

IMPACTOS ECONÓMICOS Y AMBIENTALES DEL CUMPLIMIENTO DE LA NOM-020-ENER: PERSPECTIVAS DEL USUARIO Y DE LA NACIÓN.

Versión 2.1

Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía

Mayo de 2017

Resumen

La NOM-020-ENER es una norma que aplica a la envolvente de las edificaciones que incluye, de manera integral, techo, muros, ventanas y puertas. Esta norma entró en vigor en 2011, pero se han presentado objeciones para su funcionamiento cabal, particularmente por el costo de cumplimiento para vivienda de interés social.

En este estudio se presentan estimaciones de costos y beneficios del cumplimiento de la NOM-020-ENER para los dueños de las viviendas y para el erario público, y de los impactos por emisiones evitadas de gases de efecto invernadero.

El análisis utiliza el método de cálculo definido en la lleva a cabo NOM-020-ENER para tres tamaños de edificio de vivienda de un solo piso: 39, 49 y 100 m².

Igualmente, se considera que los edificios sin aplicación de la NOM-020-ENER tienen dos características:

- Los muros y el techo son de concreto
- Las ventanas ocupan el 20% del área de muros.

Para el análisis se consideran cinco tipologías de envolvente que parten de un edificio de concreto sin medidas hasta el que integra el equivalente a aislamiento de 2" de poliestireno expandido (EPS) en techo, el equivalente a aislamiento a 1" de poliestireno expandido en muros, ventanas con vidrios con Factor de Sombreado (FS) de 0.6, y Factor de Corrección de Sombreado Exterior (Se) para los cuatro orientaciones de 0.9.

Como principales resultados se anotan los siguientes:

- Las viviendas proyectadas (sin ninguna medida) tienen ganancias térmicas que triplican lo permitido por la NOM-020-ENER.
- Cumplir con la NOM-020-ENER implica la aplicación de cuando menos las tres primeras medidas consideradas.
- Cumplir con la NOM-020-ENER considerando a la losa de concreto como línea base implica la aplicación de cuando menos las tres primeras medidas consideradas, lo que representa costos adicionales que van de poco más de 13 mil a cerca de 27 mil pesos para viviendas de 39 a 100 m² (Tabla 1). En el supuesto de que el costo adicional fuera cubierto al 100% por la hacienda pública, la inversión por vivienda se recuperaría entre 5 y 8 años.

Tabla 1. Costos y beneficios del cumplimiento de la NOM-020 con vivienda de losa de concreto como línea base

Tamaño de vivienda	Costo adicional (Pesos)	Ahorro (Miles de pesos)			
		Usuario		Hacienda pública	
		Anual	Vida útil	Anual	Vida útil
39m ²	13,117	945 a 1,512	28,350 a 45,360	1,890 a 3,024	56,700 a 90,720
49m ²	15,447	945 a 1,512	28,350 a 45,360	1,890 a 3,024	56,700 a 90,720
100 m ²	25,660	1,890 a 3,024	56,700 a 90,720	3,780 a 6,048	113,400 a 181,440

- Sin embargo, en el supuesto de que el costo adicional fuera cubierto al 100% por la hacienda pública, se sugiere que solo se cubra el costo adicional sin incluir al techo, ya que la práctica de vigueta y bovedilla con aislamiento está lo suficientemente generalizada en las zonas con clima cálido como para considerarlo como línea base de la vivienda actual. Considerando solamente el costo a la hacienda pública, la inversión se recuperaría en un periodo de 3 a 5 años (Tabla 2).

Tabla 2. Costos y beneficios del cumplimiento de la NOM-020 con vivienda de losa de concreto vigueta y bovedilla con aislamiento térmico como línea base

Tamaño de vivienda	Costo adicional (Pesos)	Ahorro (Miles de pesos)			
		Usuario		Hacienda pública	
		Anual	Vida útil	Anual	Vida útil
39m ²	8,850	945 a 1,512	28,350 a 45,360	1,890 a 3,024	56,700 a 90,720
49m ²	9,912	945 a 1,512	28,350 a 45,360	1,890 a 3,024	56,700 a 90,720
100 m ²	14,160	1,890 a 3,024	56,700 a 90,720	3,780 a 6,048	113,400 a 181,440

- Se estima que se construyen 132 mil viviendas nuevas en regiones de clima cálido (tarifas 1-C a 1-F) al año.
- En caso de no cumplirse con la NOM-020-ENER, se tendrá una insuficiencia tarifaria de 383 millones pesos por año a lo largo de la vida útil de las viviendas construidas en un año. Asimismo, esas 132 mil viviendas emitirán 77 mil toneladas de emisiones CO_{2eq} adicionales por año por no cumplir con la NOM-020-ENER.
- A su vez, no cumplir con la NOM-020-ENER en 133 mil viviendas por año por veinte años resultará en una emisión de gases de efecto invernadero de más de 37 millones de toneladas de CO_{2eq} en esos veinte años.

