

Automatización para la gestión eficiente de energía en el sector doméstico

Automation for efficient energy management in the domestic sector

Leobardo Santiago Paz

Universidad de la Sierra Juárez

lsp@unsij.edu.mx

Resumen

La edificación en general es uno de los grandes consumidores energéticos de nuestra sociedad, junto con el transporte y la industria. Debido a ello, en éste trabajo se presenta una propuesta para el ahorro energético en el sector doméstico a partir de los avances en la electrónica, la informática y las telecomunicaciones. Al implementar nuevas tecnologías con hardware y software libre es posible realizar instalaciones en las viviendas que permitan contribuir en el ahorro de electricidad, agua y combustibles así como, aportar seguridad y confort. Mediante la incorporación de estos sistemas de automatización se logró gestionar inteligentemente el clima, la iluminación, el agua caliente, el agua para riego, los electrodomésticos, las llaves de gas, de tal manera que se aprovechó mejor los recursos naturales con un mínimo impacto en el medio ambiente.

Palabras Clave: Automatización, edificios de energía cero, gestión energética, software y hardware libre.

Abstract

The building in general is one of the great energy consumers of our society, along with the transport and the industry. Due to this, in this paper we present a proposal for energy saving in the domestic sector, based on advances in electronics, information technology and telecommunications. By implementing new technologies with free hardware and software, it is possible to carry out installations in homes that contribute to saving electricity, water and fuel, as

well as providing safety and comfort. By incorporating these automation systems, climate, lighting, hot water, irrigation water, household appliances and gas faucets were managed intelligently, so that natural resources were better utilized with minimal impact on environment.

Key words: Automation, zero energy buildings, energy management, free software and hardware.

Fecha recepción: Julio 2016

Fecha aceptación: Diciembre 2016

Introducción

La edificación es uno de los grandes consumidores energéticos de nuestra sociedad, junto con el transporte y la industria (CONAFOVI, 2006). En general, las necesidades energéticas de un edificio o vivienda son las de iluminación, calefacción, refrigeración, agua caliente sanitaria, higiene y preparación de los alimentos. A medida que la vivienda requiera una menor cantidad de energía para satisfacer estas necesidades, será más eficiente energéticamente. La eficiencia energética de una vivienda se entiende como la cantidad de energía mínima necesaria para satisfacer las distintas necesidades asociadas a un uso estándar, manteniendo o mejorando el nivel de confort.

La eficiencia energética está en función de conductas individuales y del nivel de racionalidad en las decisiones de consumo humano de energía, por eso se puede aprender a usar de manera eficiente y de esta forma aportar al desarrollo sostenible de un país (Programa de Estudios e Investigación en Energía, 2003 citado en Blanco & Arce, 2013).

Disminuir el consumo individual de energía significa revisar el paradigma de satisfacción personal de los bienes y servicios obtenidos con el uso de energía. Igualmente, la disminución del consumo de energía eléctrica implica demandar menos generación de dicha energía y, por consiguiente, menor uso de recursos naturales energéticos renovables y no renovables, lo que favorece su conservación y el aprovechamiento futuro por parte de las nuevas generaciones. La eficiencia energética significa elegir equipos y tecnologías adecuados para los procesos de conversión con el fin de reducir el consumo. Asimismo, significa utilizar menos recursos energéticos derivados del petróleo importados, que conduce a una menor dependencia tecnológica y económica, la cual impide un verdadero desarrollo sostenible con beneficios

integrales económicos, sociales y ambientales (Blanco et al., 2013).

Definitivamente, uno de los escenarios que se pueden ver a muy corto tiempo, es la aplicación de redes inteligentes en el lado de la oferta y la demanda de energía. En gran medida, las características de la red eléctrica del futuro se logrará con la incorporación de “inteligencia”, basada en tecnologías de información y comunicaciones: sensores y sistemas de medición avanzada, redes de comunicación y procesamiento de datos, sistemas de actuación y control.

