

# LA NOM-020-ENER-2011 EN VIVIENDAS ECONÓMICAS UBICADAS EN DIFERENTES REGIONES CLIMÁTICAS DE MÉXICO

MARÍA GUADALUPE ALPUCHE CRUZ  
ENRIQUE ALEJANDRO DUARTE AGUILAR

Universidad de Sonora  
México

Recibido: 12 de octubre de 2016. Aceptado: 03 de febrero de 2017.

## RESUMEN

En México, como en muchos otros países del mundo, la situación energética ha permeado en la concientización de algunos sectores y se han comenzado a poner en marcha medidas para el buen uso y la optimización de la energía. En este orden, en el campo de la edificación se han instrumentado diversas normas oficiales para tratar de regular el uso de la energía en la adecuación dentro de las edificaciones. Uno de los principales objetivos al diseñar un espacio arquitectónico es que sea confortable para que el usuario realice sus actividades, por lo que se deben diseñar, calcular y controlar condiciones climáticas confortables, iluminación necesaria en función de la actividad, sonido adecuado, ventilación suficiente, utilizando el menor consumo de energía.

La Norma Oficial Mexicana NOM-020-ENER-2011, Eficiencia energética en edificaciones, publicada en el *Diario Oficial de la Federación* (DOF) el 9 de agosto de 2011, fue realizada con el fin de mejorar el diseño térmico de las edificaciones que se encuentren en el ámbito residencial, limitando la ganancia de calor por medio de la envolvente.

Como parte de las actividades realizadas por la Red de Arquitectura Bioclimática-PRODEP, en el marco del proyecto Reglamentación y Normati-

vidad para Arquitectura Bioclimática, se realiza una evaluación de la aplicación de la NOM-020. El presente documento muestra los resultados obtenidos en viviendas económicas ubicadas en diferentes regiones climáticas de nuestro país. Éstos demuestran que la NOM-020 es una iniciativa conveniente para climas templados; sin embargo, su aplicación en climas cálido-seco y cálido-húmedo debería contemplar tanto las ganancias como las pérdidas de calor por medio de la envolvente.

*Palabras clave:* Eficiencia energética; viviendas económicas; clima cálido-seco; clima cálido húmedo; clima templado.

## ABSTRACT

In Mexico, as in many other countries around the world, the current energy situation has spread through the consciousness of some sectors and different measures for the efficient use and optimization of energy have been implemented. Therefore, the field of building construction has applied different official standards to try to regulate the use of energy in the interior design adaptation of buildings. One of the main objectives of this work, is to design architectural spaces aimed

to generate optimal comfort conditions, so users perform their activities efficiently. This is the main reason why the climate conditions of buildings have to be properly designed, calculated and controlled as well as the lightning in function of the activities, proper acoustics, and sufficient ventilation, all of these with the lowest consumption of energy. The Official Mexican Standard, NOM-020-ENER-2011-Energy efficiency in buildings, was developed to improve the thermal design of buildings within the residential sector, restraining the gain of heat from the enclosure. This paper shows that the NOM-020 in low-cost housing located in different climate regions of Mexico is an appropriate initiative for mild climates; however, in warm-dry and warm-humid climates, the gains or losses of heat through the enclosure, should be considered.

**Keywords:** Energy efficiency; low-cost housing; warm-dry climate; warm-humid climate; mild climate.

## INTRODUCCIÓN

La limitación de la disponibilidad energética mundial ha obligado en las últimas décadas a reconsiderar las pautas del diseño arquitectónico y tener más en cuenta la optimización del uso de la energía. Pero, por otro lado, también es necesario evitar costos excesivos en la inversión inicial de construcción. Uno de los objetivos al proyectar es que el ambiente interior en arquitectura sea un espacio estable y protegido, que se debe diseñar, calcular y controlar. Condiciones climáticas confortables, la luz necesaria en función de la actividad, el sonido adecuado tanto interior como proveniente del exterior, ventilación suficiente, asoleamiento cuando se requiera, son variables que se pueden lograr mediante mecanismos de regulación y control que pueden ser parte de la arquitectura misma del edificio o bien instalaciones auxiliares. Para cumplir con este objetivo es necesario establecer las opciones generales y particulares arquitectónicas óptimas para crear un hábitat interior confortable, con un mínimo

aporte de energía auxiliar y evitando el dimensionamiento inapropiado. Esto debe estar regulado mediante normatividad.

México tiene una variedad de climas que van desde el templado hasta el cálido seco y el cálido húmedo, de éstos, más de 70% corresponde a climas cálidos y de este 70%, casi 50% es clima seco o muy seco (Figura 1). Aunque predomina el clima cálido, existen regiones del territorio nacional, en particular la zona norte y las regiones montañosas, donde estacionalmente se presentan bajas temperaturas.

La combinación de malos diseños y los climas extremos de algunas regiones del país, hace que los sistemas mecánicos de acondicionamiento de aire cada vez se usen más y sean más, por lo que ha existido un incremento en el consumo de energía eléctrica en las últimas décadas. Por este motivo, y ante las situaciones mundial y local, existen ciertos grupos sociales y dentro de la estructura gubernamental que manifiestan la necesidad de reglamentar la eficiencia energética de las edificaciones.

