

POTENCIALIDADES DE LOS SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN PASIVA Y EL RETO DE SU DIFUSIÓN Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA EN VENEZUELA

Ernesto Lorenzo

Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción,
Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Central de Venezuela
ernestolorenzor@gmail.com

Mary Ruth Jiménez

Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción,
Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Central de Venezuela
aldila13@gmail.com

María Elena Hobaica

Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción,
Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Central de Venezuela
hobaica@gmail.com

RESUMEN

El trabajo presenta los resultados preliminares correspondientes a la primera etapa de un proyecto llevado a cabo en el Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción (IDEC), dentro del área de requerimientos de habitabilidad de las edificaciones, el cual propone cuantificar el potencial de enfriamiento *versus* consumo energético del sistema de enfriamiento por contacto con el suelo, enfriamiento radiante y enfriamiento evaporativo, a fin de facilitar su transferencia, socialización y aplicación en edificaciones dentro del contexto climático venezolano, entendiendo la necesidad de migrar gradualmente hacia un nuevo paradigma de desarrollo sostenible. Entre las contribuciones del trabajo destaca la elaboración de al menos tres tesis de especialización, una de maestría y una de doctorado, que se desarrollan actualmente. Asimismo se presentan avances en el desarrollo de las distintas técnicas estudiadas, y en especial la realización de un registro y adecuación a nivel preliminar de toda la documentación en cuanto a las nuevas tecnologías de información y documentación (NTIc), con miras a lograr la difusión eficiente de los resultados finales de la investigación.

Palabras clave: climatización pasiva, ahorro energético, habitabilidad de las edificaciones, transferencia tecnológica, difusión de conocimientos, NTIc.

INTRODUCCIÓN

En Venezuela, estadísticas recientes indican que el país cuenta con el mayor consumo per cápita de energía eléctrica de toda América Latina (Banco Mundial, 2007). Todo esto se agudiza debido a la existencia de un desequilibrio entre la demanda creciente de energía y la oferta, lo cual, aunado al cambio climático, ha desembocado en una crisis eléctrica nacional, en que las edificaciones juegan un papel preponderante al ser estas grandes consumidoras de energía, a causa principalmente de los avances tecnológicos basados en un elevado gasto energético. Solo por concepto de climatización se estima una demanda de 6,5% de la energía total consumida en el mundo anualmente; sin embargo, investigaciones han demostrado que la aplicación de técnicas pasivas de climatización pudieran llevar dicha cifra a 2,35% (Santamouris et al., 1997). La dificultad radica entonces en su aplicación intensiva, como opción a los sistemas tradicionales de climatización de elevado consumo energético.

Investigaciones llevadas a cabo en el IDEC, en conjunto con la Universidad de la Rochelle, Francia, permitieron estimar el potencial teórico de aplicación de varias técnicas de climatización pasiva en el trópico, resaltando los sistemas evaporativos, radiantes y de contacto por el suelo como los más efectivos, en relación con el confort global en zonas climáticas representativas de nuestro país, concluyendo que en Venezuela es factible su aplicación (Allard et al., 1998; Hobaica et al., 2001; Lorenzo et al., 2008).

En este sentido, y con base en los avances obtenidos en los trabajos anteriormente descritos, se plantea el desarrollo y diversificación de los sistemas pasivos de enfriamiento estudiados para su adecuación precisa a las condiciones climáticas y constructivas de Venezuela. Para ello se propone la realización de protocolos de cálculo, predimensionado y construcción de los mismos, con miras a su adecuación a las nuevas tecnologías de información y documentación (NTIc), para que así se facilite la difusión y transferencia de los resultados de la investigación.

149

BASAMENTO TEÓRICO DE LOS SISTEMAS PASIVOS DE CLIMATIZACIÓN

Las técnicas o sistemas de climatización pasiva de edificaciones tienen como finalidad el logro del confort térmico en los usuarios, sin la necesidad de utilizar fuentes artificiales de energía, o hacerlo de forma muy reducida, lo que las agrupa en parte de la literatura bajo el epígrafe de refrigeración gratuita, *free cooling*.