I. ANTECEDENTES

a. La relevancia actual y futura del consumo de electricidad para confort térmico en regiones de clima cálido

De acuerdo con la Conuee, el uso de electricidad para confort térmico en zonas de clima cálido representa más del 30% de todo el consumo eléctrico del sector residencial. En promedio, un usuario en región de clima cálido consume el doble de electricidad que uno en clima templado y llega a ser cinco veces mayor para usuarios en tarifa 1-f. Asimismo, el Gobierno Federal aporta más de 40 mil de millones de pesos anuales para pagar el costo no cubierto por los usuarios domésticos del servicio eléctrico para confort térmico en zonas de clima cálido.¹

Según estiman algunos estudios, el uso de electricidad para el confort térmico seguirá creciendo dado que es una necesidad insatisfecha que crece a medida de que zonas de clima cálido se urbanizan.² Tan solo en los últimos cuatro años la demanda eléctrica por confort térmico ha crecido más de 50% en zonas bajo tarifas 1B y 1C.³ Inclusive, este crecimiento puede estar rebasando el de la infraestructura eléctrica en el Sureste de México, donde ya se han presentado apagones.⁴

Asimismo, de acuerdo con información del INEGI, menos del 5% de las viviendas incorporan aislamiento térmico a su envolvente,⁵ mientras que cerca del 15% de las viviendas cuenta con equipos de aire acondicionado.⁶

b. Las acciones de la Conuee

Para atender esta problemática, desde hace más de 20 años la Conuee ha puesto en vigor un conjunto de Normas Oficiales Mexicanas aplicables a materiales, equipos y sistemas relacionados con el confort térmico y que incluyen materiales aislantes, ventanas, equipos de aire acondicionado (de ventana, tipo Split y tipo Inverter) y la NOM-020-ENER que aplica a la envolvente de las edificaciones (y que incluye, de manera integral, techo, muros, ventanas y puertas).

¹ Conuee, 2016. Análisis de la evolución del consumo eléctrico del sector residencial entre 1982 y 2014 e impactos de ahorro de energía por políticas públicas
<http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/98316/CuadernosConueeNo1.pdf>

² UNEP-SBCI, 2009. Greenhouse Gas Emission Baselines and Reduction Potentials from Buildings in Mexico .
<http://staging.unep.org/sbci/pdfs/SBCI-Mexicoreport.pdf>

³ Conuee, 2017. Análisis de los consumos unitarios y estacionales por usuarios en tarifas residenciales entre 2012 y 2016 para identificar evolución de la demanda por aire acondicionado
http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/193005/cuadernilloNo5_1.pdf

⁴ Reportan 'mega apagón' en la Península de Yucatán.
<http://www.excelsior.com.mx/nacional/2017/05/23/1165182>

⁵ Conuee, 2016. Notas sobre resultados relativos a eficiencia energética del Módulo Hogares y Medio Ambiente de la Encuesta Nacional de los Hogares de INEGI, 2015
http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/191497/cuadernilloNo4_5_1_2.pdf

⁶ INEGI, Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares 2015

En equipos, los impactos de las NOM de la Conuee se reflejan en la evolución de la demanda de electricidad por usuario y del consumo total de gas en el sector residencial. Se estima que los usuarios y la hacienda pública se han ahorrado más de 600 mil millones de pesos en poco más de 20 años.^{7,8}

Sin embargo, no ha ocurrido lo mismo con la NOM-020-ENER, cuyo cumplimiento cabal se ha detenido para atender a las objeciones de los desarrolladores de vivienda representados por la Cámara Nacional de la Industria de Desarrollo y Promoción de Vivienda (Canadevi), particularmente por implicar el cumplimiento de la NOM-020-ENER un costo adicional en un mercado de vivienda de interés social con márgenes muy reducidos de costos, limitando la oferta de vivienda para la población de menores ingresos.