Una alternativa para implementar sistemas de automatización de bajo costo en edificios o viviendas “inteligentes” son los que se desarrollan a partir de hardware y software libre, además se tiene una gran ventaja, el usuario podrá dar mantenimiento al sistema, al recibir capacitación o apoyarse de la comunidad en línea de acuerdo a la necesidad y a su interés de hacerlo por si mismo.

En la actualidad, y de acuerdo con los datos de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE), el sector edificios contabiliza del 25% al 40% del consumo final de energía en los países miembros, y como son uno de los principales usuarios de energía, se espera que consuman más a medida que la población crezca y se desarrolle la economía (González, Pérez y Acoltzi, 2011).

En México, la distribución de energía eléctrica se divide principalmente en los sectores: industrial, comercial, doméstico o residencial y de servicios. Dentro de estos sectores, el que más consumo de energía eléctrica tiene es el industrial con un 59% del total, esto con el 0.6% de los usuarios. El sector comercial consume el 7.91% con el 10.59% de los usuarios. El residencial consume el 24.91% con el 87.90% de los usuarios, y por último, el sector público consume el 8.10% con menos del 0.92% de los usuarios (Maqueda y Sánchez, 2011).

El consumo energético ha crecido de manera sostenida a una tasa de 2.6%, entre 1998 y 2008 (SENER y AIE, 2011). Según el Balance Nacional de Energía 2009, el consumo energético nacional correspondiente al sector residencial provoca emisiones de gases de efecto invernadero equivalente al 5% del país. De igual forma, el uso desmedido de energía eléctrica y el uso de equipos de baja eficiencia contribuyen al calentamiento global (Dosal, s.f.). En 2014, las ventas de energía eléctrica tuvieron un comportamiento similar a 2013, con un incremento de 0.9%,

equivalente a 1,885 GWh. El sector con mayor crecimiento fue el doméstico, seguido de la mediana industria y el comercial. Los que descendieron fueron los servicios públicos, la gran industria y los servicios agrícolas (CFE Informe Anual, 2014).

1 DESARROLLO

Ante el reto de disminuir el consumo de energía y las emisiones contaminantes, se han construido en varias partes del mundo los llamados edificios verdes o de baja energía, que emplean nuevas tecnologías para disminuir dicho consumo. Como parte de los programas y políticas en el mundo para alentar la construcción de edificios de cero energía, la Unión Europea aprobó, en abril de 2009, la revisión de la directiva que regula el rendimiento energético de los edificios, para que todas las construcciones residenciales, de oficinas y de servicios que se construyan en la Unión Europea a partir de 2019 sean prácticamente de energía cero, y el plazo se adelanta para 2017 en edificios públicos de nueva construcción. El texto define estos edificios como construcciones “en las que, como resultado de un alto nivel de eficiencia energética, el consumo anual de energía es igual o menor que la producción energética procedente de fuentes renovables situadas en la propia edificación”. También el Departamento de Energía (DOE, por sus siglas en inglés) de los Estados Unidos, ha desarrollado un programa estratégico para crear tecnología que lleve a un mercado de energía cero en el sector residencial en 2020 y en edificios comerciales en 2025 (González et al., 2011).

En México existen varias instituciones que se han enfocado a diseñar y aplicar programas para lograr un uso más eficiente de la energía en diversos sectores de nuestra sociedad, como la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE) actualmente CONUEE, el Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE), el Programa de Ahorro de Energía del Sector Eléctrico (PAESE) y el Programa de Ahorro Sistemático Integral (ASI).

Los programas de ahorro de energía del sector energético se encuentran enfocados principalmente al sector doméstico, debido a que tienen el mayor número de usuarios con un 87.90% y tienen un consumo del 24.91%, casi la cuarta parte del consumo nacional. Por esto, es de vital importancia para el sector energético en México atender los problemas sociales y económicos del sector doméstico.

Se han tenido buenos resultados a través de los programas de normalización, programas de incentivos, de desarrollo de mercado y de ahorro de energía en los sectores industrial, agropecuario, comercial y doméstico. El problema de los programas es determinar la penetración que tienen en cada sector que se aplica y los ahorros que se dan por su implementación.