La climatización pasiva se basa en el principio de la termodinámica, que indica que el modo natural de fluir la energía es del foco caliente al foco frío (Holman, 1999). Por tanto, para que un edificio de modo natural pierda energía calorífica (calor) debe estar en contacto con un foco frío que le extraiga el calor. Si, por el contrario, se desea evitar la pérdida de calor dentro del edificio, se debe entonces aislar el foco frío. En el caso práctico, el foco frío puede ser una temperatura real (temperatura del suelo a determinada profundidad) o una temperatura hipotética (temperatura aparente del cielo), siendo esta la temperatura mínima que puede alcanzar el fluido portador de calor (generalmente aire) a la salida del sistema de climatización. En definitiva, la efectividad de estos sistemas depende fundamentalmente de:

- La diferencia de temperatura entre el aire del ambiente y la fuente de enfriamiento.
- La intensidad del flujo térmico disponible en la fuente de enfriamiento.

- La posibilidad de evacuar de la fuente de enfriamiento el calor que le es transferido, de manera que se mantenga su temperatura a un nivel lo suficientemente bajo durante un período de tiempo conveniente.

Los principios de la climatización pasiva que parten del aprovechamiento de las condiciones climáticas de la región para el logro del confort térmico sin la necesidad de recurrir al uso de fuentes artificiales de energía, se mantienen hasta hoy día, sin embargo, las técnicas para su aprovechamiento han evolucionado a través de los años en virtud de lograr una integración cada vez más eficiente con las edificaciones modernas (Serra et al., 1995). Cada técnica responde a necesidades climáticas diferentes, por lo que su escogencia debe basarse en los requerimientos específicos de la edificación y el tipo de clima donde se encuentre. Asimismo, y al igual que las energías renovables, estos sistemas están condicionados por la disponibilidad de recursos, por tanto, en algunos casos deben combinarse con sistemas convencionales (Montoso, 2004).

En el caso venezolano, son tres los sistemas con mayor potencial teórico: sistemas evaporativos, radiantes y de contacto por el suelo, por lo que a continuación se desarrollan sus características, así como los avances alcanzados actualmente en el IDEC.

La tecnología de enfriamiento por conductos enterrados

El sistema de conductos enterrados consiste en enterrar una serie de tubos, preferiblemente de una conductividad elevada, por donde se hará circular forzosamente un cierto caudal de aire tomado del exterior, en la búsqueda de estimular el intercambio convectivo con la tierra y así aumentar o disminuir la temperatura inicial del aire, para finalmente este último sea utilizado para mejorar las condiciones térmicas en los espacios interiores de las edificaciones (figura 1).