Para atender las preocupaciones de los desarrolladores de vivienda y encontrar una fórmula que cubriera los costos de cumplimiento de la NOM-020-ENER para vivienda de interés social, la Conuee ha trabajado por más de dos años con representantes de la Canadevi, la Conavi y el Infonavit. En este proceso se llevaron a cabo dos extensos estudios; en el primero se establecieron los costos adicionales por cumplimiento de la NOM-020-ENER para los diseños de las viviendas de miembros de la Canadevi en 14 estados, 43 ciudades y para viviendas tipo aislada, adosada y vertical, identificándose costos de \$15,000 para arriba por vivienda.

A partir del segundo estudio se definieron ajustes para atender y aminorar el costo de cumplimiento de la NOM-020-ENER, y como resultado a finales de 2016 se publicó la Resolución de la Conuee para hacerla menos exigente y limitar su alcance a zonas de clima cálido (de las Tarifas 1-C a 1-F).⁹

Es relevante anotar que las reglas de operación de los subsidios a la vivienda de interés social no incluyen la obligación de cumplir con las NOM de la Conuee es opcional y la aplicación de elementos de envolvente que reducen las cargas térmicas. Asimismo, las modificaciones a los montos por Hipoteca Verde no permiten el integrar tecnología que aminore las cargas térmicas a su vivienda de familias con ingresos por debajo de 1.6 salarios mínimos en regiones de clima cálido extremo.

⁷ Conuee, 2016. Análisis de la evolución del consumo eléctrico del sector residencial entre 1982 y 2014 e impactos de ahorro de energía por políticas públicas

<http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/98316/CuadernosConueeNo1.pdf>

⁸ Conuee, 2016. La NOM de eficiencia energética para calentadores de agua a gas y sus impactos energéticos, económicos y ambientales.

<http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/98317/CuadernosConueeNo2.pdf>

⁹ DOF, 2016. RESOLUCIÓN por la que se modifican los valores de coeficiente global de transferencia de calor (K) de la Tabla 1, se agregan definiciones y se acota la verificación de la Norma Oficial Mexicana NOM-020-ENER-2011, Eficiencia energética en edificaciones.- Envolvente de edificios para uso habitacional, publicada el 9 de agosto de 2011. http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/187244/Resoluci_n_NOM-020-ENER-2011.pdf

II. LOS COSTOS Y BENEFICIOS DEL CUMPLIMIENTO DE LA NOM-020-ENER

a. Consideraciones

En el presente análisis se calcula, para 18 localidades en igual número de estados con clima cálido, la ganancia de calor a través de la envolvente del edificio en términos de lo definido en la NOM-020-ENER (7. Método de cálculo (Presupuesto energético))¹⁰ y utilizando los valores de coeficiente global de transferencia de calor (K) establecidos en la modificación hecha en 2016.¹¹

El análisis se lleva a cabo considerando tres tamaños de edificio de vivienda: 39, 49 y 100 m².

Asimismo, el análisis se lleva a cabo solo para vivienda aislada (que es un edificio con una sola vivienda sin colindancia con otro edificio) de un solo piso; esto, en función de que es la de mayor ganancia térmica para un tamaño de edificio en relación a los adosados y/o verticales.

Igualmente, se considera que los edificios sin aplicación de la NOM-020-ENER tienen dos características:

- Los muros y el techo son de concreto
- Las ventanas ocupan el 20% del área de muros.

Finalmente, se consideran cinco tipologías de envolvente (Tabla 2):

- Techo de losa de concreto sin aislamiento térmico en techo ni muros
- Techo de losa de concreto en techo con el equivalente a 2" de poliestireno expandido (EPS)
- Techo de losa de concreto con el equivalente a 2" de poliestireno expandido (EPS), más el equivalente a 1" de poliestireno expandido (EPS) en muros
- Techo de losa de concreto con el equivalente a 2" de poliestireno expandido (EPS), más el equivalente a 1" de poliestireno expandido (EPS) en muros más vidrios sombreados (FS=0.6).
- Techo de losa de concreto con el equivalente a 2" de poliestireno expandido (EPS), más el equivalente a 1" de poliestireno expandido (EPS) en muros, más vidrios sombreados con Factor de Sombreado (FS) de 0.6, más Factor de Corrección de Sombreado Exterior (Se) para los cuatro orientaciones de 0.9.

