

Dr. Luis Rocha Chiu
Dr. Víctor Jiménez Argüelles

Eficiencia Energética en la Edificación

Eficiencia Energética en la Edificación

Dr. Luis Rocha Chiu

Dr. Víctor Jiménez Argüelles

Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco
Departamento de Materiales
Área de Construcción
rcla@correo.azc.uam.mx

Resumen

El cambio climático, cuya implicación más importante es el calentamiento global de nuestro planeta, es a la fecha un hecho irrefutable. El calentamiento global es ocasionado por la elevación persistente en los últimos 50 años de los gases de efecto invernadero, producidos por las emisiones contaminantes de los sectores de la energía, el transporte, la edificación y la industria.

Los edificios en el mundo, al igual que en México, son responsables de consumos significativos de energía y de agua, así como de importantes emisiones de contaminantes, entre ellos bióxido de carbono, y generación de desechos sólidos.

Atentos a esta problemática, diversos organismos internacionales dedicados a la sustentabilidad tienen como propósito inmediato establecer políticas y programas para mejorar la eficiencia energética de edificios, señalando la posibilidad de que el sector de la edificación alcance en el mediano plazo la generación de la misma cantidad de energía como la que utiliza, lo que significa cero consumo neto de energía. Por otra parte, algunos países ya se plantean en el corto plazo alcanzar la neutralidad en las emisiones contaminantes de carbono generadas en la construcción y operación de edificios.

En este trabajo se describen los efectos del consumo energético de los edificios sobre el cambio climático y las medidas que las naciones del mundo están tomando para mitigar los efectos del calentamiento global ocasionados por la edificación, entre ellas: el estudio del ciclo de vida, la planeación y el diseño integral, y aplicaciones de mecanismos para la eficiencia energética de las construcciones.

Palabras Clave

Eficiencia energética, diseño integral, ciclo de vida y sustentabilidad

Abstract

Climate change, whose most important implication is the warming of our planet, is to date an irrefutable fact. Global warming is caused by persistent elevation in the last 50 years of greenhouse effect gases, caused by emissions from the sectors of energy, transport, buildings and industry.

Buildings in the world, same in Mexico, are responsible for significant consumption of energy and water, as well as important emissions of pollutants, including carbon dioxide, and solid waste generation.

Attentive to this problem, various international organizations dedicated to sustainability are immediate purpose establish policies and programs to improve the energy efficiency of buildings, pointing to the possibility that the building sector reaches in the medium term the generation of the same amount of energy as it uses, which means zero net energy consumption. On the other hand, some countries already arise in the short term reach neutrality in the carbon emissions generated in the construction and operation of buildings.

This paper describes the effects of energy consumption of buildings on climate change and the measures that the Nations of the world are taking to mitigate the effects of global warming caused by the building, including: the study of the life cycle, planning and integrated design, and application of mechanisms for energy efficiency of buildings.

Keywords

Energy efficiency, integrated design, life cycle and sustainability

Introducción

La edificación sustentable es un modo de concebir el diseño y la construcción de manera sostenible, buscando aprovechar los recursos naturales de tal modo que minimicen el impacto ambiental de los edificios sobre el entorno y sus habitantes.

Los impactos ambientales de las edificaciones tienen lugar durante todas las etapas del ciclo de vida: desde el diseño hasta la demolición, pasando por la ubicación, construcción, uso y renovación. Las decisiones que en materia de edificación se toman a lo largo de estas etapas afectan también el valor comercial, la salud y productividad de los trabajadores, así como aspectos sociales y calidad de vida.

Los impactos directos al ambiente resultantes de la construcción y operación de las edificaciones incluyen emisiones de gases de efecto invernadero y otras emisiones atmosféricas relacionadas con el consumo de energía, consumo y descarga de agua, escorrentía de agua pluvial, impactos relativos a los materiales de construcción, residuos sólidos de las diferentes etapas del ciclo de vida de un inmueble y calidad del aire en interiores. Los impactos secundarios suelen relacionarse con los ciclos de vida de los productos de la edificación, el desarrollo de infraestructura y los sistemas de transporte.

Las actuales prácticas de edificación suelen prestar poca atención a la eficiencia energética y a los impactos económicos, ambientales y sociales en el espacio edificado. La edificación sustentable se propone acabar con estas costumbres. Las primeras acciones para producir un cambio en el sector de la edificación, a partir de los años 1960 e incluso en la década de los ochenta, se centraron por lo general en aplicaciones individuales de la eficiencia energética y de la conservación de los recursos naturales.

Un elemento crucial para el éxito de la edificación sustentable ha sido la utilización de principios de diseño integral, que consisten en adoptar un enfoque sistémico conjunto respecto de las edificaciones al reunir a los principales sectores interesados y a profesionales del diseño en un equipo central que colabora desde las etapas iniciales de planeación hasta la ocupación del inmueble.

Los elementos de la edificación sustentable pueden incluir prácticas modernas de alta tecnología que no deben limitarse a un tipo de inmueble o nicho del mercado, ubicación geográfica o modelo comercial. Cada vez más se considera que la edificación sustentable forme parte de programas generales de urbanización orientados al desarrollo de comunidades sustentables con especial énfasis en la integración de la edificación sustentable con infraestructura urbana sustentable para transporte, servicio de gas y energía eléctrica, agua potable, eliminación y reciclaje de aguas residuales, y manejo de agua de lluvia y aguas residuales y alcantarillado.

México, por su parte, cuenta con una tradición arquitectónica que favorece las prácticas y diseños de edificación respetuosos del medio ambiente; no obstante, las políticas para fomentar la edificación sustentable son relativamente nuevas y, por lo general, se centran en el sector de la vivienda. Además, en el país hay obstáculos adicionales, como la carencia de planes urbanos y reglamentos de construcción que aborden cuestiones de sustentabilidad; la

ausencia de un sistema de certificación de uso generalizado para las prácticas de edificación sustentable, y la falta de datos sobre consumo de energía y agua en los inmuebles.

EL CONSUMO ENERGÉTICO DE LOS EDIFICIOS Y EL CAMBIO CLIMÁTICO

El calentamiento global es un término utilizado para referirse al fenómeno del aumento de la temperatura media global, de la atmósfera terrestre y de los océanos, está asociado a un cambio climático. Los gases de efecto invernadero (GEI) en proporciones adecuadas son los causantes de la estabilización del clima de la Tierra, lo que preocupa a los científicos es que una elevación de esa proporción producirá un aumento de la temperatura debido al calor atrapado en la baja atmósfera.