Los diferentes programas instrumentados por las autoridades gubernamentales en México han sido ejercicios incompletos; la normatividad vigente principalmente se enfoca en remediar los problemas y no en la prevención de ellos. Así como tampoco están dirigidos a resolver de manera global el alto consumo de energía que se utiliza para el acondicionamiento de las edificaciones. Esto se puede observar al analizar las normatividades aprobadas, ya que se enfocan en aspectos muy puntuales y no en el diseño global de los edificios.

De igual manera, se destacan la participación y el interés mostrado por organismos sin fines de lucro e instituciones académicas para resaltar la importancia de mejorar la normatividad relacionada con la eficiencia energética en edificaciones, como lo demuestran las diferentes participaciones organizadas por la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (Conuee) y la Comisión Nacional de Vivienda (Conavi); los diferentes congresos, seminarios y coloquios organizados por las diversas instituciones de



FIGURA 1. Distribución de los climas en México (INEGI).

educación superior de nuestro país; además del apoyo financiero de diferentes organismos descentralizados para el desarrollo de proyectos de investigación y diagnósticos acerca de la situación actual del consumo eléctrico en el sector residencial y de las viviendas en general.

Algunos de los programas instrumentados para lograr el ahorro de consumo de energía eléctrica en el sector residencial, de acuerdo con el Análisis de la evolución del consumo eléctrico del sector residencial entre 1982 y 2014 y los impactos de ahorro de energía por políticas públicas (De Buen *et al.*, 2016), se muestran en el Cuadro 1.

Dentro del numeral cuatro del Cuadro 1, correspondiente a las Normas Oficiales Mexicanas emitidas para lograr un mejor desempeño energético en el sector residencial, las únicas que son relativas a algún criterio de diseño en las edificaciones son la NOM-008-ENER-2001 sobre la Eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificaciones no residenciales y la NOM-020-ENER-2011 dedicada a edificios residenciales. Esta última fue aprobada y publicada en agosto de 2011; sin embargo, su aplicación real aún no se ha puesto en marcha, ya que cada uno de los municipios que conforman los estados de nuestra República Mexicana tiene que poner en marcha una norma técnica complementaria que indique

su efectividad y su obligatoriedad, que debe de seguir un proceso de aprobación por el cabildo de cada municipio de nuestro país, si bien por diferentes razones políticas no se ha llevado a cabo. En 15 años de su publicación, sólo se han certificado unos cuantos edificios y existen pocas unidades verificadoras en México.

Existen otras estrategias para lograr una vivienda sustentable además de las normas oficiales, que surgen a partir de 2012, cuando México se compromete a reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> nacionales para 2050 en 50% respecto al año 2000. Es entonces cuando se inicia el desarrollo de las Acciones de Mitigación Nacionalmente Apropiadas (NAMA, por sus siglas en inglés) y particularmente para el caso del sector residencial, México diseña la primera NAMA de Vivienda. A través de la Comisión Nacional de Vivienda (Conavi), México ha estado instrumentando etapas piloto de estas acciones, si bien aún están en etapa de desarrollo.

El presente documento muestra los resultados obtenidos en la aplicación de la NOM-020-ENER-2011 en viviendas económicas ubicadas en diferentes regiones climáticas de nuestro país, resultado de una de las actividades realizadas por la Red Temática de Arquitectura Bioclimática, en el marco del proyecto de investigación Reglamentación y Normatividad para Arquitec-

**CUADRO 1.** Programas instrumentados para el ahorro de energía

No	Programa	Descripción	Alcance
1	FIPATERM	Aislamiento térmico de viviendas	Desde 1990 se han realizado más de 100 mil acciones, fundamentalmente en Mexicali, BC
2	Ilumex	Cambio de lámparas incandescentes por fluorescentes compactas	Entre 1993 y 1996 se cambiaron más de 2.3 millones de lámparas en Guadalajara y Monterrey.
3	Programa del FIDE	Cambio de lámparas incandescentes por fluorescentes compactas	Entre 1996 y 2006 se cambiaron más de 10 millones de lámparas en las zonas de operación de CFE.
4	Normas Oficiales Mexicanas	Características obligatorias de desempeño energético para equipos eléctricos que se usan en las viviendas	A partir de 1996 han entrado en vigor 10 NOM que aplican a equipos de refrigeración, iluminación, acondicionamiento de aire, bombeo de agua, lavado de ropa y energía en espera.
5	Tarifa Doméstica de Alto Consumo	Tarifa sin subsidio a usuarios del sector residencial	A partir de 2002 entró en vigor y se aplica a más de medio millón de usuarios domésticos en todo el país.
6	Hipoteca Verde	Financiamiento para medidas de ahorro de energía en vivienda nueva	Desde 2008 ha venido aplicándose con medidas como lámparas fluorescentes compactas y aislamiento térmico de envolvente.
7	Luz Sustentable	Cambio de lámparas incandescentes por fluorescentes compactas	Entre 2011 y 2012 se regalaron en todo el país cerca de 46 millones de lámparas fluorescentes compactas.
8	Programa de Sustitución de Equipos Electrodomésticos	Cambio de refrigeradores y equipos de acondicionamiento de aire	Entre 2009 y 2012 se cambiaron en todo el país cerca de 1.9 millones de equipos, principalmente refrigeradores.