De acuerdo con Rebolledo (2011), el principal desafío en materia de uso eficiente y ahorro de energía en el mundo es el reducir los costos de nuevas tecnologías. Actualmente, usar energía producida por generadores solares y viento puede resultar no rentable desde el punto de vista económico, por los tiempos de recuperación de la inversión; sin embargo, son la alternativa a largo plazo más viable para el uso eficiente de la energía con cero emisiones. El incremento del costo de la electricidad es lo que puede ser la motivación para el incremento del uso de la automatización en casas habitación. En lo que se refiere a la administración de la demanda a nivel residencial, se tiene que la medición y el control de la energía se están dando de manera pausada, es decir, la tecnología va entrando poco a poco.

Eficiencia energética en edificios nuevos y existentes.

Para mejorar la eficiencia energética y reducir las emisiones contaminantes hay que actuar sobre los edificios existentes y realizar un buen diseño de construcción y control de operación de los nuevos edificios. Debido al avance tecnológico es posible hacer uso de herramientas computarizadas para simular y realizar un análisis de los sitios con más demanda de energía en edificios existentes o por construir, al dividirlo en subsistemas es posible emplear un sistema integral de administración de la energía para supervisar y controlar la operación del edificio como la energía, seguridad y vigilancia. Según González et al. (2011) en el más amplio sentido, un sistema de administración integrado para un edificio puede contener:

a) Sistema de monitoreo y control

- Monitoreo del sistema eléctrico
- Medidor de demanda y consumo
- Control de alumbrado exterior
- Detección de vehículos y sistema de barrido
- Sistema de monitoreo de fuego y monitoreo de bombas contra incendio.

- Sistema de monitoreo de nivel de elevadores.
- Control de motor y monitoreo de nivel de agua.
- Sistema de monitoreo de UPS.
- Disponibilidad para integración de sistemas BAS.

b) Sistema de seguridad y vigilancia

- Panel de alarma de fuego (alarma y detección).
- Sistema de comunicación de voz (público y de emergencia).
- Sistema de control de acceso y barreras plegables basadas en tarjetas inteligentes.

- Barreras a vehículos basadas en etiquetas (cuatro ruedas).
- Sistema de administración de visitantes con foto y tarjeta en la puerta de seguridad.

Asimismo, dentro de los sistemas de administración y control se pueden tener las siguientes estrategias para el ahorro de energía.

- Arranque/paro en horario fijo. Los equipos sujetos a este tipo de programa arrancan y paran automáticamente de acuerdo a las necesidades específicas de los usuarios del edificio, por ejemplo: equipos de aire acondicionado.
- Arranque/paro en función del calendario. Con un programa de este tipo, el sistema reconoce el día de la semana que es y los días festivos, y en función de ellos determina, de acuerdo a su programación, el arranque o paro de los equipos o sistemas.
- Desconexión cíclica de cargas. El objetivo de esta técnica es reducir las horas de funcionamiento de las cargas mediante paradas intermitentes debidamente controladas, para obtener una curva de consumo más uniforme. Este programa combina un horario cíclico diario de arranques y paros de las distintas cargas, relacionando su operación con el horario de trabajo del edificio. El programa puede modificarse automáticamente en función de las condiciones ambientales o por la limitación de demanda eléctrica.
- Control de picos de consumo. Este programa evita los picos de carga, aprovechando de una

forma racional y constante la potencia controlada, mediante un programa en el que la demanda de potencia no sobrepase la contratada y desconectando, automáticamente, algunas cargas predeterminadas.

- Control de alumbrado. A través de un sistema automatizado para el alumbrado se permite el encendido y apagado de la iluminación de forma automática, con base en los programas de uso de las diferentes áreas o en función de los niveles de iluminación adecuados a la utilización del área en cuestión.
- Aire acondicionado. Optimiza el arranque o paro en función de las condiciones interiores y exteriores, así como con una programación diaria o semanal de horas de ocupación y días festivos.
- Aprovechamiento del aire exterior. Cuando la utilización del aire de recirculación (procedente de los lugares ya acondicionados) sea ambientalmente aceptable, debe pensarse en un elemento controlador que seleccione, en función de las condiciones exteriores y las de retorno, aquellas opciones que sean energéticamente más baratas para el proceso de climatización perseguido.