Los GEI de origen natural están constituidos por: el bióxido de carbono (CO_2), el gas metano (CH_4) y el óxido nitroso (N_2O); mientras que los de origen industrial son: los hidrofluorocarbonos (HFC), los perfluorocarbonos (PFC) y el hexafluoruro de azufre (SF_6). Las concentraciones de bióxido de carbono y de óxido nitroso se han incrementado a causa de la quema de combustibles fósiles y de la deforestación. El gas metano ha aumentado debido al incremento de los hatos ganaderos, a la fermentación entérica de materia orgánica y a la explotación del gas natural. Los gases industriales son utilizados en la fabricación de refrigerantes y solventes.

Las emisiones mundiales de GEI por efecto de actividades humanas han aumentado los últimos cuarenta años aproximadamente 70%, en 2007 las emisiones totales representaban 28.7 gigatoneladas de bióxido de carbono equivalente ($\text{GtCO}_2\text{-eq}$); el bióxido de carbono es el GEI más importante, sus emisiones anuales aumentaron cerca de 80% en el mismo período. En las emisiones totales de GEI, el bióxido de carbono debido al uso de combustibles fósiles representa 56.6%, el bióxido de carbono debido a la deforestación es de 17.3% y el metano 14.3%, en conjunto estos tres tipos de emisiones representan más de la tres cuartas partes de las emisiones totales de GEI. Los edificios residenciales y comerciales son responsables de 7.9% de las emisiones de GEI por sector.

Los expertos de la Agencia Internacional de Energía (International Energy Agency-IEA) han elaborado dos escenarios de crecimiento de las emisiones globales de GEI: el primero, el "Escenario de Referencia", en el que el aumento de las emisiones sigue una línea de tendencia de acuerdo con los actuales patrones de consumo de energía y en los que el empleo de nuevas tecnologías es mínimo; y, el segundo, "Escenario Azul" (Blue Map) prevé la implementación generalizada de una gama de tecnologías nuevas y existentes de energía para alcanzar un futuro energético más seguro y sostenible.

En el escenario de referencia, en el año 2050: la energía relacionada con las emisiones de CO_2 sería dos veces mayor a las actuales (57 $\text{GtCO}_2\text{-eq}$); se tendrían altos precios del petróleo y gas; y, aumentos en las necesidades de combustibles fósiles en 58%, de carbón en 138% y de gas en 85%, por lo que se requerirá el uso significativo de petróleo no convencional y combustibles sintéticos. Casi todo el crecimiento en la demanda de energía y las emisiones proviene de países en vías de desarrollo.

Usando una combinación de tecnologías nuevas y existentes, como se prevé en el escenario azul, es posible reducir a la mitad las emisiones de CO₂ relacionadas con la energía en todo el mundo para el año 2050 (14 GtCO₂-eq). En este escenario, se puede lograr una reducción en los requerimientos de petróleo en 27%, de carbón en 36% y de gas en 12%, estas disminuciones en la demanda conducirán a ahorros considerables de combustible. Sin embargo, los combustibles fósiles seguirán siendo un elemento importante del suministro de energía del mundo en 2050 en todos los escenarios (Figura 1).

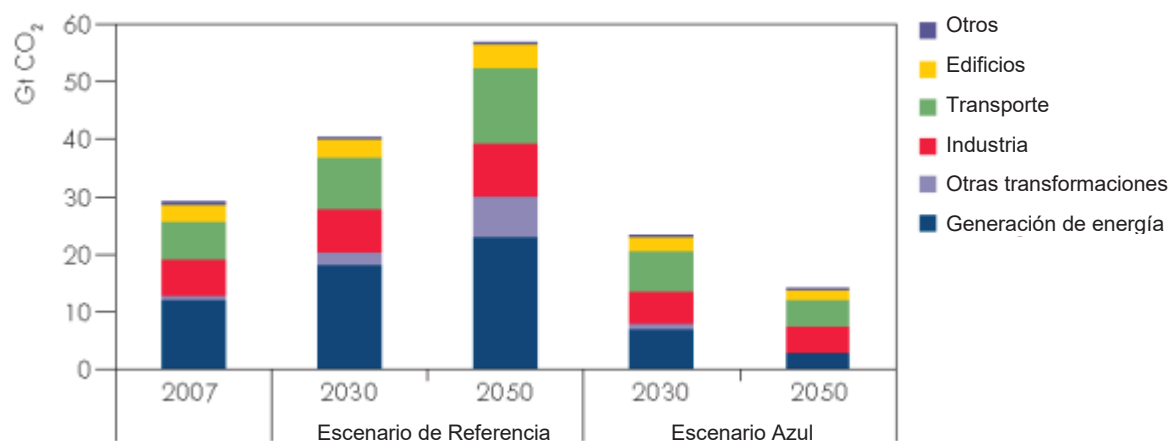


Figura 1: Emisiones mundiales de CO₂ - Escenario de Referencia y Escenario Azul

Fuente: Energy Technology Perspectives 2010 - Scenarios and Strategies to 2050, International Energy Agency, 2010

En México, las emisiones totales de GEI para 2006 se estimaron en 709 megatoneladas de bióxido de carbono equivalente (MtCO₂-eq) tomando en cuenta los seis gases, naturales e industriales enunciados anteriormente. Esto representa un incremento del 40% respecto al año base 1990. Por categoría de emisión, el sector de energía contribuye con 60.7%, esto es 430 MtCO₂-eq. Las emisiones para el sector residencial son de 6.87% (48.71 MtCO₂-eq) y para el sector comercial y edificios públicos de 3.90% (27.65 MtCO₂-eq), lo que en conjunto representa para la edificación 10.77% (76.36 MtCO₂-eq) del total de las emisiones. En un escenario tendencial el potencial de emisiones totales del sector edificación en México al año 2050 se estima en 500 MtCO₂-eq, es decir, siete veces más que las emisiones actuales.

El uso de energía residencial en México cubre una amplia gama de servicios, como: cocinar, calentar agua, refrigeración, aire acondicionado, alumbrado y otros usos relacionados. En cuanto a las fuentes de energía en este sector destaca el uso del gas licuado del petróleo (gas LP) con 37.8%, la leña con 35.0%, la electricidad con 22.7% y el gas natural con 4.2%.

Los tipos de construcciones considerados en el sector comercial en México son: edificios de oficinas, hospitales, escuelas, almacenes, tiendas departamentales, hoteles, restaurantes, teatros y centros de recreación, entre otros. En este sector, los principales usos de la energía son aire acondicionado, alumbrado, funcionamiento de motores y equipos. La electricidad representa la principal fuente de energía en el sector comercial con 52% del total.

ELEMENTOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICIOS

La construcción sustentable es un modo de concebir el diseño de los edificios de manera sostenible, buscando aprovechar los recursos naturales de tal modo que minimicen el impacto ambiental de los edificios, los principios de diseño incluyen: la consideración de las condiciones climáticas, la hidrografía y los ecosistemas del entorno en que se construyen los edificios; la eficacia y moderación en el uso de materiales de construcción, privilegiando los de bajo contenido energético; la reducción del consumo de energía para calefacción, refrigeración, iluminación y otros equipamientos, cubriendo el resto de la demanda con fuentes de energía renovables; la minimización del balance energético global de la edificación durante su vida útil, abarcando las fases de diseño, construcción, operación y demolición; y, el cumplimiento de los requisitos de comodidad térmica, higiene, iluminación y habitabilidad de las edificaciones.