Fuente: Odón de Buen *et al.*, 2016.

tura Bioclimática, respaldado por la Secretaría de Educación Pública y el Programa de Mejoramiento del Profesorado para la formación de redes temáticas.

## METODOLOGÍA DE LA NOM-020-ENER-2011

La presente norma fue elaborada por el Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Preservación y Uso Racional de los Recursos Energéticos (CCNNPURRE) en conjunto con organismos, instituciones y empresas relacionados con la edificación en nuestro país. Se describe a continuación la metodología en la que se basa para la evaluación de las edificaciones.

El objetivo de esta reglamentación es: "Esta norma oficial mexicana limita la ganancia de calor de los edificios para uso habitacional a través

de su envolvente, con objeto de racionalizar el uso de la energía en los sistemas de enfriamiento".

En su campo de acción: "Esta Norma Oficial Mexicana aplica a todos los edificios nuevos para uso habitacional y las ampliaciones de los edificios para uso habitacional existentes. Si el uso de un edificio dentro del campo de aplicación de esta Norma Oficial Mexicana, constituye el 90 por ciento o más del área construida, esta Norma Oficial Mexicana aplica a la totalidad del edificio".

En su metodología de análisis, tal como se explica en el documento de la norma, se utiliza un edificio de referencia que tiene las mismas características de volumen y superficie de la envolvente, para determinar si la ganancia de energía térmica por medio de la envolvente es la correcta.

Para cumplir con esta condición. La ganancia de calor ( $\dot{Q}_p$ ) por medio de la envolvente del edificio para uso habitacional proyectado debe ser

menor o igual a la ganancia de calor a través de la envolvente del edificio para uso habitacional de referencia ( $\bar{\Omega}r$ ), es decir:

$$\bar{\Omega}p \leq \bar{\Omega}r$$

El procedimiento de cálculo de las ganancias de calor por medio de la envolvente del edificio para uso habitacional proyectado y de referencia, es la suma de la ganancia de calor por conducción, más la ganancia de calor por radiación solar.

$$\bar{\Omega}p,r = \bar{\Omega}pc + \bar{\Omega}s$$

Donde  $\bar{\Omega}pc$  es la ganancia de calor por conducción a través de las partes opacas y no opacas de la envolvente, que es un cálculo de calor en estado estable, y  $\bar{\Omega}s$  es la ganancia de calor por radiación solar a través de las partes no opacas.

La ganancia de calor por conducción es la suma de la ganancia por conducción a través de cada una de las componentes, de acuerdo con su orientación, su techo y su superficie inferior; en este cálculo intervienen los cálculos del coeficiente global de transferencia de calor, determinado por la conductividad y el espesor del sistema constructivo, asimismo, interviene el área o la porción de la orientación de cada elemento que conforma la envolvente estudiada, la temperatura

equivalente promedio y la temperatura interior de referencia para la localidad de nuestro interés.

La ganancia de calor por radiación solar es la suma de la ganancia por radiación solar a través de cada una de las partes no opacas. En su cálculo intervienen el área de las partes no opacas de la envolvente, el coeficiente de sombreado del vidrio empleado en edificio habitacional, así como la ganancia de calor solar por orientación.

Las partes que conforman la envolvente de un edificio para uso habitacional se definen como se muestra en el Cuadro 2.

Y las que conforman el edificio de referencia muestran las siguientes características:

## DESCRIPCIÓN DE LOS CASOS ESTUDIADOS

Para los casos evaluados se consideran viviendas económicas, realizadas en serie en cada una de las regiones. Las viviendas se seleccionaron a partir de un análisis estadístico resultado del proyecto Reglamentación y Normatividad para Arquitectura Bioclimática. Se evaluó la aplicación de la NOM-020 a tres diferentes viviendas económicas ubicadas en un clima cálido-seco (Hermosillo, Sonora), un clima cálido-húmedo (Colima, Colima) y un clima templado (Zona Metropolitana de la Ciudad de México).

**CUADRO 2.** Elementos que conforman la envolvente de un edificio habitacional

Nombre de la componente y ángulo de la normal a la superficie exterior con respecto a la vertical		Partes
Techo	Desde 0° y hasta 45°	Opaco No opaco (domo y tragaluz)
Pared	Mayor a 45° y hasta 135°	Opaca (muro) No opaca (vidrio, acrílico)
Superficie inferior	Mayor a 135° y hasta 180°	Opaca No opaca (vidrio, acrílico)
Piso	Generalmente 180°; también se deben considerar los pisos inclinados	Opaco No opaco (vidrio, acrílico)

Fuente: NOM-020-ENER 2011.