150

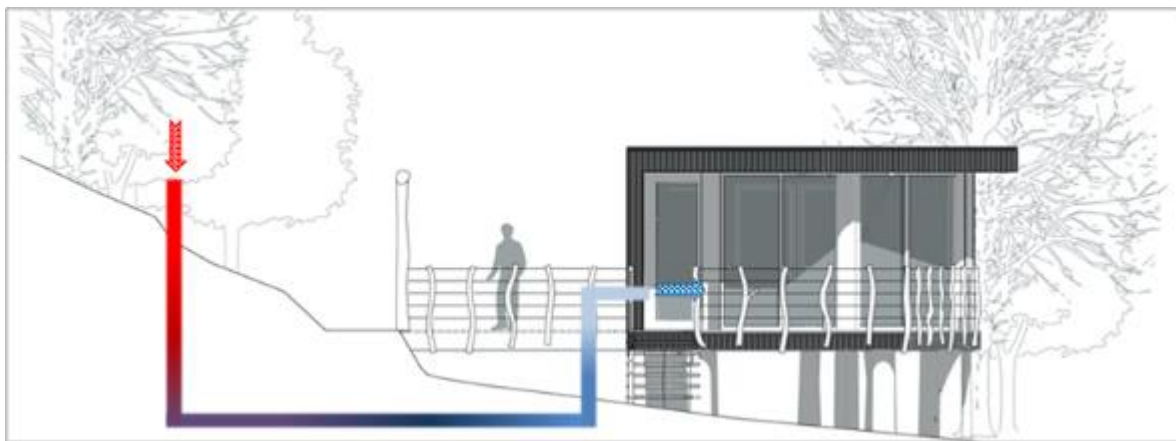


Figura 1. Esquema de funcionamiento del sistema de conductos enterrados.
Fuente: Elaboración propia.

En la actualidad se lleva a cabo el desarrollo de esta técnica en el país a través del desarrollo de dos proyectos de investigación financiados por el CDCH-UCV y Fonacit, respectivamente, donde se pretende, entre otras cosas, lograr cuantificar cuál es la potencia de enfriamiento *versus* consumo energético, frente a sistemas tradicionales de climatización.



Figura 2. Avances de experimentación, Maracay, estado Aragua
Fuente: Reinaldo Ferraro.

Asimismo, el estudiante de especialización en desarrollo tecnológico de la construcción, arquitecto Reinaldo Ferraro, lleva a cabo su trabajo especial de grado en esta área, desarrollando hasta el momento dos experiencias experimentales de gran interés en la ciudad de Valencia, estado Aragua, donde, en primera instancia, pudo validar las conclusiones obtenidas por los trabajos de Lorenzo (2007), Lorenzo et al. (2008) en cuanto al funcionamiento y efectividad de este sistema en climas cálido-húmedos, a la par que pretende la obtención del potencial real de enfriamiento de esta técnica, respecto a sistemas convencionales de climatización.

151

La tecnología de enfriamiento radiante

El enfriamiento radiante se fundamenta en el intercambio de calor entre cuerpos a través de la radiación de onda larga emanada de las superficies que lo rodean. Por lo tanto, este sistema puede ser utilizado, tanto para el enfriamiento como calentamiento de espacios, siempre que se garantice la existencia de una diferencia de temperatura entre la envolvente y el espacio a climatizar.

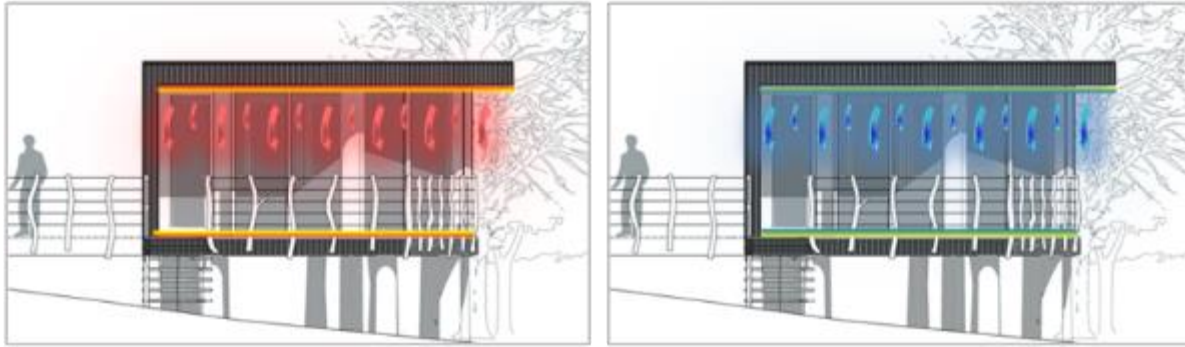


Figura 3. Esquema de funcionamiento del sistema radiante por techo para calefacción (izq.) y para enfriamiento (der.).
Fuente: Elaboración propia.