¹⁰ NORMA Oficial Mexicana NOM-020-ENER-2011, Eficiencia energética en edificaciones.- Envolvente de edificios para uso habitacional. http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5203931&fecha=09/08/2011

¹¹ RESOLUCIÓN por la que se modifican los valores de coeficiente global de transferencia de calor (K) de la Tabla 1, se agregan definiciones y se acota la verificación de la Norma Oficial Mexicana NOM-020-ENER-2011, Eficiencia energética en edificaciones.-Envolvente de edificios para uso habitacional, publicada el 9 de agosto de 2011, http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5455514&fecha=04/10/2016

Tabla 3. Valores de k, % de área en muros, Factor de Sombreado (FS) y Factor de Corrección de Sombreado Exterior (Se) para cinco tipologías de edificaciones

Elementos	Tipología					
	NOM-020-ENER	Sin medidas	C/aislamiento en techo	C/aislamiento en techo y muros	C/aislamiento en techo y muros + vidrio con bajo FS	C/aislamiento en techo y muros + vidrio con bajo FS + Se=0.9
Techo	<i>Ver Anexo I</i>	3.39	0.57	0.57	0.57	0.57
Muros		3.21	3.21	0.96	0.96	0.96
FS	1.0	1.0	1.0	1.0	0.6	0.6
Se	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9
% ventana	10	20	20	20	20	20

b. El nivel de cumplimiento con la NOM-020-ENER

En el ANEXO II se muestran tablas con los resultados de ganancias térmicas e índices de cumplimiento con la NOM-020-ENER para edificaciones en las 18 localidades consideradas.

De acuerdo con esos resultados, las viviendas sin ninguna medida no cumplen con la NOM-020-ENER y para lograr el cumplimiento hay que integrar las de tres a cuatro de las medidas consideradas: (1) el equivalente a aislamiento de 2" de poliestireno expandido (EPS) en techo, (2) el equivalente a aislamiento a 1" de poliestireno expandido en muros, (3) ventanas con vidrios con Factor de Sombreado (FS) de 0.6, y (4) Factor de Corrección de Sombreado Exterior (Se) para los cuatro orientaciones de 0.9 (Tabla 4).¹²

Tabla 4. Índice de cumplimiento de la NOM-020 según elementos de envolvente

Medidas	Tamaño de la vivienda		
	39 m ²	49 m ²	100 m ²
Sin medidas	3.08	3.13	3.30
Aislamiento techo	2.00	1.96	1.55
Aislamiento techo + muros	1.50	1.47	1.12
Aislamiento techo + muros + CS=.65	1.17	1.16	0.84
Aislamiento techo + muros + CS=.65 + EP=.90	1.11	1.10	0.79

Asimismo, los valores de la Tabla 3 nos señalan lo siguiente:

- Que la reducción de ganancias térmicas a través de la envolvente, que se logra con la NOM-020-ENER, es mayor a un 65% cuando se considera un techo con losa de concreto

¹² Salvo las ubicadas en Tarifa F.

sin aislamiento alguno. En caso de que la práctica sea de vigueta con bovedilla de aislamiento reducción de la ganancia térmica es de 50%.

- Que el impacto del aislamiento en el techo es mayor para todo el edificio mientras sea más grande la vivienda (para vivienda de un solo piso)
- Que el uso de vidrios con bajo factor de sombreado tiene un impacto notable en la reducción de las ganancias térmicas.
- Que para viviendas de 49 m² o menos hace falta fortalecer alguna de las medidas arriba señaladas para poder cumplir con la NOM-020-ENER.

c. El costo de cumplimiento

Para establecer los costos de cumplimiento, se consideran los siguientes costos unitarios de los elementos de envolvente:

- 115 \$/m² p/2" de poliestireno expandido (EPS) en techo
- 140 \$/m² p/1" de poliestireno expandido (EPS) en muros
- 30 \$/m² para sombreado vidrio (FS=0.6)

A partir de los supuestos anotados arriba, que incluyen el considerar las viviendas que no cumplen la NOM-020-ENER son de muros y losa de concreto, se estiman costos adicionales de poco más de 13 mil a cerca de 27 mil pesos (Tabla 5).

Tabla 5. Costo adicional estimado para cumplimiento de la NOM-020-ENER para viviendas con techo de losa de concreto

Elementos	Tamaño de la vivienda					
	39 m ²		49 m ²		100 m ²	
	Área (m ²)	Costo adicional (pesos)	Área (m ²)	Costo adicional (pesos)	Área (m ²)	Costo adicional (pesos)
Techo	39	4,492	49	5,635	100	11,500
Muros	60	8,400	67	9,408	96	13,440
Ventanas	15	450	17	504	24	720
TOTAL	114	13,342	133	15,547	220	25,660

Sin embargo, los costos anotados en la Tabla 5 consideran que las edificaciones son construidas con losa de concreto. El costo se reduce de 34 a 45% cuando el techo se construye bajo el sistema de vigueta y bovedilla de poliestireno expandido (EPS), que incluye elementos de aislamiento térmico para reducir las ganancias térmicas en techo sin aumentar el costo de la construcción, por lo que los costos de cumplimiento pueden ser hasta 45% menores (Tabla 6).