**TABLA 1.** Características de los elementos que conforman el edificio de referencia

Techo			
Parte	Porcentaje del área total %	Coeficiente Global de Transferencia de Calor K (W/m <sup>2</sup> K)	
Opaca	100	Tabla 1	
Transparente	0	-----	
Pared			
Parte	Porcentaje del área total %	Coeficiente Global de Transferencia de Calor K (W/m <sup>2</sup> K)	Coeficiente de Sombreado CS
Fachada opaca	90	Tabla 1	-----
Fachada Transparente	10	5,319	1
Colindancia opaca	100	Tabla 1	-----

Fuente: NOM-020-ENER 2011.

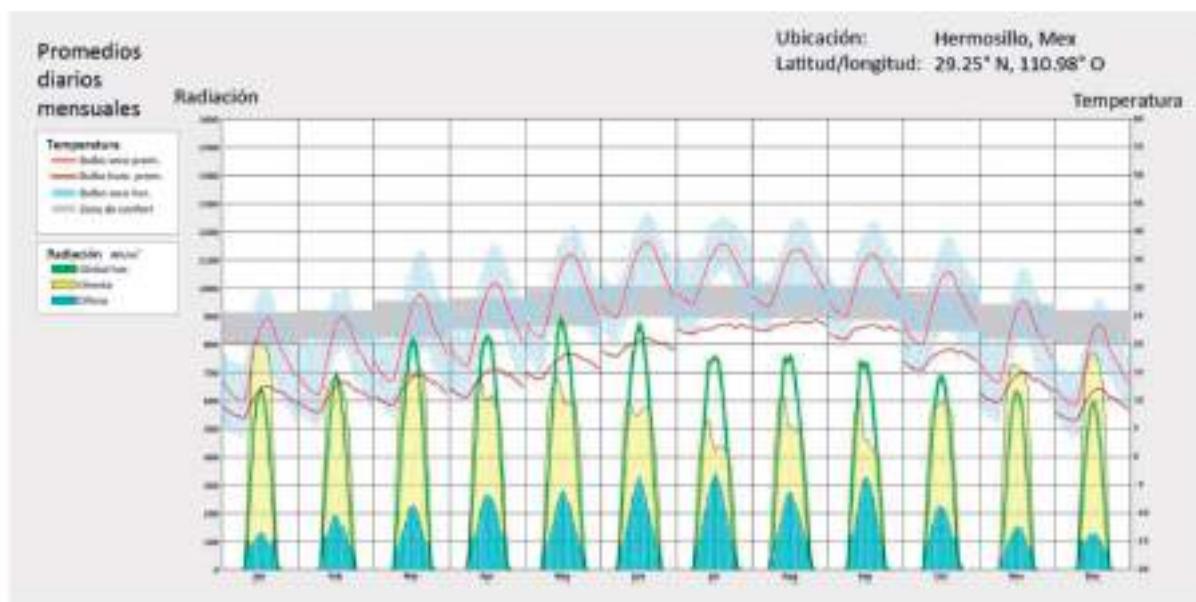
**CASO CLIMA CÁLIDO-SECO**

El primer caso estudiado se ubica en la ciudad de Hermosillo, Sonora, con 29.25° de Latitud Norte y 110.98° de Longitud Oeste, al noroeste de la República Mexicana, con una altura de 216 msnm.

Hermosillo es de clima cálido-seco que puede alcanzar una temperatura máxima superior a los 45 °C durante los meses de mayo, junio, julio, agosto y septiembre, mientras que en la tempo-

rada invernal puede llegar a tener temperaturas de hasta 5 °C; tiene una precipitación anual de 320 mm. Se caracteriza por presentar cielo despejado la mayor parte del año y con alta radiación solar.

La vivienda evaluada mediante la NOM-020 para la ciudad de Hermosillo es económica, de 50.23 m<sup>2</sup>, ubicada en un fraccionamiento denominado

**FIGURA 2.** Gráfica de promedios diarios mensuales de variables climáticas de la ciudad de Hermosillo, Sonora (Fuente: Climate consultant).

nado Villa Bonita. La Figura 3 muestra el croquis de su ubicación.

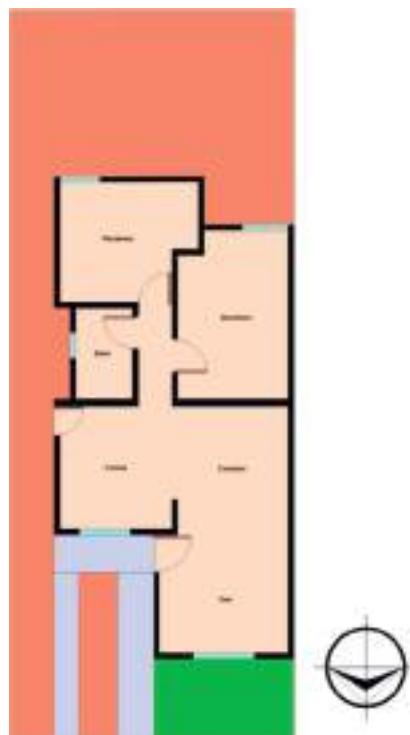
Se trata de una vivienda que cuenta con sala-comedor, cocina, dos recámaras y un baño, en su sistema constructivo no tiene aislamiento, el techo está hecho a base de vigueta y bovedilla e

impermeabilizante elastomérico. Los muros son de block de concreto de 12 cm, con texturizado en ambas caras. No cuenta con protecciones solares en las ventanas.