Las técnicas de aplicación pueden ser muchas, sin embargo, en el IDEC se están desarrollando dos. Una, por parte del arquitecto Henry Ruiz, quien es estudiante de la Maestría en Desarrollo Tecnológico de la Construcción, llevando a cabo el desarrollo de un sistema de plafón radiante a través de pequeñas tuberías por donde se hace circular agua a baja temperatura. Y la segunda por parte de la arquitecta Andys Piñate, quien está trabajando en un estanque de techo.

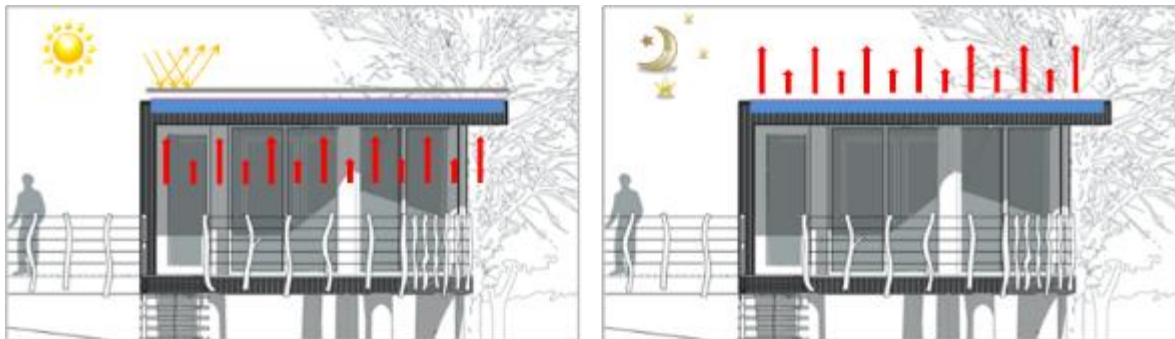


Figura 4. Esquema de funcionamiento del sistema de estanque de techo durante el día (izq.) y la noche (der.)
Fuente: Elaboración propia.

La tecnología de enfriamiento evaporativo

Los sistemas evaporativos funcionan al aumentar el contenido de agua en el aire seco para que al evaporarse esta extraiga la energía del aire y reduzca su temperatura, aumentando simultáneamente la humedad.

Comúnmente, estos sistemas pueden ser configurados para funcionar de manera directa (el agua se evapora directamente en una corriente de aire aumentando su humedad) e indirecta (el agua se evapora en una corriente secundaria, la cual intercambia calor sensible con la corriente primaria, que de este modo no recibe ninguna humedad).

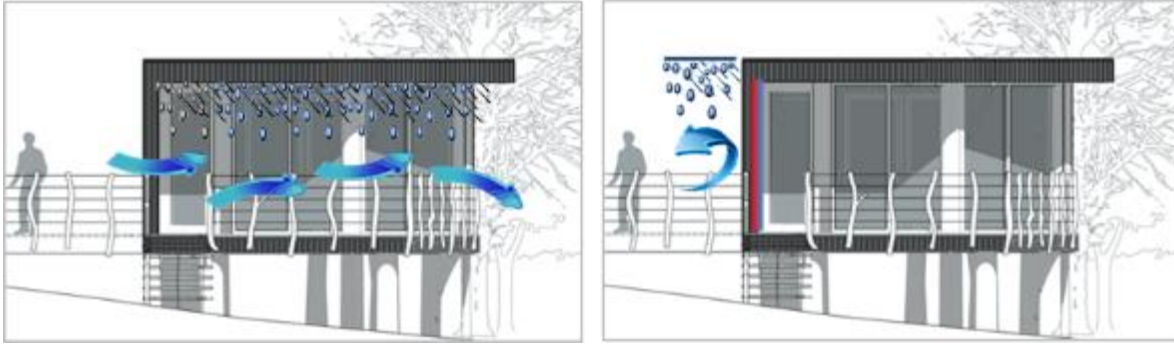


Figura 5. Esquema de funcionamiento del sistema de enfriamiento evaporativo directo (izq.) e indirecto (der.)
Fuente: Elaboración propia.