Tabla 6. Costo adicional estimado (en pesos) para cumplimiento de la NOM-020-ENER en viviendas con techo basado en sistema de vigueta y bovedilla con equivalente de poliestireno expandido (EPS)

Elementos	Tamaño de la vivienda		
	39 m ²	49 m ²	100 m ²
Muros	8,400	9,408	13,440
Ventana	450	504	720
Total	8,850	9,912	14,160

d. Los beneficios del cumplimiento con la NOM-020-ENER

Para definir los beneficios económicos y ambientales de cumplir con la NOM-020-ENER por vivienda se hacen los siguientes supuestos:

- Que la vivienda, en el corto o mediano plazo, requerirá del uso de equipos de aire acondicionado.
- Que el ahorro de energía eléctrica es de 50%.
- Se consideran unidades de aire acondicionado de ventana de $\frac{3}{4}$ de Tonelada de refrigeración, con eficiencia de equipo nuevo de acuerdo a la NOM correspondiente (REE=2.5), lo que resulta en una potencia de 1,050 watts.
- Para estimar consumo de energía según tarifa, se consideran horas de uso por día y días al año en que se usa el equipo de AC de acuerdo a zona tarifaria.
- Para las viviendas de 39 y 49 m² se considera un solo equipo de AC.
- Para las viviendas de 100 m² se consideran dos equipos de AC.
- Costo de la energía eléctrica para el usuario: 1 \$/kWh.
- Insuficiencia tarifaria: 2 \$/kWh.
- Vida útil de las viviendas: 30 años.
- Se considera que la mayoría de las viviendas en tarifas 1c y 1d se ubican en zonas con clima cálido todo el año, mientras que las ubicadas en 1e y 1f están en zonas con clima cálido en verano.

Impacto por vivienda

El cumplimiento de la NOM-020-ENER, bajo los supuestos establecidos arriba y para viviendas de 39 y 49 m², resulta en ahorros anuales de 945 a 1,512 pesos y en ahorro en la vida útil de 28,350 a 45,360 pesos para el usuario de la vivienda (Tabla 7).

Tabla 7. Ahorro estimado para usuario por viviendas de 39 y 49 m² por cumplimiento de la NOM-020-ENER, según tarifa aplicable

Tarifa	Días	Hrs/día	Consumo (kWh/año)	Ahorro			
				kWh/año		\$/año	
				Anual	Vida útil	Anual	Vida útil ¹³
1c	360	6	2,268	1,134	34,020	1,134	34,020
1d	360	8	3,024	1,512	45,360	1,512	45,360
1e	180	10	1,890	945	28,350	945	28,350
1f	180	12	2,268	1,134	34,020	1,134	34,020

A su vez, el cumplimiento de la NOM-020-ENER para viviendas de 39 a 49 m², bajo los supuestos establecidos arriba, resulta en ahorros anuales de 1,890 a 3,024 pesos y en ahorro en la vida útil de 56,700 a 90,720 pesos para la hacienda pública. A su vez, las emisiones evitadas van de 0.38 a 0.61 TonCO_{2eq}/año por vivienda y 11.3 a 18.1 TonCO_{2eq} en su vida útil (Tabla 8).

Tabla 8. Impactos en ahorro a la hacienda pública y emisiones de gases de efecto invernadero equivalentes por vivienda de 49 m² por cumplimiento de la NOM-020-ENER, según tarifa aplicable

Tarifa	Ahorro a la hacienda pública (pesos)		Emisiones evitadas (kgCO _{2eq}) ¹⁴	
	Anual	Vida útil ¹⁵	Anual	Vida útil
1c	2,268	68,040	454	13,608
1d	3,024	90,720	605	18,144
1e	1,890	56,700	378	11,340
1f	2,268	68,040	454	13,608

El cumplimiento de la NOM-020-ENER para viviendas de 100 m², bajo los supuestos establecidos arriba, resulta en ahorros anuales de 1,890 a 3,024 pesos y en ahorro en la vida útil de 56,700 a 90,720 pesos para el usuario de la vivienda (Tabla 9).