En las tablas 2 y 3 se muestran los valores del coeficiente global de transferencia de calor ( $U$ ) y



**FIGURA 3.** Croquis de ubicación de la vivienda evaluada (Fuente: Google maps).



**FIGURA 4.** Planta arquitectónica de la vivienda evaluada.



**FIGURA 5.** Vistas de las fachadas de la vivienda evaluada (Fuente: Archivo propio).

resistencia térmica ( $R$ ), así como la temperatura equivalente promedio ( $te$ ), utilizados para realizar el cálculo de ganancias de calor a través de la envolvente, tomando los valores de la NOM-020 para el edificio proyectado de acuerdo con los cuadros que recomiendan y con la localización correspondiente.

#### CASO CLIMA CÁLIDO-HÚMEDO

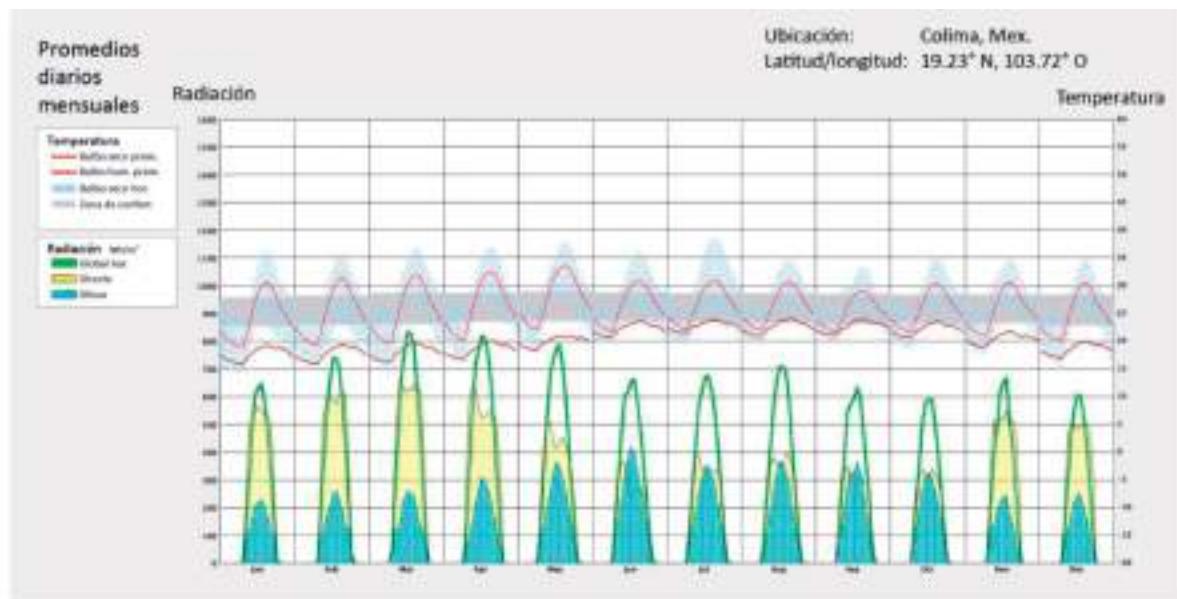
El segundo caso de estudio se ubica en la ciudad de Colima, Colima, con  $19.23^{\circ}$  de Latitud Norte y  $103.72^{\circ}$  de Longitud Oeste, al noroeste de la República Mexicana, con una altura de 430 msnm. Colima es de clima cálido-húmedo que puede alcanzar una temperatura máxima superior a los  $35^{\circ}\text{C}$  durante los meses de abril, mayo y junio. La humedad relativa durante la mayor parte del año es superior a 50% y tiene una precipitación anual de 983 msnm. En este tipo de climas se cuenta con abundante vegetación.

**TABLA 2.** Propiedades térmicas de los sistemas constructivos de la vivienda evaluada

<b>Material</b>	<b>Espesor</b> (m)	<b>Conduct.</b> Térmica (W/mK)	<b>Resisten.</b> Térmica ( $\text{m}^2\text{K/W}$ )	
				<b>R =</b> <b>U =</b>
Convección Exterior			0.044	
Texturizado	0.0300	0.280	0.107	
Block de Concreto	0.1200	1.630	0.074	
Texturizado	0.0300	0.280	0.107	
Convección Interior			0.120	
			<b>R = 0.452 m<sup>2</sup>K/W</b>	
			<b>U = 2.213 W/m<sup>2</sup>K</b>	
Yeso	0.0100	0.280	0.036	
Poliestireno	0.1100	0.0300	3.667	
Concreto	0.0500	1.8000	0.028	
			<b>R = 3.960 m<sup>2</sup>K/W</b>	
			<b>U = 0.253 W/m<sup>2</sup>K</b>	