En Venezuela, el enfriamiento evaporativo indirecto es el que presenta el mayor potencial teórico de aplicación, por lo que en la actualidad en el IDEC se está desarrollando, como complemento del trabajo especial de grado del arquitecto Reinando Ferraro, la experimentación de un sistema evaporativo indirecto, a través de la creación de una membrana vegetal ventilada, que será la responsable de extraerle calor al aire, a través de la evaporación del agua presente en el sustrato de las plantas. Este sistema puede diseñarse para que tome aire directamente del exterior, o de retorno del espacio, tal como se muestra en la figura 6.

153

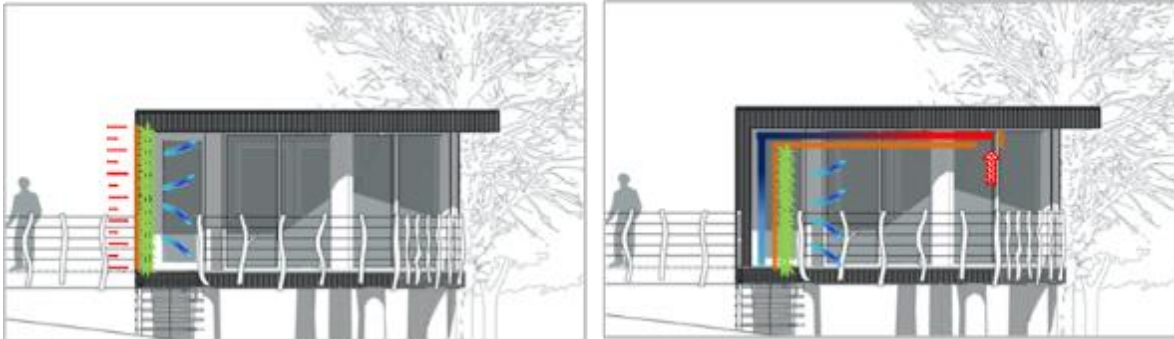


Figura 6. Esquema de funcionamiento del sistema de enfriamiento vegetal con aire del exterior (izq.) y con aire de retorno del espacio (der.)
Fuente: Elaboración propia.

En este sentido, el estudio que adelanta el IDEC, bien sea a través de proyectos de investigación financiados por el Fonacit y el CDCH-UCV, o por distintas tesis de posgrado que se desarrollan actualmente, constituye una contribución significativa en el desarrollo de estas tecnologías de climatización en el país, principalmente en cuanto a su adaptación y comprobación, que entre otras cosas permitirá de una manera rápida y sencilla la evaluación, diseño y aplicación de estos por parte de profesionales y técnicos, quienes en definitiva, junto a los actores sociales involucrados, tanto del sector público como del privado, son los que podrán estimular su implementación progresiva en el contexto venezolano. Es por esto que el reto que se nos presenta

es alcanzar la mejor difusión de los resultados arrojados por la investigación, a la par de estimular la transferencia tecnológica de manera efectiva hasta los distintos sectores involucrados.

CONSIDERACIONES PARA LA DIFUSIÓN Y TRANSFERENCIA DE RESULTADOS EXPERIMENTALES

Los sistemas de gestión de información para la gestión del conocimiento constituyen hoy una alternativa de imprescindible presencia en la academia. Permiten operar activos tangibles e intangibles de la institución y llegan a convertirse en herramienta integral de gerencia para alcanzar con éxito los objetivos propuestos.

Este trabajo se ampara bajo estas premisas y centra su atención en el uso de los medios y las tecnologías de la comunicación en el ámbito de la diseminación, difusión, comercialización y gestión de información de productos de I+D que se generan en el IDEC, particularmente aplicado a las potencialidades de los sistemas de climatización pasiva.