De esta manera el concepto del desarrollo sostenible en edificación se basa en tres principios: el análisis del ciclo de vida de los materiales; el desarrollo del uso de materias primas y energías renovables; y, la reducción de las cantidades de materiales y energía utilizados en la extracción de recursos naturales, su explotación y la destrucción o el reciclaje de los residuos.

La eficiencia energética es una de las principales metas de la edificación sustentable, aunque no la única. Los arquitectos utilizan diversas técnicas para reducir las necesidades energéticas de edificios mediante el ahorro de energía y para aumentar su capacidad de capturar la energía del sol o de generar su propia energía.

Entre las técnicas de diseño sustentable disponibles para lograr la eficiencia energética y mitigar los impactos al ambiente, se encuentran: la calefacción solar activa y pasiva, el calentamiento solar de agua activo o pasivo, la generación eléctrica solar, la acumulación freática o la calefacción geotérmica, la incorporación de generadores eólicos, la ubicación y orientación de la edificación, el empleo de materiales de bajo contenido energético, disposición de residuos y reciclaje de estructuras y materiales (Figura 2). Algunas de estas aplicaciones de diseño se describen con detalle a continuación:

Calefacción eficiente. Los sistemas de climatización (ya sea calefacción, aire acondicionado o ambas) son un punto vital para la edificación sustentable porque son típicamente los que más energía consumen en los edificios. En un edificio solar pasivo el diseño permite que éstos aprovechen la energía del sol eficientemente sin el uso de ciertos mecanismos especiales, como por ejemplo: células fotovoltaicas, paneles solares, colectores solares (calentamiento de agua, calefacción y refrigeración).

Los edificios concebidos mediante el diseño solar pasivo incorporan la inercia térmica mediante el uso de materiales de construcción que permiten la acumulación del calor en su masa térmica como el concreto, la mampostería de ladrillos comunes, la piedra, el adobe y el suelo cemento, entre otros. Además es necesario utilizar aislamiento térmico para conservar el calor acumulado durante un día soleado; para minimizar la pérdida de calor se busca que los edificios sean compactos, esto se logra mediante una superficie de muros, techos y ventanas bajas respecto del volumen que contienen.

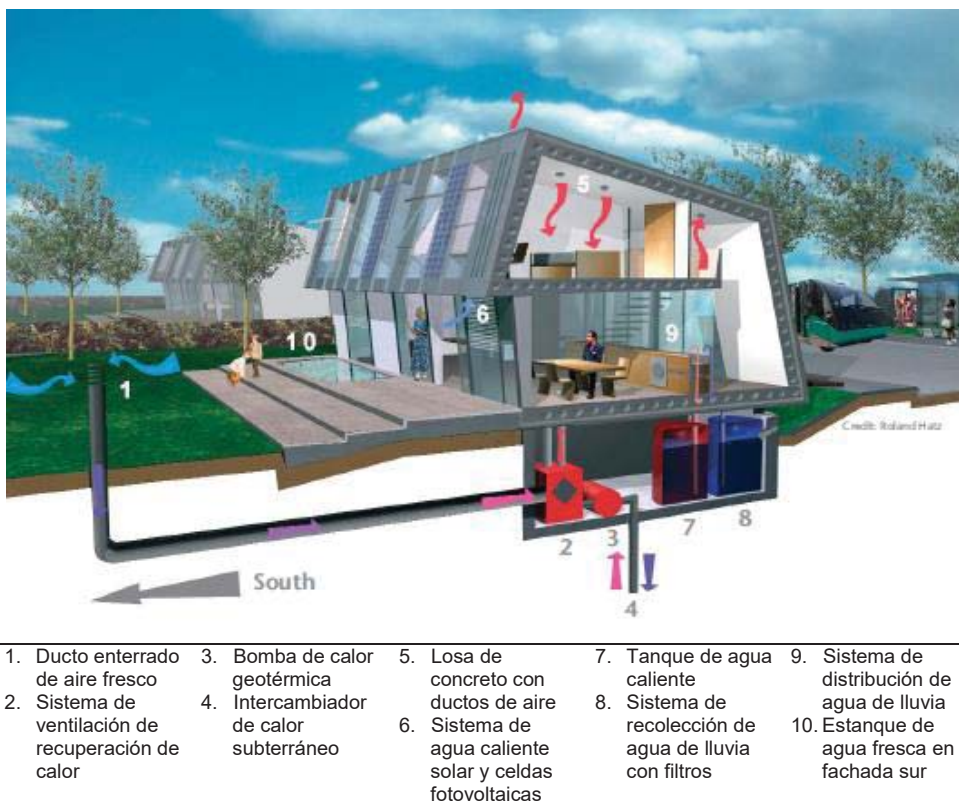


Figura 2: Elementos para la eficiencia energética en edificaciones

Fuente: Energy efficiency in buildings - Facts and trends, World Business Council for Sustainable Development, October 2007

Las ventanas se utilizan para maximizar la entrada de la luz y la energía del sol al ambiente interior mientras se busca reducir al mínimo la pérdida de calor a través del cristal (un muy mal aislante térmico). El uso del doble vidrio hermético reduce a la mitad las pérdidas de calor aunque su costo es sensiblemente más alto.

Enfriamiento eficiente. Cuando por condiciones particulares sea imposible el uso del refrescamiento pasivo, como por ejemplo, edificios en sectores urbanos muy densos en climas con veranos cálidos o con usos que implican una gran generación de calor en su interior (iluminación artificial, equipamiento electromecánico, personas y otros) será necesario el uso de sistemas de aire acondicionado. Dado que estos sistemas usualmente requieren el gasto de cuatro unidades de energía para extraer una del interior del edificio, entonces es necesario utilizar estrategias de diseño sustentable. Entre otras: adecuada protección solar en todas las superficies vidriadas, evitar el uso de tragaluces en techos, buen aislamiento térmico en muros, techos y ventanas, concentrar los espacios de gran emisión de calor (zonas de cómputo y cocinas) con ventilación suficiente, sectorizar los espacios según usos, utilizar sistemas de aire acondicionado con certificación energética y ventilar los edificios durante la noche.

Refrescamiento pasivo. En climas muy cálidos donde es necesario el refrescamiento, el diseño solar pasivo también proporciona soluciones eficaces. Los materiales de construcción con gran masa térmica tienen la capacidad de conservar las temperaturas frescas de la noche

a través del día. Para esto es necesario espesores en muros o techos que varían entre los 15 a 60 cm y así utilizar a la envolvente del edificio como un sistema de almacenamiento de calor. Es necesario prever una adecuada ventilación nocturna que barra la mayor superficie interna evitando la acumulación de calor diurno. Puede mejorarse significativamente la ventilación en el interior de los locales con la instalación de una chimenea solar.