**TABLA 3.** Valores para el cálculo de la ganancia de calor a través de la envolvente de la vivienda evaluada

Temperatura equivalente promedio "te" (°C)					
a) Techo:		48		b) Superficie inferior:	
c) Muros:		33		d) Partes transparentes:	
		Masivo	Ligero	Tragaluz y domo	28
Norte	34	39		Norte	29
Este	38	43		Este	30
Sur	35	41		Sur	31
Oeste	36	43		Oeste	31
Coeficiente de transferencia de calor "K" del edificio de referencia (W/m <sup>2</sup> K)					
Techo:	0.476	Muros:	0.476	" Hasta 3 niveles	
Colindancia opaca*	0.476	Muros**:	0.526	" Más de 3 niveles	
Colindancia opaca**	0.526	Ventana:	5.319		
Factor de Ganancia de calor solar "FG" (W/m <sup>2</sup> )					
Tragaluz y domo:	322				
Norte:	70				
Este:	159				
Sur:	131				
Oeste:	164				



**FIGURA 6.** Gráfica de promedios diarios mensuales de variables climáticas de la ciudad de Colima, Colima (Fuente: Climate Consultant).

La vivienda evaluada mediante la NOM-020, es económica, de 63.45 m<sup>2</sup>, ubicada en un fraccionamiento denominado Las Colinas. La Figura 8

muestra el croquis de ubicación de la vivienda y la Figura 9, su distribución espacial y su fachada.



**FIGURA 7.** Croquis de ubicación de la vivienda evaluada.



**FIGURA 8.** Croquis de planta arquitectónica y fachada de la vivienda evaluada.

La vivienda tiene sala-comedor, cocina, dos recámaras y baño completo, su sistema constructivo es a base de muros de tabique típico de la región y el techo de vigueta y bovedilla. Las

tablas 4 y 5 presentan las propiedades térmicas y valores de temperatura equivalente que se utilizaron para realizar los cálculos de aplicación de la NOM-020.

**TABLA 4.** Propiedades térmicas de los sistemas constructivos de la vivienda evaluada

<b>Material</b>	<b>Espesor (m)</b>	<b>Conduct.</b>	<b>Resisten.</b>
		<b>Térmica (W/mK)</b>	<b>Térmica (m<sup>2</sup>K/W)</b>
Convección Exterior			0.044
Enjarre de Cemento	0.0300	0.721	0.042
Ladrillo	0.1800	0.721	0.250
Convección Interior			0.120
		<b>R =</b>	<b>0.455 m<sup>2</sup>K/W</b>
		<b>U =</b>	<b>2.196 W/m<sup>2</sup>K</b>
Yeso	0.0100	0.280	0.036
Poliestireno	0.1100	0.0300	3.667
Concreto	0.0500	1.8000	0.028
		<b>R =</b>	<b>3.960 m<sup>2</sup>K/W</b>
		<b>U =</b>	<b>0.253 W/m<sup>2</sup>K</b>

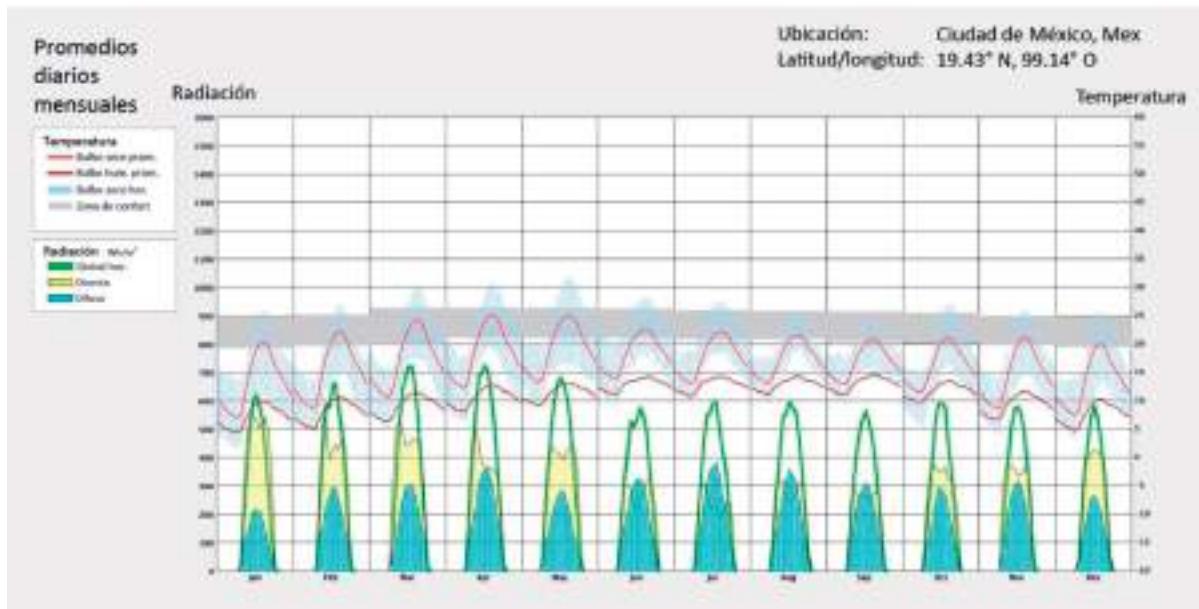
**TABLA 5.** Valores para el cálculo de la ganancia de calor a través de la envolvente de la vivienda evaluada