Por su parte González et al. (2011) menciona que la idea detrás de los nuevos Edificios de Energía Cero (EEC) es muy simple: consiste en diseñar el edificio para que sea muy eficiente, haciendo uso de la luz natural, los aislamientos y equipos eficientes que usen tan poca energía como sea posible, así como generar el resto de la energía necesaria usando energías renovables en sitio. Además, la energía extra generada en el edificio puede ser vendida a la red para compensar cualquier energía que pueda ser comprada.

Para el diseño, construcción y operación de un EEC se toma en cuenta según González et al. (2011):

- Clima. Se considera la temperatura, la humedad, si la zona es clara o nublada y durante cuánto tiempo, para determinar si el edificio puede hacer uso de la luz natural o si hay la necesidad de instalar persianas.
- Iluminación natural. Es una de las estrategias primarias para la reducción de las necesidades de energía. Entre las diferentes formas para proporcionar iluminación natural se encuentran las ventanas verticales, las cubiertas para vidrios, los dispositivos de

sombreado, los atrios, los tragaluces, la luz cenital del techo prismática y los ductos de luz.

- Ganancias de calor internas. Se consideran las ganancias de calor de los ocupantes, el alumbrado y el equipo eléctrico, los cuales pueden ser pensados como un clima interior.
- Tamaño del edificio y envolvente. Se evalúan los tipos de materiales de construcción para paredes, ventanas, pisos, techos, así como las particiones internas, entre otros aspectos.
- Necesidades de iluminación. Se identifican las necesidades de iluminación en forma cuantitativa y cualitativa, dependiendo de las actividades realizadas en el edificio.
- Fuentes renovables para generación de energía. Se analiza el uso de opciones útiles para producir electricidad a través de energía solar (colectores de sol y celdas fotovoltaicas), energía eólica y energía geotérmica (bombas de calor). Además, se considera si la energía será producida en sitio y/o importada desde otros puntos.
- Fuentes ininterrumpibles de energía. Se considera el uso de fuentes ininterrumpibles de potencia (UPS, por sus siglas en inglés), celdas de combustible o baterías para proporcionar electricidad todo el tiempo a aparatos críticos o vitales.
- Horas de operación del edificio. Se analizan las horas de operación con base en metros cuadrados.
- Costos de energía. El costo de la energía, en particular el costo de la energía eléctrica, es un factor crítico para diseñar las estrategias de diseño.
- Análisis del ciclo de vida. En éste no sólo se considera la vida útil de los bienes, sino también los ahorros de energía obtenidos, así como las emisiones contaminantes evitadas.

Diseño del sistema de automatización

Después de considerar y analizar cada una de las variables mencionadas anteriormente, es necesario controlar de manera adecuada los principales subsistemas consumidores de energía en un edificio que son los de aire acondicionado y calefacción (HVAC, por sus siglas en inglés), así como los de iluminación. Los sistemas de potencia, HVAC y alumbrado deben ser controlados para permitir un funcionamiento más eficiente y tener el máximo beneficio, por eso, donde se requiere un control flexible se usan controladores programables, que varían de dispositivos simples (similares a los relojes multifunción) hasta dispositivos basados en microprocesadores

totalmente programables en pequeñas computadoras. En la figura siguiente podemos ver la propuesta del diseño de un sistema de automatización con arquitectura centralizada utilizando hardware y software libre para la gestión integral de los subsistemas implementados en una vivienda.