En climas muy cálidos los edificios se diseñan para capturar y para encauzar los vientos existentes, particularmente los que provienen de fuentes cercanas de humedad como lagos o bosques. Muchas de estas estrategias son empleadas de cierta manera por la arquitectura tradicional de regiones cálidas.

Producción de energías alternativas en edificios. Las energías alternativas en la edificación implican el uso de dispositivos solares activos, tales como paneles fotovoltaicos o generadores eólicos que ayudan a proporcionar electricidad sustentable para cualquier uso. En edificaciones con techos inclinados, es conveniente colocar adecuadamente los paneles fotovoltaicos para alcanzar la máxima eficiencia energética. Los generadores eólicos se están utilizando cada vez más en zonas donde la velocidad del viento es suficiente para mover generadores con tamaños menores a 8 metros de diámetro.

Los sistemas de calefacción solar activos mediante agua cubren total o parcialmente las necesidades de calefacción a lo largo del año de una manera sustentable. Los edificios que utilizan una combinación de estos métodos pueden alcanzar cero consumo neto de energía. Una nueva tendencia consiste en generar energía y venderla a la red para lo cual es necesario contar con legislación específica, políticas de promoción de las energías renovables y programas de subsidios estatales. De esta forma se evitan los costos excesivos que representan los sistemas de acumulación de energía en edificios.

Otras formas de generación de energía basadas en fuentes renovables son la energía solar térmica (para calefacción, agua caliente sanitaria y aire acondicionado), biomasa o incluso la geotérmica. Lo ideal para garantizar el suministro energético durante todo el año, bajo condiciones climáticas y ambientales cambiantes, es combinar las diferentes fuentes.

Reciclado energético. La alternativa más económica para conseguir un edificio energéticamente eficiente es incluyendo desde la fase de proyecto el tema. Pero es posible tomar un edificio existente y mediante una técnica denominada de reciclado energético, dar al edificio un nuevo ciclo de vida sustentable. Entre las primeras tareas se encuentra la de realizar una auditoría energética para conocer cuales son las entradas y salidas de energía al edificio como sistema, siempre buscando mantener la comodidad térmica, la higiene y la seguridad.

Ubicación. La localización del edificio es un aspecto central en la arquitectura sustentable y a menudo no es tenida muy en cuenta. Aunque muchos arquitectos ecologistas sugieren la localización ideal en medio de la naturaleza o el bosque, esto no siempre es lo más aconsejable; ya que resulta perjudicial para el ambiente natural. Primero tales estructuras sirven a menudo como la última línea de atracción del suburbio de las ciudades y pueden generar una tensión que favorezca su crecimiento. En segundo lugar, al estar aisladas aumentan el consumo de energía requerida para el transporte y conducen generalmente a emisiones innecesarias de gases de efecto invernadero. Debe buscarse una localización urbana o suburbana cercana

a vías de comunicación tratando de mejorar y fortalecer la zona. Esta es la tendencia actual del nuevo movimiento urbanista. Una cuidadosa zonificación mixta entre áreas industriales, comerciales y residenciales implica mejor accesibilidad para poder viajar a pie, en bicicleta, o usando el transporte público.

Materiales para edificios sustentables. Los materiales adecuados para su uso en edificios sustentables deben poseer características tales como bajo contenido energético, baja emisión de gases de efecto invernadero, ser reciclables y contener el mayor porcentaje de materiales de reutilización, entre otros. En el caso de maderas evitar las provenientes de bosques nativos y utilizar las maderas de cultivos como el pino, el eucalipto entre otras especies. La industria de la construcción consume el 50% de todos los recursos mundiales y se convierte en la actividad menos sostenible del planeta. Los materiales de construcción requieren mayor consumo de energía para su fabricación; por ejemplo, el contenido energético para procesar metales es del orden de 30 a 160 MJ/kg (Energía en Megajoules para fabricar un kilogramo de material), mientras que los plásticos en general requieren energía en el rango de 40 a 60 MJ/kg y los aglutinantes como la cal, el yeso o el cemento necesitan menos de 10 MJ/kg.

Con respecto a la emisión de contaminantes durante el proceso de fabricación de materiales de construcción en México, de acuerdo con el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero 2006, las principales fuentes que contribuyeron a las emisiones de bióxido de carbono fueron: el uso de piedra caliza (33.5%), la fabricación de cemento (33.0%), la producción de hierro y acero (22.4%) y la elaboración de cal (5.1%), todos ellos importantes materiales de construcción.

Manejo de residuos. La separación de residuos facilita su reciclaje posterior y es usual separar vidrio, metal, plástico y orgánico. La construcción sustentable se centra en el uso y tratamiento de los residuos en el sitio, incorporando, por ejemplo, sistemas de tratamiento de aguas grises mediante filtros y estabilización biológica con juncos y otras variedades vegetales acuáticas. Estos métodos, cuando están combinados con la producción de composta a partir de basura orgánica y la separación de la basura, pueden ayudar a reducir al mínimo la producción de desechos en una casa.

Reciclado de estructuras y materiales. El diseño sustentable incorpora materiales reciclados o de segunda mano. La reducción del uso de materiales nuevos genera una reducción en el uso de la energía propia de cada material en su proceso de fabricación. El diseño sustentable busca adaptar viejas estructuras y construcciones para responder a nuevas necesidades y de ese modo evitar en lo posible construcciones que partan de cero.

Entre los materiales de construcción que tienen un potencial importante de reciclado se encuentran: la mampostería en la forma de escombros triturados; maderas de diversas secciones de techos, paneles y pisos; concreto de edificios y pavimentos, que se vuelve a triturar y usar en elementos estructurales de menor sollicitación de cargas; puertas, ventanas y otras aberturas; aislantes termoacústicos; revestimientos cerámicos; tuberías de drenaje metálicas; hierro estructural para obras menores; hierro fundido para las líneas de agua y gas. En países no desarrollados es usual que haya una gran recuperación de demoliciones y sitios donde se concentran estos productos para su posterior reutilización.

DISEÑO INTEGRAL SUSTENTABLE EN LA EDIFICACIÓN

La estructura de mercado del sector de la edificación y estudios de percepción de los usuarios sugieren que hay tres factores que pueden ayudar a eliminar las barreras que impiden la adopción generalizada de edificios con eficiencia energética: la adopción de un enfoque holístico o integral, el estudio de los aspectos financieros que intervienen en la construcción de edificios y el análisis de los comportamientos de los usuarios que dan forma al empleo de la energía en las construcciones.