¹³ No considera el valor del dinero en el tiempo

¹⁴ Para 0.4 kgCO_{2eq}/kWh

¹⁵ No considera el valor del dinero en el tiempo

Tabla 9. Ahorro estimado para usuario por vivienda de 100 m² por cumplimiento de la NOM-020-ENER, según tarifa aplicable

Tarifa	Días	Hrs/día	Consumo (kWh/año)	Ahorro			
				kWh/año		\$/año	
				Anual	Vida útil	Anual	Vida útil ¹⁶
1c	360	6	4,536	2,268	68,040	2,268	68,040
1d	360	8	6,048	3,024	90,720	3,024	90,720
1e	180	10	3,780	1,890	56,700	1,890	56,700
1f	180	12	4,536	2,268	68,040	2,268	68,040

A su vez, el cumplimiento de la NOM-020-ENER para viviendas de 100 m², bajo los supuestos establecidos arriba, resulta en ahorros anuales de 3,780 a 6,048 pesos y en ahorros en la vida útil de 113,400 a 181,440 pesos para la hacienda pública. A su vez, las emisiones evitadas van de 0.76 a 0.91 TonCO_{2eq}/año por vivienda y 22.6 a 36.3 TonCO_{2eq} en su vida útil (Tabla 10).

Tabla 10. Impactos en ahorro a la hacienda pública y emisiones de gases de efecto invernadero equivalentes por vivienda de 100 m² por cumplimiento de la NOM-020-ENER, según tarifa aplicable

Tarifa	Ahorro a la hacienda pública (pesos)		Emisiones evitadas (kgCO _{2eq}) ¹⁷	
	Anual	Vida útil	Anual	Vida útil
1c	4,536	136,080	907	27,216
1d	6,048	181,440	1210	36,288
1e	3,780	113,400	756	22,680
1f	4,536	136,080	907	27,216

Impacto para el país

Se estima que al año se construyen 500,000 viviendas formales en México.¹⁸ De acuerdo con una desagregación basada en el número de usuarios de la CFE, el 26% se ubica en zonas en las que aplica la NOM-020-ENER (tarifas 1C a 1F), por lo que se estima que 131.9 mil viviendas se encuentran bajo su alcance (Tabla 11). Para propósitos del presente análisis, se considera que el 75% de las viviendas nuevas tienen un tamaño igual o menor a 49 m², mientras que el resto es de 100 m².

¹⁶ No considera el valor del dinero en el tiempo

¹⁷ Para 0.4 kgCO_{2eq}/kWh

¹⁸ INFONAVIT, Política Nacional de Vivienda

<http://boletin.dseinfonavit.org.mx/078/doctos/PoliticaNacionaldeVivienda.pdf>

Tabla 11. Estimado de número de viviendas sujetas a la NOM-020-ENER basados en las tarifas aplicables y el universo de usuarios de CFE

Tarifa	% usuarios	No viviendas (miles)		
		Total	39 y 49 m ²	100 m ²
1c	16%	79.0	59.2	19.7
1d	4%	17.7	13.3	4.4
1e	3%	16.3	12.2	4.1
1f	4%	18.8	14.1	4.7
TOTAL	26%	131.9	98.9	33.0

De acuerdo con todas las suposiciones anteriores, el incumplimiento de la NOM-020 resultará en una insuficiencia tarifaria de 383 millones pesos por año y más de 11 mil millones de pesos en la vida útil de esas 132 mil viviendas (Tabla 10). Asimismo, se emitirán 77 mil toneladas de emisiones CO_{2eq} por año y cerca de 2,300 mil toneladas de CO_{2eq} en su vida útil (Tabla 12).

Tabla 12. Insuficiencia tarifaria y emisiones CO_{2eq} por incumplimiento de la NOM-020-ENER

Tarifa	Insuficiencia tarifaria (Millones de pesos)		Emisiones de CO ₂ (Miles de Ton CO _{2eq})	
	Anual	Vida útil	Anual	Vida útil
1c	224	6,716	45	1,343
1d	67	2,013	13	403
1e	39	1,157	8	231
1f	53	1,600	11	320
Total	383	11,487	77	2,297

III. CONCLUSIONES

- Para el análisis se consideraron cinco tipologías de envolvente que parten de un edificio de concreto sin medidas hasta el que integra el equivalente a aislamiento de 2" de poliestireno expandido (EPS) en techo, el equivalente a aislamiento a 1" de poliestireno expandido en muros, ventanas con vidrios con Factor de Sombreado (FS) de 0.6, y Factor de Corrección de Sombreado Exterior (Se) para los cuatro orientaciones de 0.9.
- Las viviendas proyectadas (sin ninguna medida) tienen ganancias térmicas que triplican lo permitido por la NOM-020-ENER.
- Cumplir con la NOM-020-ENER implica la aplicación de cuando menos las tres primeras medidas consideradas, lo que representa costos adicionales de poco más de 13 mil a cerca de 27 mil pesos para viviendas de 39 a 100 m² (Tabla 12).