Es por ello que para confirmar nuestras premisas de la transferencia de conocimiento a través de las herramientas de virtualización presentes hoy por hoy, proponemos como estudio de caso no solo adecuar el paquete tecnológico de los sistemas de climatización pasiva a la tecnología informática actual, digitalizando el catálogo de componentes y el proceso de diseño, sino adaptando los protocolos de cálculo, predimensionado y construcción de prototipos a través de un paquete de software libre para la gestión automatizada del proyecto y la implementación de una plataforma comunicacional digital a través de redes para la gestión del conocimiento.

Se sugiere una interfaz interinstitucional, donde se gestione el sistema no solo como un soporte de difusión e información, sino además como un instrumento de ventajas competitivas sostenibles que implicarían:

- Determinación de la información: durante la planificación, gestión y supervisión del proyecto.
- Recolección y análisis de la información: selección de información para futuras referencias.
- Registro y recuperación: el principio más importante del registro de informaciones es la facilidad con la que pueda recuperarse.
- Utilización: solucionar problemas, determinar recursos, solicitar apoyos y planear futuros proyectos.
- Divulgación o flujo de información: acceso a la información por usuarios potenciales.

En referencia a la interfaz interinstitucional propuesta, es importante señalar que cada actor o investigador conoce y genera múltiples piezas de información en tiempo real, compuestas por su experiencia, contexto, entorno, necesidades y sensibilidad, donde se combinan los medios tradicionales de difusión con las nuevas tecnologías de información y comunicación (NTIc), que facilita el flujo de información, difusión y transferencia.

Operaciones necesarias

La planeación y el control de proyectos de I+D como los sistemas de climatización pasiva, engloban una serie de técnicas de gestión apropiadas, eficientes y que deben ser adaptadas a cada instituto de investigación tecnológica que así lo requiera. Así mismo, una adecuada ubicación del proyecto en la estructura organizacional aclarará la naturaleza de su aplicación en el desarrollo, promoción y mercadeo de la propuesta de difusión y/o divulgación. Metodológicamente, el proyecto de sistema de difusión de I+D desarrolla aspectos que permitirán definir el diseño del sistema; el mismo se ha centrado en el usuario, con el objetivo de definir una arquitectura de información y una agrupación de servicios que permitan un alto nivel de desarrollo en temas de gestión de contenidos, capaz de coordinar la transferencia de los esfuerzos en I+D dentro del ciclo de vida de los mismos. Por otra parte, si el propósito es considerar un plan de aplicación de resultados de I+D, de manera más integral y efectiva para el desarrollo de la investigación, se deben tomar en cuenta aspectos más relevantes que estén dirigidos a:

a. Identificación del producto

Aquí se plantea un proceso de difusión inicial, en el cual se determinan los objetivos y el alcance de la investigación en función del mensaje, los medios a utilizar, la oferta y la evaluación a los efectos de la comunicación antes, durante y después del proyecto. En general, los productos de los centros de I+D comprenden proyectos de investigación aplicada, acciones de desarrollo y servicios de laboratorio. Son productos que no se venden a un mercado masivo, sino a clientes de un sector especializado. Aplicación: Sistemas de climatización pasiva.

b. Operaciones de entrada

Aquellas que conducen a la formación de los depósitos de documentos y a la producción de su representación. El producto obtenido a partir de su aplicación son usualmente fichas técnicas de información inicial (accesibles a través de la Web) en las cuales hay: políticas de selección y adquisición de información en función del personal, recursos disponibles y receptores potenciales. Análisis documental: precisión del contenido según usuario potencial, lineamientos del centro y el comité evaluador. Resumen analítico o breve exposición del contenido del documento, en el cual se indicará el carácter del mismo, su contenido y las conclusiones a que llega. Almacenamiento: aquí se ordenará la documentación en pro de su conservación y uso. Aplicación: De acuerdo con los propósitos institucionales, el proyecto de aplicación plantea desarrollar e implementar un sistema de gestión de información que permita la transferencia tecnológica de los productos de I+D, específicamente de los sistemas de climatización pasiva, la representación gráfica informatizada y la implementación de una plataforma comunicacional digital, incorporando bases de datos y librería DXF, como herramientas que faciliten la realización de los proyectos de aplicación. Para la instalación del sistema nos apoyamos en un sistema de gestión de base de datos de fuente libre, relacional, multihilo y multiusuario.

