air conditioning;**
- sustainable evaluation HVAC;**
- indicators HVAC;**
- sustainability assessment HVAC.**



Se obtuvieron inicialmente un total de doscientos ochenta (280) estudios resultantes de la búsqueda en las bases de datos. Esta primera reducción nos permitió depurar la búsqueda inicial, quedando solo veintidós (22) estudios a ser considerados.

FUENTE	PALABRAS CLAVE	DOCUMENTOS DISPONIBLES	DOCUMENTOS SELECCIONADOS
EBSCOhost	sustainable technologies evaluation	210	16
	sustainability passive HVAC	4	0
	sustainability assessment in air conditioning	22	2
	sustainability indicators in air conditioning	6	0
	sustainable evaluation HVAC	11	0
	indicators HVAC	26	4
	sustainability assessment HVAC	1	0

Finalmente se seleccionaron como antecedentes pertinentes para la investigación, 10 trabajos académicos considerados de interés para la investigación.

Autor / Año / País	Titulo	Tema Desarrollado
N. Cardinale; G. Rospì; F. Ruggiero Italia, 2010	Economic-environmental performance indexes for solar- powered absorption cooling system in Mediterranean area	Evaluación económica y ambiental de un Sistema de climatización solar, sin el uso de indicadores.
J.Wang ; X, Zhang China, 2010	Recommended concentration limits of indoor air pollution indicators for requirement of acceptable indoor air quality	Desarrollo de un sistema de indicadores para evaluar la calidad del aire interior.
Violeta Sasnauskaite; Lina Uzsilaityte; Artur Rogoza Lithuania, 2007	A sustainable analysis of a detached house heating system throughout its life cycle. A case study	Evaluación de tres tecnologías de calefacción a través del estudio del ciclo de vida y análisis multicriterio, para valorar el mejor comportamiento respecto a las emisiones de CO2, costo inicial y ahorro de energía.
Hashemkhani Zolfani; Saparauskas, Jonas Iran/ Lithuania, 2007	New Application of SWARA Method in Prioritizing Sustainability Assessment Indicators of Energy System.	Desarrollo de un nuevo marco para la evaluación y priorización de los indicadores de evaluación de la sostenibilidad en el área energética denominado SWARA. También plantea algunos indicadores de sostenibilidad útiles para la investigación.
Cheryl E. Nelms, Alan D. Russell Barbara J. Lence Canada, 2007	Assessing the performance of sustainable technologies: a framework and its application.	Desarrollo de un método de ayuda para la evaluación de las repercusiones positivas y negativas de una tecnología en particular con respecto a la sostenibilidad. Presenta igualmente una lista de criterios para la evaluación de tecnologías en el marco de la sostenibilidad.

<b>Kamami, Martin Ndegwa, George Home, Patrick Kenya, 2011</b>	Fuzzy based decision support method for selection of sustainable wastewater treatment technologies	Desarrollo y validación de un método de Soporte a la Decisión (DSM) para evaluar el rendimiento de las tecnologías de aguas residuales mediante indicadores ambientales y económicos.
<b>Gething, Bill Bordass, Bill Inglaterra, 2006</b>	Rapid assessment checklist for sustainable buildings	Desarrollo de una lista de evaluación de la sostenibilidad, para enfoques simples y rápidos, como resultado de una revisión de los métodos de evaluación de la sostenibilidad disponibles
<b>Naim Hamdia Mohammed Darwish Portugal / Kuwait, 2011</b>	Multi-criteria sustainability assessment of water desalination and energy systems -- Kuwait case	Evaluación multicriterio de los sistemas de desalinización de agua y energía como ayuda a los tomadores de decisiones en la selección de la opción más adecuada, desarrollando algunos indicadores de sostenibilidad.
<b>Nelms, Chery Russell, Alan Lence, Barbara Canada, 2005</b>	Assessing the performance of sustainable technologies for building projects	El trabajo identifica las relaciones de causa y efecto principal de las tecnologías de construcción sostenibles seleccionados y muestra los elementos de un marco para la evaluación sistemática de su desempeño desde una perspectiva ambiental, social, económica y técnica.
<b>Hung, Shiu-Wan Tseng, Shih-Chang China, 2010</b>	A New Framework Integrating Environmental Effects into Technology Evaluation.	Desarrollo de un nuevo marco para la evaluación de tecnologías mediante la adopción de los beneficios económicos y perspectivas ambientales.

Sin embargo, luego de revisión de la documentación científica, se identificó un vacío en cuanto a la evaluación de los sistemas de climatización en fases previas a la construcción de edificaciones (anteproyecto y proyecto).



# Conclusiones

Al momento de realizar la investigación, no existía **ningún antecedente registrado que permitiera identificar la existencia de una metodología enfocada en la evaluación de sistemas de climatización en el marco de la sostenibilidad** en fases previas a la construcción de edificaciones (anteproyecto y proyecto). Por lo tanto, el trabajo permitió la creación de una línea base de antecedentes para su posterior desarrollo, tanto en el contexto venezolano como a nivel mundial.

Surge la **necesidad de contar con nuevas metodologías enfocadas en la evaluación de distintos aspectos dentro de la sostenibilidad**, con el fin de obtener mediciones o datos más objetivos, que de otra forma no pudiesen lograrse, **especialmente cuando se piensa en casos como la evaluación de sistemas constructivos, procesos de producción, nuevas tecnologías, etc.**

Como resultado de esta revisión **se plantea una metodología para la evaluación de proyectos de climatización de edificaciones dentro del marco de la sostenibilidad**, mediante la conceptualización y diseño de un modelo integrado de indicadores específicos para el campo de la climatización de edificaciones en el contexto venezolano, como aporte fundamental.



**MUCHAS  
GRACIAS...**