El enfoque holístico es esencial a fin de integrar el potencial de las tecnologías individuales y las innovaciones, empezando al nivel urbano para lograr eficiencias en mayor escala que puedan trasladarse a edificios individuales. Se busca implantar la eficiencia donde hay un mayor grado de interacción e integración entre sectores de uso de energía en las primeras etapas del proceso de diseño. Este enfoque, permite minimizar los costos e integra las tecnologías que pueden disminuir significativamente el uso de la energía en los edificios de formas económicamente atractivas

Los aspectos financieros son fundamentales para el sector de la construcción y para la eficiencia energética, la recuperación de la inversión es un elemento básico para decidir invertir en el proyecto. Los edificios se han convertido en un producto financiero en lugar de uno funcional. Los factores energéticos tienden a pasarse por alto en estas decisiones y en la gestión de edificios en uso. Las relaciones financieras reconocen la importancia de los costos de energía, de los ahorros y las inversiones en eficiencia energética.

Por otra parte, la manera de pensar, razonar y comportarse de los usuarios tiene un profundo impacto en última instancia sobre la eficiencia energética de los edificios. Por ejemplo, existe una amplia gama de condiciones aceptables de comodidad interior para diferentes culturas y clases de personas, esto puede tener un efecto importante en el consumo de la energía para la calefacción de los edificios.

Enfoque holístico. Cada participante del sector de la construcción necesita hacer una contribución para lograr el consumo de energía neta cero en edificios, utilizando un enfoque que integre todos los aspectos individuales. Esto significa considerar la vida útil del edificio, desde la construcción hasta la demolición, incluyendo la operación del mismo. A continuación, se describen aspectos de la planeación urbana, del análisis del ciclo de vida y del diseño integrado del edificio, etapas que forman parte del enfoque holístico para obtener el mayor impacto posible en la eficiencia energética de los edificios. También, se presenta una evaluación de las principales tecnologías disponibles hoy en día para lograr la sustentabilidad en la edificación.

Aspectos de planeación urbana. Es necesario considerar la comunidad en su totalidad, así como el edificio único para hacer una diferencia sustancial para la sostenibilidad de los centros urbanos. Existen mecanismos para ejecutar en forma eficaz la planeación urbana, como: normas de densidad, altura de los edificios, indicadores de uso y eficiencia de la energía y mezcla de usos del suelo (por ejemplo, residencial y comercial).

Idealmente, los centros urbanos deben tener alta densidad de población con una mezcla de edificios residenciales y comerciales, conectados con sistemas de transporte de alta velocidad, esto permite la disposición de más espacios verdes y zonas recreativas.

Algunos estudios han puesto en evidencia el impacto del crecimiento de la población en el consumo de energía, se ha demostrado que por cada aumento de 1% en población urbana, hay más de un 2% de incremento en el consumo de energía de las ciudades. Por otro lado, un aumento de 1% en el producto interno bruto (PIB) per cápita lleva sólo a incrementos equivalentes en el consumo de energía. En centros urbanos establecidos el ciclo de planeación urbana debe acomodarse retrospectivamente, trabajar con la estructura existente de la ciudad, aplicando en forma progresiva tecnologías sustentables de eficiencia energética.

Análisis de ciclo de vida (ACV). Es una metodología específica para evaluar el impacto ambiental de un producto, servicio o proceso durante su vida útil proyectada. El ACV es aplicable a un material, un elemento único de un edificio (pared, ventana, equipos, etc.), así como a todo el edificio o incluso a una ciudad. El análisis se vuelve más complejo cuando se amplían los límites de estudio y los parámetros de análisis, como: el consumo de energía el uso del suelo, mano de obra, capital y las emisiones contaminantes. En algunos países, para evitar esta situación la aplicación del método se centra en la cuantificación de los consumos de energía y de agua, empleo de materiales, en las emisiones contaminantes y el agua residual desalojada.

Los cálculos del ciclo de vida dependen en gran medida de los supuestos de la esperanza de vida, elegir una vida útil para el edificio de 20, 60 o 100 años mostrarán resultados muy diferentes. Un edificio de 20 años de duración puede tener una baja energía incorporada pero es necesario hacer ajustes para compararlo con un edificio similar con mayor energía embebida pero que se espera tenga una vida útil más larga.

La huella ambiental de la edificación debe abordarse en cada fase de la existencia del edificio: extracción y fabricación de los materiales de construcción, proceso de construcción, operación a lo largo de su vida útil, demolición y eliminación de los residuos o reciclaje. El análisis de ciclo de vida para edificios residenciales revela un consumo aproximado de 75-85% del total de energía durante la fase de uso, mientras que la energía incorporada en la construcción debida a los materiales utilizados representa alrededor de 20% de la energía (Figura 3). Los valores exactos de consumo de energía para cada una de las etapas del ciclo de vida dependen del clima, patrones de consumo y estilo de vida de los ocupantes de la construcción.



Figura 3: Fases del ciclo de vida del edificio

Fuente: Elaboración propia

La energía utilizada en la extracción y procesamiento de los materiales de construcción del edificio se define como su energía incorporada y se distingue de la energía utilizada en las otras fases del ciclo de vida. Una vez que se ha definido el diseño de un edificio, la energía incorporada es la utilizada para la extracción, transporte y proceso de materias primas que se convierten en productos manufacturados y componentes de construcción, y son transportados al sitio de construcción e incorporados al edificio.

La importancia de la energía incorporada sólo puede entenderse en el contexto del sistema completo, en lugar de elementos aislados; deben compararse distintas alternativas para realizar una función específica. Los resultados de una comparación directa entre una tonelada de un material y otro de características diferentes sería engañosa; por el contrario, debe hacerse una comparación, por ejemplo entre un metro cuadrado de una pared de tabique térmico y una de bloque de concreto con aislamiento. Esta comparación debe basarse en los niveles de aislamiento que proporcionan y la vida útil esperada. También, deben tenerse en cuenta aspectos sobre la dificultad constructiva, el transporte al sitio de construcción y la facilidad de eliminar o reciclar el material.

Igualmente, es importante señalar que la energía primaria utilizada para calcular la energía incorporada de un elemento del edificio (por ejemplo una pared) o el edificio completo depende de la mezcla de combustible del país. Así, la electricidad que se utiliza en el cálculo de la energía incorporada de una unidad funcional será diferente si su generación proviene de plantas de energía nuclear o de centrales eléctricas de carbón.

Si se hace más eficiente el consumo de energía en la fase de operación del edificio, entonces la proporción vinculada a las otras fases del ciclo de vida del edificio se vuelven más importantes. El reto para el sector de la construcción es reducir la demanda energética de los edificios durante la fase de operación sin aumentar la energía incorporada de los materiales y equipos, disminuyendo la energía utilizada en las otras fases.