<b>Temperatura equivalente promedio "te" (°C)</b>			
a) Techo:	42	b) Superficie inferior:	29
c) Muros:		d) Partes transparentes:	
	Masivo      Ligero	Tragaluz y domo	24
Norte	28      34	Norte	26
Este	32      38	Este	27
Sur	30      36	Sur	27
Oeste	30      37	Oeste	27
<b>Coefficiente de transferencia de calor "K" del edificio de referencia (W/m<sup>2</sup>K)</b>			
Techo:	0.556	Muros*:	0.556
Colindancia opaca*	0.556	Muros**:	0.909
Colindancia opaca**	0.809	Ventana:	5.319
<b>Factor de Ganancia de calor solar "FG" (W/m<sup>2</sup>)</b>			
Tragaluz y domo:	274		* Hasta 3 niveles
Norte:	91		** Más de 3 niveles
Este:	137		
Sur:	118		
Oeste:	145		

#### CASO CLIMA TEMPLADO

El clima en la zona norte metropolitana de la Ciudad de México es templado. Presenta temperaturas promedio mensuales de 23 °C en los meses de marzo, abril y mayo, aunque también

se registran temperaturas superiores a los 30 °C. En la temporada de invierno se registran temperaturas mínimas por debajo de los 5 °C y, en casos excepcionales, se han tenido temperaturas menores a 0 °C.



**FIGURA 9.** Gráfica de promedios diarios mensuales de variables climáticas de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (Fuente: Climate Consultant).



**FIGURA 10.** Croquis arquitectónicos de las plantas baja y alta de la vivienda evaluada.

La vivienda evaluada cuenta con una superficie de 68 m<sup>2</sup> de construcción dividida en dos plantas, la distribución espacial se muestra en la Figura 10, donde se aprecia que cuenta con sala-comedor, cocina, dos recámaras y un baño

completo. El sistema constructivo es a base murros de block de concreto con acabado aparente y losas de vigueta y bovedilla. La vivienda evaluada se encuentra en una hilera de viviendas y tiene colindancias en ambos lados.



**FIGURA 11.** Croquis de la fachada principal de la vivienda evaluada.

**TABLA 6.** Propiedades térmicas de los sistemas constructivos de la vivienda evaluada

<b>Material</b>	<b>Espesor (m)</b>	<b>Conduct.</b>		<b>Resisten.</b>
		<b>Térmica (W/mK)</b>	<b>Térmica (m<sup>2</sup>K/W)</b>	
Convección Exterior				0.044
Block de Concreto	0.1200	1.630	0.074	
Enjarre de Cemento	0.0300	0.7207	0.042	
Convección Interior				0.120
		<b>R =</b>	<b>0.279 m<sup>2</sup>K/W</b>	
		<b>U =</b>	<b>3.581 W/m<sup>2</sup>K</b>	
Yeso	0.0100	0.280	0.036	
Poliestireno	0.1800	0.0370	4.865	
Concreto	0.0500	1.8000	0.028	
		<b>R =</b>	<b>5.132 m<sup>2</sup>K/W</b>	
		<b>U =</b>	<b>0.195 W/m<sup>2</sup>K</b>	

Las tablas 6 y 7 presentan las propiedades térmicas y los valores de temperatura equivalente que se utilizaron para realizar los cálculos de aplicación de la NOM-020.

**TABLA 7.** Valores para el cálculo de la ganancia de calor a través de la envolvente de la vivienda evaluada

<b>Temperatura equivalente promedio "te" (°C)</b>					
a) Techo:		33		b) Superficie inferior:	
c) Muros:				d) Partes transparentes:	
		Masivo	Ligero		
Norte		20	26	Tragaluz y domo	19
Este		22	29	Norte	21
Sur		22	28	Este	21
Oeste		21	28	Sur	21
				Oeste	21
<b>Coefficiente de transferencia de calor "K" del edificio de referencia (W/m<sup>2</sup>K)</b>					
Techo:		0.909		Muros*:	0.909
Colindancia opaca*		0.909		Muros**:	0.909
Colindancia opaca**		0.909		Ventana:	5.319
<b>Factor de Ganancia de calor solar "FG" (W/m<sup>2</sup>)</b>					
Tragaluz y domo:		272			
Norte:		102			
Este:		140			
Sur:		114			
Oeste:		134			

## RESULTADOS

Los resultados del presupuesto energético obtenidos mediante la aplicación de la NOM-020 se

muestran en las tablas 8, 9 y 10 para las ciudades de Hermosillo, Colima y la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, respectivamente.