Tabla 13. Costos y beneficios del cumplimiento de la NOM-020

Tamaño de vivienda	Costo adicional (Pesos)	Ahorro (Miles de pesos)			
		Usuario		Hacienda pública	
		Anual	Vida útil	Anual	Vida útil
39m ²	13,117	945 a 1,512	28,350 a 45,360	1,890 a 3,024	56,700 a 90,720
49m ²	15,295	945 a 1,512	28,350 a 45,360	1,890 a 3,024	56,700 a 90,720
100 m ²	25,660	1,890 a 3,024	56,700 a 90,720	3,780 a 6,048	113,400 a 181,440

- En el supuesto de que el costo adicional fuera cubierto al 100% por la hacienda pública, se sugiere que se cubra solamente el costo adicional de los elementos que se aplican a muros y ventanas ya que la práctica de vigueta y bovedilla con aislamiento está lo suficientemente generalizada en las zonas con clima cálido como para considerarlo como costo de la vivienda actual. Esta inversión se recuperaría en un período de 3 a 5 años (Tabla 13).

Tabla 14. Costos y beneficios del cumplimiento de la NOM-020

Tamaño de vivienda	Costo adicional (Pesos)	Ahorro (Miles de pesos)			
		Usuario		Hacienda pública	
		Anual	Vida útil	Anual	Vida útil
39m ²	8,850	945 a 1,512	28,350 a 45,360	1,890 a 3,024	56,700 a 90,720
49m ²	9,912	945 a 1,512	28,350 a 45,360	1,890 a 3,024	56,700 a 90,720
100 m ²	14,160	1,890 a 3,024	56,700 a 90,720	3,780 a 6,048	113,400 a 181,440

- Se estima que al año se construyen 500,000 viviendas formales en México. De acuerdo con una desagregación basada en el número de usuarios de la CFE, el 26% se ubica en zonas en las que aplica la NOM-020-ENER, por lo que se estima que 132 mil viviendas se encuentran bajo su alcance.
- En caso de no cumplirse con la NOM-020-ENER, se tendrá una insuficiencia tarifaria de 383 millones pesos por año para a lo largo de la vida útil de las viviendas construidas en un año. Asimismo, se emitirán, adicionalmente, 77 mil toneladas de emisiones CO_{2eq} por año y cerca de 2.3 millones de toneladas de CO_{2eq} en su vida útil por cada año que no se cumpla con la NOM-020-ENER.
- A su vez, no cumplir con la NOM-020-ENER en 132 mil viviendas por año por veinte años resultará en una emisión de gases de efecto invernadero de más de 37 millones de toneladas de CO_{2eq} en esos veinte años.

ANEXO I. K de referencia (W/m²K) de acuerdo a Tabla 1. Valores para el Cálculo del Flujo de Calor a través de la Envolvente¹⁹

Tabla 15. K de referencia (W/m²K)

ESTADO	Ciudad	Hasta tres niveles y Conjunto horizontal con muros compartidos Techo y muro
AGUASCALIENTES	Aguascalientes	0.833
BAJA CALIF. SUR	La Paz	0.714
BAJA CALIF. SUR	Cabo S. Lucas	0.714
BAJA CALIFORNIA	Ensenada	0.909
BAJA CALIFORNIA	Mexicali	0.625
BAJA CALIFORNIA	Tijuana	0.909
CAMPECHE	Campeche	0.714
CAMPECHE	Cd. Carmen.	0.714
COAHUILA	Monclova	0.714
COAHUILA	Piedras Negras	0.714
COAHUILA	Saltillo	0.909
COAHUILA	Torreón	0.714
COLIMA	Colima	0.833
COLIMA	Manzanillo	0.833
CHIAPAS	Arriaga	0.714
CHIAPAS	Comitán	0.909
CHIAPAS	San Cristóbal	0.909
CHIAPAS	Tapachula	0.833
CHIAPAS	Tuxtla Gutiérrez	0.833
CHIHUAHUA	Casas Grandes	0.833
CHIHUAHUA	Chihuahua	0.833
CHIHUAHUA	Cd. Juárez	0.833
CHIHUAHUA	H. del Parral	0.833
D. F.	México (a)	0.909
DURANGO	Durango	0.833
DURANGO	Lerdo	0.714
GUANAJUATO	Guanajuato	0.909
GUANAJUATO	León (b)	0.909