Diseño integral. El desempeño de un edificio depende no sólo del comportamiento de los elementos individuales, sino en cómo funcionan juntos. Muchos factores deben tomarse en cuenta para diseñar un edificio, como: clima, comodidad, materiales, forma de la construcción, higiene, seguridad estructural y arquitectura de alto desempeño. Los diseñadores necesitan llevar a cabo muchas iteraciones de diseño para optimizar todos estos factores, pero las empresas tradicionalmente desean evitar el trabajo adicional porque es significativamente más costoso; por lo tanto, el diseño de la mayoría de los edificios sigue un enfoque de diseño convencional, en donde el objetivo básico es lograr el aislamiento del edificio. Sin embargo, se pierde la posibilidad del trabajo multidisciplinario, que reúne a arquitectos, ingenieros y otros responsables del proceso de creación del edificio.

El diseño integrado de edificios involucra a participantes de diferentes disciplinas con un enfoque multidisciplinario y actores involucrados, cuyo propósito es alcanzar la mayor eficiencia energética al menor costo posible, entre ellos: el propietario, los usuarios, la gerencia de proyecto, los diseñadores arquitectónicos, de interiores, del paisaje y medio ambiente, los ingenieros mecánicos y eléctricos, el operador del edificio, el consultor de energía y la empresa constructora.

La aplicación del diseño integral permite obtener mayores beneficios en las primeras etapas del ciclo de vida del edificio; en particular, las fases de planeación preliminar, ingeniería y diseño consumen una parte sustancialmente pequeña del presupuesto total de un proyecto en comparación con las fases de construcción y de operación, pero una deficiente realización de los estudios y proyectos de un proyecto ocasionan normalmente costos adicionales importantes durante su construcción o en su operación a lo largo de su vida útil, esto es especialmente importante cuando se busca la eficiencia energética y la sustentabilidad del edificio.

La integración entre los aspectos de diseño y construcción del edificio, así como el comportamiento de los usuarios durante su operación son cruciales para obtener los rendimientos esperados. En general, se tienen identificados los siguientes grupos de consumo de energía en edificios: aire acondicionado y calefacción, 37%; alumbrado, 18%; equipo de cómputo y oficina, 14%; equipo de agua caliente, 10%; y, otros usos, 21%.

La cubierta o la “envolvente” del edificio es particularmente importante y el punto de partida de edificios energéticamente eficientes, ya que es el determinante de la cantidad de energía requerida para calentar, enfriar y ventilar el interior de la construcción. La Tabla 1, resume los aspectos clave de las principales tecnologías disponibles, divididas en varias categorías de productos o servicios que pueden influir en la eficiencia energética de un edificio.

Tecnología	Potencial de ahorro	Costo (bajo, medio o alto)	Descripción resumida	Barreras para su implantación
Diseño				
Diseño integral		B	Programas de cómputo y tecnología de información que permita el diseño colaborativo	Cadena de valor fragmentada, escasez de datos para demostrar la viabilidad
Ubicación del edificio		B	Orientación que favorezca el sombreado y la iluminación natural	
Ventilación natural y mixta	10% de la energía de CVAA	B	Aire exterior para refrescar y ventilar, combinado con calefacción, ventilación y aire acondicionado (CVAA)	Diseño complejo y limitaciones del clima
Masa térmica y diseño solar pasivo	Reduce de 8 a 18% la energía para enfriar	B-A	Uso de masa térmica (tabique, concreto, piedra) para moderar la temperatura interior del edificio	Diseño especializado, debe integrarse dentro del diseño y construcción tradicional de CVAA
Materiales				
Edificios herméticos	10-40% del uso de energía para CVAA	B	Reduce la pérdida de energía debida a fuga accidental de aire dentro de la envolvente del edificio	Desconocimiento del costo y del impacto, insuficientes regulaciones en los códigos
Recubrimiento en techos	6-16% de la energía para enfriar	B-M	Recubrimientos con materiales reflejantes que transfieren menos calor al interior	Recubrimientos color blanco, escasa vida útil, se degradan sus propiedades en pocos años
Ventanas electrocromadas	19-26% energía para enfriar; 45-65% energía de alumbrado	A	Ajusta las propiedades de transmisión de la luz para minimizar la ganancia de calor solar y aprovechar al máximo la iluminación natural	Alto costo inicial
Ventanas de alto desempeño	39% energía de calefacción, 32% energía para enfriar	M	Ventanas con revestimientos de baja emisividad. Tecnologías de alto aislamiento con paneles triples, espacios al vacío y aerogeles	Ventanas de doble panel son de uso común. Las ventanas de tecnología de alto aislamiento se usan poco por su alto costo
Mejorar el aislamiento	12% de la energía	B	Productos de aislamiento mejorado o prácticas para evitar la pérdida de aislamiento térmico.	Escaso conocimiento del constructor
Barreras de radiación	Hasta 10% de energía para enfriar	B	Materiales con alta reflectividad y de baja emisividad, reflejan el calor irradiado por superficies calientes	Escaso conocimiento, cuando se combina con envolvente hermética el impacto es significativamente mayor
Materiales de cambio de fase	Pueden ahorrar 35% en la energía del aire acondicionado	M-A	Proporciona masa térmica, moderando las fluctuaciones de temperatura y reduciendo el consumo de energía de calentamiento y enfriamiento	Alto costo inicial, probado rendimiento a largo plazo, es una nueva tecnología
Materiales que almacenan energía térmica	10-20% de la energía para enfriar	A	Almacenan una gran cantidad de energía térmica en la noche para las necesidades de refrigeración del día. El medio de almacenamiento es agua fría o materiales de cambio de fase	Tecnología disponible de alto costo inicial, menor eficiencia para sistemas basados en el hielo, limitaciones de espacio para sistemas basados en agua

Alumbrado

Lámparas fluorescentes compactas	80% de la energía de alumbrado	B	Consumo 5 veces menor para producir la misma cantidad de luz. Diez veces más duración que una lámpara común	Alto costo inicial, más comunes en Europa que en América
Sensores para control de alumbrado	5-75% de la energía de alumbrado	B	Activa automáticamente el interruptor de encendido o apagado si el lugar está ocupado o no	Incertidumbre en la amortización del componente
Control de alumbrado con fotosensores	Hasta 30% de la energía de alumbrado	A	Componente basado en un fotosensor que permite una reducción continua, combina la luz de día con la eléctrica.	Alto costo, instalación compleja, poca evidencia sobre su funcionamiento y la reducción de la energía utilizada

Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado (CVAA)