**TABLA 8.** Presupuesto energético de la vivienda en Hermosillo

<b>Presupuesto Energético</b>			
	qc (W)	qr (W)	q (W)
<b>Proyectado</b>			
Opaco		2396	2396
Transparente		143	393
<b>Total Proyectado</b>	<b>2539</b>	<b>393</b>	<b>2932</b>
<b>Referencia</b>			
Opaco		1123	1123
Transparente		91	362
<b>Total Referencia</b>	<b>1214</b>	<b>362</b>	<b>1576</b>
<b>Cumplimiento:</b>		No	46.23% Excedido

Como se observa, las viviendas ubicadas en los climas cálidos y con los sistemas constructivos utilizados, no cumplen con los requerimientos especificados en la norma, excediéndose en 46.23% en la ciudad de Hermosillo y 30.45% en la ciudad de Colima, mientras que la ubicada en el clima templado de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México presenta un ahorro de 100.26 por ciento.

Al hacer un análisis de los valores obtenidos en el cálculo, se puede observar que para el caso del clima templado no se tienen ganancias a través de la envolvente, sino pérdidas, debido a que la temperatura interior recomendada para el cálculo por la NOM-020 es menor que las temperaturas promedio equivalentes para los muros de la envolvente, mientras que para los climas cálido-seco y cálido-húmedo sí existen ganancias de calor a través de la envolvente, además de que el coeficiente de transferencia de calor permitido por la norma para climas templados es mayor que para los climas cálidos. Al hacer la comparación entre el edificio proyectado y el edificio de referencia, se tiene que en los climas templados se puede tener una ganancia mayor por la envolvente del edificio proyectado.

## CONCLUSIONES

La publicación en 2011 de la NOM-020 expone que existe cierto interés por tratar de comenzar a legislar con relación a la eficiencia energética de las edificaciones en nuestro país; sin embargo, su casi nula aplicación en los municipios, plantea un escenario poco participativo de parte de los involucrados en el diseño y la construcción de viviendas. Es necesario reflexionar acerca de la instrumentación de la obligatoriedad de la aplicación de la norma en todo el país.

Los resultados obtenidos en el presente estudio demuestran que la norma sólo está prevista para climas no extremos, ya que no plantea qué sucede cuando se tienen pérdidas a través de la envolvente. Es importante, asimismo, analizar el consumo de energía por calentamiento, ya que puede llegar a ser significativo en una edificación mal diseñada.

Se demuestra además que las viviendas diseñadas con sistemas constructivos actuales y que son construidas de manera masiva en nuestro país, no cumplen con la NOM-020, ya que las condiciones climáticas de cada región influyen de forma significativa en el comportamiento térmico de la envolvente y, por lo tanto, no debería

**TABLA 9.** Presupuesto energético de la vivienda en Colima

Presupuesto Energético			
	qc (W)	qr (W)	q (W)
<b>Proyectado</b>			
Opaco	1655		1655
Transparente	32	295	327
<b>Total Proyectado</b>	<b>1687</b>	<b>295</b>	<b>1982</b>
<b>Referencia</b>			
Opaco	932		932
Transparente	32	415	447
<b>Total Referencia</b>	<b>964</b>	<b>415</b>	<b>1379</b>
<b>Cumplimiento:</b>		No	30.45% Excedido

**TABLA 10.** Presupuesto energético de la vivienda en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México

Presupuesto Energético		qc (W)	qr (W)	q (W)
<b>Proyectado</b>				
Opaco		-451		-451
Transparente		-89	539	450
<b>Total Proyectado</b>		<b>-541</b>	<b>539</b>	<b>-2</b>
<b>Referencia</b>				
Opaco		470		470
Transparente		-25	259	234
<b>Total Referencia</b>		<b>444</b>	<b>259</b>	<b>704</b>
<b>Cumplimiento:</b>		<b>Si</b>	<b>100.26% Ahorro</b>	

utilizarse el mismo sistema constructivo en los climas templados que en los climas cálidos.

Acorde con la revisión realizada con respecto a las normatividades existentes en México para lograr un ahorro de consumo en la energía eléctrica en el sector residencial, se concluye que si bien se han realizado esfuerzos para lograrlo, todo se ha abocado a disminuir el consumo eléctrico en equipos y aparatos eléctricos utilizados en los espacios habitables y muy poco se ha resuelto en lo tocante a regular de manera integral el diseño y la construcción de las edificaciones.

Es indispensable seguir estudiando para proponer mejores estrategias para la evaluación e instrumentación de una legislación en pro de la eficiencia energética en las edificaciones de nuestro país.

## REFERENCIAS

- UCLA (2008). Climate Consultant v. 5.2, Energy design tool, Programa computacional, California, E. U.
- NOM-020-ENER-2011 (2011). “Eficiencia energética en edificaciones-Envolvente de edificios para uso habitacional”, *Diario Oficial de la Federación*, Gobierno Federal, México.
- De Buen, Hernández, Navarrete (2016). “Análisis de la evolución del consumo eléctrico del sector residencial entre 1982 y 2014 e impactos de ahorro de energía por políticas públicas”, *Cuadernos de la Conuee*, Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía, México.
- Conavi (2016). “NAMA Mexicana de Vivienda Sustentable”, Comisión Nacional de Vivienda, México.
- Ochoa, Marincic, Alpuche, Moreno (2008). “Normatividad y ahorro de energía en Sonora”. *Memorias del Congreso Nacional de la Asociación Nacional de Energía Solar*, XXXII Semana Nacional de Energía Solar, ANES 2008, Mérida, pp.411-416.