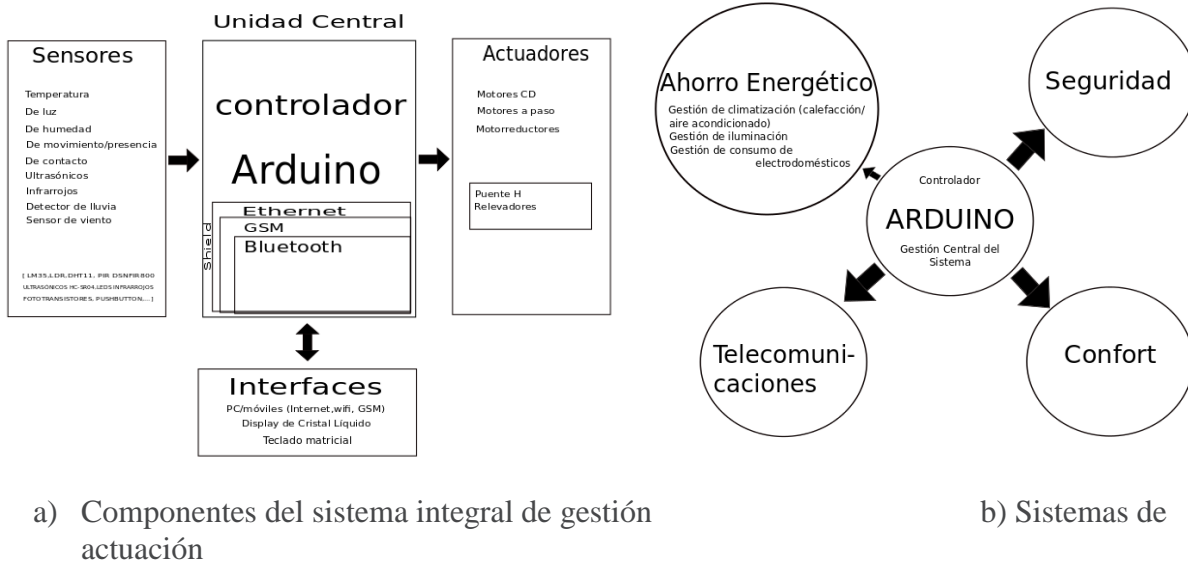


Figura 1. Sistema de automatización para el ahorro energético en una vivienda.

La implementación de éste sistema de automatización también podría desarrollarse con arquitectura distribuida o mixta.

Funcionalidad del sistema

El sistema gestiona el ahorro energético, la seguridad, las telecomunicaciones y el confort. La funcionalidad a implementar del sistema pueden ser mínimas al inicio e incrementarse con el tiempo de acuerdo al costo-beneficio sin embargo, se contemplan las siguientes funciones en los subsistemas:

- Ahorro energético: Gestión de climatización (calefacción/aire acondicionado) por programación horaria o control de temperatura por zonas, gestión de Iluminación; ahorro por

regulación, programación horaria, activación por presencia, o por escasa luminosidad, gestión de consumo de electrodomésticos.

- Seguridad: Detección de intrusión, aviso de incendio, detección y aviso de humos (Monóxido de carbono), control de fugas de agua (detección y corte de suministro), control de fugas de gas (detección y corte de suministro). Simulación de presencia, aviso telefónico de incidencia, a números predeterminados por el usuario, ayuda personal para el cuidado de ancianos o enfermos. Activación de alarmas.
- Telecomunicaciones: Control telefónico remoto de la vivienda, aviso telefónico en caso de alarma o incidencias técnicas, control remoto y visualización de la vivienda a través de Internet, control mediante mensajes cortos (SMS), control TCP/IP (Internet),
- Confort: Control desde pantalla táctil, control desde mandos a distancia, Macros; comandos múltiples combinados en un único botón, control de iluminación; por presencia, regulación de intensidad, múltiples escenas, control de motorizaciones; persianas, toldos, cortinas, sombrillas, puertas y portones, control de sistemas de riego, bombas. Gestión de la vivienda mediante computadora personal (PC), Tablets, teléfonos celulares o Internet.

Normalización para la preservación y uso racional de los recursos energéticos

También es importante considerar como parte de la gestión eficiente de energía las regulaciones que existen en esta materia. Las Normas Oficiales Mexicanas en eficiencia energética (NOM-ENER) para los fabricantes y que todo usuario debe conocer. Las normas regulan los consumos de energía de aquellos aparatos e instalaciones que, por su demanda de energía y número de unidades requeridas, ofrecen un potencial ahorro cuyo costo-beneficio es satisfactorio para el país y los sectores de la producción y el consumo.