Bomba de calor con fuente de aire	60% de energía de calefacción	A	En climas de larga duración de la temporada de calefacción	Mayor costo inicial que la calefacción de resistencia eléctrica
Hornos y calderas de condensación		M-A	Permiten mayores eficiencias que las calderas sin condensación, requieren de intercambiadores de calor de acero inoxidable y ventilación especial.	Alto costo y escasez de información
Calentadores de agua condensada	16%	M-A	Son más eficientes en usos residenciales y comerciales que los calentadores convencionales	Alto costo inicial, se requiere espacio de instalación
Bomba de absorción de calor (calefacción)	40%, energía de calefacción, comparada con calderas y hornos convencionales	A	Bomba de calor activada en forma térmica, puede utilizarse para calefacción, calentamiento de agua o ambos	Alto costo inicial, cuidar algunos aspectos de seguridad, disponibilidad comercial limitada
Compresores de modulación (capacidad/velocidad variable)	20% de la energía anual de aire acondicionado	M	Reducen el consumo de energía mediante la reducción de la carga; múltiples enfoques de la tecnología.	El equipo se amortiza en períodos largos, aproximadamente 10 años o más.
Paneles radiantes de techo	15-20% de energía para enfriar	M-A	Flujos de agua fría a través de tuberías en los techos, refrigeración de la habitación a través de convección natural y radiación	Mayor costo inicial, requiere adaptarse con la tecnología, necesaria coordinación inicial y posibles problemas de condensación
Sistema de calor y electricidad de uso comercial	4-30% del consumo básico de energía del edificio	M-A	Sistema integrado que usa los residuos de la energía térmica producida en el proceso de generación de energía para la calefacción y agua caliente	Complejidad del sistema; requisito de espacio; ruidos y vibraciones; incertidumbres sobre las tasas de utilidad futura

Aparatos y equipos de oficina

Electrónicos con baja energía de reserva	Bajo pero puede aumentar	M	Dispositivos electrónicos pueden continuar funcionando cuando están apagados, disminuye el consumo de energía en el modo desactivado	Incertidumbre en el costo del consumo de energía
--	--------------------------	---	--	--

Administración de energía para equipos de oficina.	36% del consumo de energía de los equipos de oficina	M	Bajo consumo en modo de reposo después de un período de inactividad; el potencial de ahorro de energía puede ser significativo.	Problemas de conectividad, incompatibilidad de software y administración central de energía
Secadora con bomba de calor	50% menos de energía para secar la ropa	A	Usa un ciclo de vapor-compresión de la bomba de calor desde el flujo de escape de la secadora	Costo inicial se amortiza en 15 años, preocupaciones sobre la fiabilidad de la nueva tecnología
Lavadoras de eje horizontal	35-55% menor consumo de energía	M	Lavadoras de eje horizontal utilizan un volumen menor de agua caliente que las lavadoras del eje vertical	Costo inicial un poco alto. Algunas personas prefieren las lavadoras verticales por facilidad de carga
Servicios				
Revisión del funcionamiento de los equipos del edificio	5 a 20% del consumo de energía de CVAA y alumbrado	M	Servicio realizado en edificios existentes para identificar y solucionar posibles problemas para que los sistemas funcionen correctamente.	Costo inicial de US\$2.50-3.50/m ²), las percepciones de gasto y falta de conciencia de los beneficios y dificultades prácticas
Revisiones permanentes	5 a 20%	M	Revisión del funcionamiento de los equipos del edificio realizada regularmente	Falta de conciencia de la energía desperdiciada, costos inciertos
Sellado de ductos	Reduce 80% las pérdidas y 35% las necesidades de energía de CVAA	L	Las fugas en los ductos aumentan el consumo de energía de CVAA, el aire caliente o frío que se escapa aumenta el tiempo de operación de los equipos	El costo adicional para el sellado de los ductos es de US\$4.00-5.00/m ² . Existe poca conciencia del impacto de la energía pérdida
Energía limpia				
Bombas de calor geotérmico	20-50% según el clima del lugar	M	Sistema de intercambio de calor entre el edificio y el suelo (bombas de calor dentro del suelo)	Alto costo inicial y algunas condiciones del suelo pueden ser inadecuadas
Calentador solar térmico	40-80% de la energía para calentar agua	M	El agua es calentada en un colector, colocado en el techo, después pasa a través de intercambiadores de calor que transferir el vapor a la calefacción.	El costo inicial de este sistema es similar a los de las calderas y calentadores de gas. A largo plazo se obtienen los ahorros especificados
Energía solar fotovoltaica	50-80% de la energía eléctrica, según el clima	A	Convierte la energía del sol en electricidad que puede ser usada en el sitio o enviado a una red externa.	Costo alto si no está subsidiado, se espera que disminuyan más con el aumento de volumen de producción
Turbinas de viento	No conocido. Depende de las características del viento en el sitio	A	Turbinas que convierten la energía cinética del viento en energía mecánica, convertida en electricidad por un generador. Solo pequeñas turbinas, por debajo de 100 kilowatts, se utilizan para viviendas.	Tecnología relativamente nueva de escaso uso todavía. La relación entre la inversión realizada y energía obtenida es favorable comparada con las tecnologías competidoras

Tabla 1: Tecnologías disponibles para el ahorro de energía en edificios

Fuente: Energy efficiency in buildings - Facts and trends, World Business Council for Sustainable Development, October 2007

PERSPECTIVAS DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICIOS

Las emisiones directas de edificios representan alrededor del 10% de las emisiones globales de CO₂, considerando las emisiones indirectas por el uso de electricidad en el sector, la participación es de casi el 30%. Desde una perspectiva de energía, los edificios son sistemas complejos que consisten de su envolvente y su aislamiento, los sistemas de calefacción y refrigeración, la iluminación, los electrodomésticos y productos de consumo y los equipos comerciales.

La mayoría de los edificios tiene una larga vida útil, lo que significa que más de la mitad del inventario actual de edificios permanecerá en funcionamiento hasta el año 2050. Debido a las bajas tasas de remplazos de edificios existentes, combinado con un crecimiento relativamente modesto de nuevas construcciones, significa que la mayoría del ahorro potencial de energía y de emisiones de CO₂ en los países desarrollados provendrá del equipamiento y adquisición de nuevas tecnologías. En los países en desarrollo, donde el crecimiento de nuevos edificios será significativamente mayor, existen oportunidades para asegurar importantes ahorros de energía mediante la mejora de los estándares de eficiencia y los códigos de construcción para los nuevos edificios.

La aplicación, actualmente disponible, de opciones de energía eficiente de bajo costo y bajo carbono, es esencial para lograr reducciones de emisiones de CO₂ rentables en el corto plazo. Esto dará tiempo para implementar las tecnologías que están en desarrollo, que actualmente son más caras, y que en el futuro pueden desempeñar un papel importante.

En el escenario azul, la Agencia Internacional de Energía establece la meta de emisiones globales de 14 GtCO₂.eq para el año 2050, la reducción con respecto al escenario tendencial será de 43 GtCO₂.eq, considerando una participación sectorial para la edificación de 14%, el transporte de 37%, la industria de 17% y la energía de 32%. Asimismo, las fuentes de energía (Figura 4) que se contempla contribuyan a alcanzar esta meta son: la captura y almacenaje de carbono (19%), energías renovables (17%), energía nuclear (6%), eficiencia en la generación de energía (5%), cambio de combustibles (15%) y eficiencia en el consumo de electricidad (38%).