c. Operaciones de salida

Se refiere a la producción de información y sus formatos. A lo largo de su ciclo de vida, un único documento puede representarse en múltiples formatos para satisfacer distintas necesidades, que se ajustarán de acuerdo con la adquisición de los datos, la producción del

documento, difusión en diferentes soportes, lectura en pantalla o impresa, el sistema de recuperación y la conservación de los archivos. Aplicación: Se produce en su mayoría información de carácter académico (formulaciones, ascensos, tesis). La difusión para la comercialización requiere de un análisis previo de a quién va dirigido (ej.: los sistemas constructivos deberán producir información en cada cierta etapa, en que estén de manera sencilla los datos generales del sistema, especificaciones técnicas, aplicaciones, ventajas, etc.).

d. Operaciones de mantenimiento

Los proyectos de I+D deben mantenerse dinámicos y abiertos –actualización de productos, servicios, contenidos, módulos y componentes–, mejorando las funciones básicas de la cadena documental y de difusión; se trata de la transformación de la documentación original en instrumentos de referencia que representen al centro que los produce.

CONCLUSIONES

No menos importante que hacer investigación es su difusión, clave para su puesta en valor. La difusión debe, por un lado, estimular su disfrute para que la sociedad participe de estos bienes comunes y, además, fomentar su entendimiento como principio de su revalorización. Por tal motivo, este trabajo recoge y reconoce como prioridad lo que estas nuevas tecnologías multimedia aportan a la investigación tradicional con su bagaje tecnológico, suponiendo una vía nueva de acceso que lo acerca al mundo, gracias a la red, y lo hacen más atractivo a las nuevas generaciones y nuevas necesidades de una sociedad cada vez más vinculada a la tecnología digital.

156

REFERENCIAS

- Allard, F. y Belarbi, R. (1998). Metodología de evaluación de técnicas pasivas de enfriamiento. Cotedi'98. Caracas, Venezuela.
- Banco Mundial. (2007). *Indicadores de desarrollo mundial. Consumo de energía eléctrica (kWh per cápita)*. Agencia Internacional de Energía. Estadísticas y balances de energía de países que no forman parte de la OCDE y estadísticas de energía de países de la OCDE.
- Fernández Aballí, L. (2000). La sociedad de la información en América Latina y el Caribe. Contribución a una perspectiva 2020. En: C. Tünnermann y F. López. *La educación en el horizonte del siglo XXI*. Caracas: Iesalc-Unesco.
- González-Barahona, J. (2003). Hacia nuevas formas de producción y difusión del conocimiento en grupo de sistemas y comunicaciones de la Universidad Rey Juan Carlos, España. Enero. <http://jamillan.com/celhome.htm>
- Hobaica, M.E., Belarbi, R. y Rosales, L. (2001). Los sistemas pasivos de refrescamiento de edificaciones en clima tropical húmedo. *Tecnología y Construcción, 17-1*, Caracas, Venezuela, IDEC/UCV.

- Holman, J.P. (1999). *Transferencia de calor*. México, D.F.: Editorial Continental.
- 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. *Tecnología y Construcción*, vol. 24, n° I, Caracas, Venezuela.
- Montoso, J. (2004). *Buenas prácticas de eficiencia energética en edificaciones*. España: Junta de Castilla La Mancha, Agecam.
- Santamouris, M. y Asimakopoulos, D. (1997). *Passive cooling of buildings*. Londres, Inglaterra: James & James Science Publishers.
- Seaton M., C.E. (1994). *Comercialización, mercadeo y transferencia de resultados de investigación y desarrollo*. Programa Nacional de Gerencia del Conicit, Módulo N° 9. Álvaro Campo Cabal y Henry Yesid Bernal Editores, Santafé de Bogotá, D.C., Colombia, septiembre.