La NOM-020-ENER-2011 es una de las más relevantes con respecto al consumo energético en edificaciones. Esta norma busca mejorar el diseño térmico en edificaciones y lograr la comodidad de sus ocupantes con el mínimo consumo de energía. Establece una metodología para calcular la ganancia de calor de la envolvente, es decir, del material en muros, techos, pisos, ventanas, marcos, etc. La ganancia de calor es el resultado de la suma de la ganancia de calor por conducción más la ganancia de calor por radiación solar. En México, el acondicionamiento

térmico de las edificaciones repercute en gran medida en la demanda pico del sistema eléctrico, siendo mayor su impacto en las zonas norte y costeras del país, en donde es más común el uso de equipos de enfriamiento que el de calefacción. En este sentido, el cumplimiento de esta norma optimiza parcialmente el diseño desde el punto de vista del comportamiento térmico de la envolvente, obteniéndose como beneficios, entre otros, el ahorro de energía por la disminución del uso y la capacidad de los equipos de enfriamiento y, consecuentemente, la reducción en emisiones de gases de efecto invernadero (Dosal, s.f.).

Actualmente, el Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Preservación y Uso Racional de los Recursos Energéticos (CCNNPURRE), aprobó el programa de trabajo de la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía para 2017. La norma para acondicionadores de aire tipo Inverter (NOM-026-ENER-2015), y el 14 de mayo de 2017 se tiene previsto la nueva NOM para lavadoras de ropa, en cuyo etiquetado se considera, además de la eficiencia, el factor de consumo de agua. También, se cuenta con las normas para calentadores de agua de uso doméstico y comercial (NOM-003-ENER-2011); envolvente de edificios no residenciales (NOM-008-ENER-2001); acondicionadores de aire tipo dividido (NOM-023-ENER-2001) y lámparas para uso general (NOM-028-ENER-2010). Además, se recomienda adquirir productos con Sello FIDE A y Sello FIDE B (Fideicomiso en apoyo al Programa de Ahorro de Energía Eléctrica). Ésta oferta debe cumplir con las Normas, Leyes, Reglamentos e instructivos de fabricante, relacionadas con su instalación y aplicación.

Por su parte la ISO 13153 proporciona un marco para el proceso de diseño de ahorro de energía en edificios de tipo residencial, unifamiliar, individual y pequeños edificios comerciales. La reducción prevista del consumo se expresa en una “relación de consumo de energía” que permitirá establecer comparaciones significativas del uso real de energía, y de las posibilidades de ahorro de energía.

2 CONCLUSIONES

Mediante la incorporación de sistemas de automatización a edificios existentes o por construir se puede gestionar inteligentemente el clima, la iluminación, el agua caliente, el agua para riego, los electrodomésticos, las llaves de gas, de tal manera que se aproveche mejor los recursos naturales con un mínimo impacto en el medio ambiente.

El uso de tecnologías en informática y comunicación, como la medición y control en las redes inteligentes, lleva al uso eficiente de la energía a niveles de optimización, por ejemplo, que en una vivienda se obtenga información de la empresa eléctrica, como las demandas, los consumos de cada electrodoméstico, los costos de la energía a diferentes horarios, entre otros datos permiten al usuario tomar decisiones de cuándo y cuánta energía eléctrica utilizar.

Los sistemas de automatización tradicionalmente cerrados, jerárquicos y costosos, deben pasar a convertirse en sistemas abiertos y libres, dónde el conocimiento se reparta y múltiples aportes contribuyan a su continuo crecimiento, es necesario que cada persona comparta y contribuya a su fortalecimiento. Este crecimiento implica el desarrollo de canales de comunicación, eficiencia energética y tecnológica.

Al usar aires acondicionados eficientes se obtienen mejores resultados aislando térmicamente los techos, sellando las puertas y ventanas, y ajustando el termostato a temperaturas no muy bajas, pero que mantengan el confort.