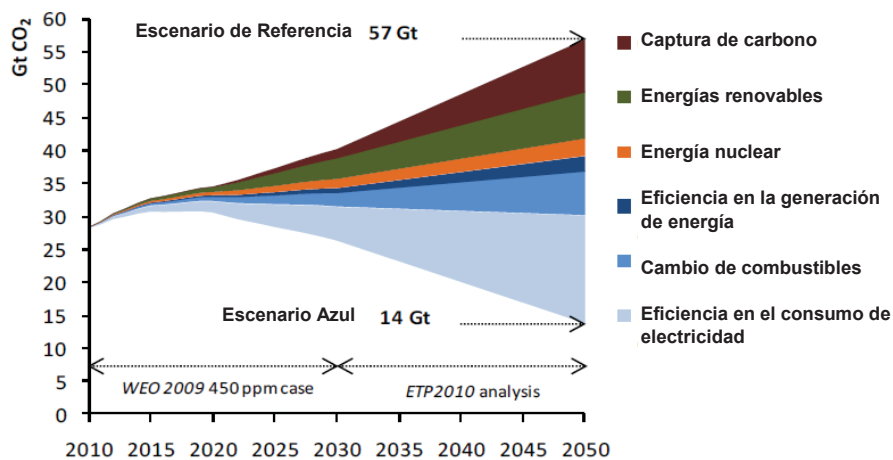


Figura 4: Participación de las fuentes de energía en la reducción de emisiones

Fuente: Energy Technology Perspectives 2010 - Scenarios and Strategies to 2050, International Energy Agency, 2010

En el escenario de referencia, la demanda final global de energía en edificios aumenta un 60% entre 2007 y 2050. Las emisiones de bióxido de carbono del sector se duplican en el período, debido al aumento de 67% en el número de hogares, a la triplicación del área total de los edificios, al crecimiento acentuado de los aparatos de consumo de electricidad y a la creciente demanda de nuevos tipos de energía.

En sentido opuesto, el escenario azul muestra la parte que puede desempeñar el sector de edificios para asegurar un futuro más sostenible de la energía. En este escenario, las emisiones de CO₂ son 83% menores que en el escenario de referencia para 2050. La mayor parte de esta reducción proviene de la descarbonización de la electricidad utilizada en el sector de la edificación (6.8 Gt CO₂-eq), así como de eficiencia energética y de cambios a tecnologías de bajo y nulo carbono (5.8 Gt CO₂-eq).

Las necesidades de inversión para transformar el sector de edificios en el escenario azul se estiman en 7.90 trillones de dólares en el sector residencial y 4.40 trillones de dólares en el sector comercial. Estas inversiones permitirán lograr ahorros significativos de combustible por un total de 51 trillones de dólares entre 2010 y 2050.

Conclusiones

Actualmente existen evidencias de un aumento en el nivel de concientización de los gobiernos, organismos y personas por adoptar medidas para disminuir los consumos de las distintas fuentes de energía, debido en principio a los costos cada vez mayores de la energía y a los efectos persistentes del cambio climático.

Aunque la contribución actual de la edificación es en la actualidad relativamente pequeña, su importancia se hará patente con el paso de los años a consecuencia del crecimiento de la población urbana mundial y de la necesidad de proveer espacios habitables en las ciudades. Esta circunstancia estará más acentuada en los países en vías de desarrollo, para apoyar la eficiencia energética y la disminución de las emisiones contaminantes ocasionadas por el sector de la edificación será necesario establecer estándares de eficiencia en los códigos de construcción para los nuevos edificios, constituir estímulos para el uso de nuevas tecnologías y apoyar con financiamiento las energías más limpias.

En el sector residencial, las principales barreras para lograr el cambio son: mayores costos iniciales, falta de conocimiento de las nuevas tecnologías, dispersión de incentivos y baja prioridad a la eficiencia energética. Superar estas barreras requerirá un paquete de política integral que incluya campañas de información, incentivos fiscales y financieros y otras políticas de implementación, así como establecimiento de normas de rendimiento de energía mínima.

En el sector comercial, las políticas para mejorar el consumo energético de los nuevos edificios estarán encaminadas en la aplicación de sistemas altamente eficientes para calefacción, aire acondicionado y ventilación, debido a su mayor participación en el consumo de energía, en comparación con el sector residencial. También, será necesario formular políticas para mejorar la eficiencia de uso de energía en iluminación y otros usos eléctricos tales como: equipos de oficina y de cómputo.

Referencias

1. Instituto Nacional de Ecología, Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero 2006, octubre de 2008.
2. Greenhouse Gas Emission Baselines and Reduction Potentials from Buildings in Mexico, United Nations Environment Programme, 2009
3. Energy Technology Perspectives 2010 - Scenarios and Strategies to 2050, International Energy Agency, 2010
4. Energy efficiency in buildings - Facts and trends, World Business Council for Sustainable Development, October 2007

Acerca de los autores

El Dr. Luis Rocha Chiu es egresado de Ingeniería Civil de la Universidad Autónoma Metropolitana, cuenta con el grado de Maestría en Ingeniería por la Universidad Nacional Autónoma de México y con el grado de Doctorado en Ingeniería de la Construcción por la Universidad Politécnica de Madrid, también posee un Diplomado en Finanzas Corporativas por el Instituto Tecnológico Autónomo de México. Tiene una experiencia profesional de más de quince años en construcción y transporte urbano en organismos del sector público y en empresas privadas, de entre las que destacan: asesor técnico en el Senado de la República, subdirector de área en la Secretaría de Transporte y Vialidad del Distrito Federal y coordinador técnico en el Fondo Nacional de Fomento al Turismo (FONATUR). Es profesor de tiempo completo desde 1992 en el Área de Construcción y es actualmente coordinador de planeación en la División de Ciencias Básicas e Ingeniería en la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco.

El Dr. Víctor Jiménez Argüelles es egresado de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Autónoma Metropolitana, curso estudios de maestría en Ingeniería en Construcción en la Facultad de Ingeniería de la UNAM y curso sus estudios de doctorado en Ingeniería Industrial en la Universidad Politécnica de Cataluña. Tiene experiencia profesional en obras de infraestructura entre las que destaca la construcción del Túnel Emisor Oriente (TEO) en el Distrito Federal. Es especialista en temas relacionados con la Seguridad Laboral en las obras de construcción, así como también en temas relativos a la Administración de la Construcción. Es profesor de tiempo completo en el Área de Construcción en la Universidad Autónoma Metropolitana.

Autorización y Renuncia

El (o los) autores del presente artículo autorizan al Área de Administración y Tecnología para el Diseño, para publicar el escrito en el Anuario de Administración y Tecnología para el Diseño (2016). El Área de Administración y Tecnología o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.