Para aprovechar la iluminación solar se deben hacer diseños de ventanas con orientación adecuada, para dejar pasar la luz y disminuir el uso de la iluminación artificial.

Bibliografía

Asociación Española de Domótica (CEDOM) & Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, IDAE. (2008). Cómo ahorrar energía instalando domótica en su vivienda. Gane en confort y seguridad. Recuperado el 12 de Marzo de 2016 de http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_11187_domotica_en_su_vivienda_08_3d3614fe.pdf

Blanco-Orozco, N y Arce-Díaz, E. Entre la teoría y la práctica de la conservación de los recursos naturales: las parcialidades1 de Totonicapán, Guatemala. Tecnología en Marcha. Vol. 26, No 3. Pág 84-93.

Comisión Federal de Electricidad. Decálogo de ahorro de energía. Consultado el 12 de Diciembre de 2016 en

http://www.cfe.gob.mx/ConoceCFE/Desarrollo_Sustentable/AhorroDeEnergia/Paginas/Decalogo-de-ahorro-de-energia.aspx

Comisión Federal de Electricidad. Informe anual 2014. Consultado el 12 de Diciembre de 2016 en

<http://aplicaciones.cfe.gob.mx/Aplicaciones/OTROS/InformeAnualConFirmas2014.pdf>

Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda (CONAFOVI). (2006). Guía para el uso eficiente de la energía en la vivienda. Recuperado el 12 de Diciembre de 2016 de <http://www.conavi.gob.mx/publicaciones>

Dosal, C. (s.f.). Eficiencia energética y ambiental en el sector vivienda. Fundación IDEA. Recuperado el 12 de Marzo de 2016 de http://www.fundacionidea.org/assets/files/FIdea_libro%20eficiencia%20energetica%20final.pdf

GUERRA MENJÍVAR, Moisés Roberto. “Arquitectura Bioclimática como parte fundamental para el ahorro de energía en edificaciones”. Ing-novación. Revista semestral de ingeniería e innovación de la Facultad de Ingeniería, Universidad Don Bosco. Diciembre de 2012 – Mayo de 2013, Año 3, No. 5. pp. 123-133. ISSN 2221-1136.

González, G., Pérez H. y Acoltzi, H. (2011). Avances tecnológicos en edificios de energía cero. Boletín IIE Gestión del uso eficiente de la energía eléctrica. Vol. 35. No. 4. pp. 150-156.

Huidobro, J. M. (2007). La domótica como solución de futuro; concepto, campo de aplicación y beneficios. Consejería de Economía e innovación tecnológica, organización dirección general de industria, energía y minas. Madrid:2007.pp. 15-47.

Maqueda, M. y Sánchez, L. (2011). Curvas de demanda de energía eléctrica en el sector doméstico de dos regiones de México. Consultado el 13 de Diciembre de 2016 en www.ineel.mx/boletin042011/investiga.pdf

Rebolledo, H. (2011). Ahorro y uso eficiente de la energía: Alternativas para la reducción del consumo residencial en tarifas DAC. Boletín IIE Gestión del uso eficiente de la energía eléctrica, Breves técnicas. Vol.35. No. 4. pp. 169-171.

Rojas, J., Huelsz, G., Tovar, R., Barrios, G., Lira-Oliver, A. y Castillo, A., (2010). Energía y confort en edificaciones. Revista Digital Universitaria. Vol.11, No 10. Centro de Investigación en Energía UNAM. ISSN: 1067-6079.

Secretaría de energía (SENER) y Agencia Internacional de Energía (AIE). (2011). Indicadores de eficiencia energética en México: 5 sectores,5 retos. Consultado el 15 de Diciembre de 2016 en www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/85305/Bibliograf_a_6.pdf

Secretaría de energía. Normas Oficiales Mexicanas de eficiencia energética. Consultado el 16 de Diciembre de 2016 en

http://www.conuee.gob.mx/wb/Conuee/normas_de_eficiencia_energetica_vigentes