¹⁹ RESOLUCIÓN por la que se modifican los valores de coeficiente global de transferencia de calor (K) de la Tabla 1, se agregan definiciones y se acota la verificación de la Norma Oficial Mexicana NOM-020-ENER-2011, Eficiencia energética en edificaciones.-Envolvente de edificios para uso habitacional, publicada el 9 de agosto de 2011, http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5455514&fecha=04/10/2016

GUERRERO	Acapulco	0.833
GUERRERO	Chilpancingo	0.909
GUERRERO	Zihuatanejo	0.833
HIDALGO	Pachuca	0.909
HIDALGO	Tulancingo	0.909
JALISCO	Guadalajara (c)	0.909
JALISCO	Huejucar	0.909
JALISCO	Lagos de Mor.	0.909
JALISCO	Ocotlán	0.909
JALISCO	Puerto Vallarta	0.833
MÉXICO	Chapingo, Texc.	0.909
MÉXICO	Toluca	0.909
MICHOACÁN	Morelia	0.909
MICHOACÁN	Lázaro Carden.	0.833
MICHOACÁN	Uruapan	0.909
MORELOS	Cuernavaca	0.909
MORELOS	Cuautla	0.833
NAYARIT	Tepic	0.833
NUEVO LEÓN	Monterrey (d)	0.714
OAXACA	Oaxaca	0.909
OAXACA	Salina Cruz	0.714
PUEBLA	Puebla	0.909
PUEBLA	Atlixco	0.909
PUEBLA	Tehuacán	0.909
QUERÉTARO	Querétaro	0.909
QUERÉTARO	San Juan del Río.	0.909
QUINTANA ROO	Cozumel	0.833
QUINTANA ROO	Chetumal	0.833
QUINTANA ROO	Cancún	0.714
QUINTANA ROO	Playa Carmen	0.833
SAN LUIS POTOSÍ	Río Verde	0.833
SAN LUIS POTOSÍ	San Luis Potosi	0.909
SAN LUIS POTOSÍ	Cd. Valles	0.714
SAN LUIS POTOSÍ	Matehuala	0.833
SINALOA	Culiacán	0.625
SINALOA	Mazatlán	0.714
SINALOA	Guasave	0.625
SINALOA	Los Mochis	0.625
SONORA	Guaymas	0.714
SONORA	Hermosillo	0.625
SONORA	Obregón	0.625

SONORA	Navojoa	0.714
SONORA	Nogales	0.833
TABASCO	Villahermosa	0.714
TABASCO	Comalcalco	0.714
TAMAULIPAS	Cd. Victoria	0.714
TAMAULIPAS	Tampico	0.714
TAMAULIPAS	Matamoros	0.714
TAMAULIPAS	Reynosa	0.714
TAMAULIPAS	Nuevo Laredo	0.714
TLAXCALA	Tlaxcala	0.909
VERACRUZ	Coatzacoalcos	0.714
VERACRUZ	Córdoba	0.909
VERACRUZ	Jalapa	0.909
VERACRUZ	Orizaba	0.909
VERACRUZ	Tuxpan	0.833
VERACRUZ	Poza Rica	0.714
VERACRUZ	Veracruz	0.714
YUCATÁN	Mérida	0.833
YUCATÁN	Progreso	0.833
YUCATÁN	Valladolid	0.833
ZACATECAS	Fresnillo	0.909
ZACATECAS	Zacatecas	0.909

ANEXO II. Tablas de índice de cumplimiento de la NOM-020-ENER por localidad para viviendas de 39, 49 y 100 m².

Tabla 16. Índice de cumplimiento con la NOM-020-ENER, según elementos de envolvente, por localidad, para viviendas de 39 m²

Localidad	Sin medidas	Aislante techo	Aislante techo + muros	Aislante todo+ CS=.65	Aislamiento techo + muros + CS=.65 + EP=.90
La Paz	3.10	2.03	1.53	1.19	1.13
Mexicali	3.45	2.29	1.58	1.29	1.24
Campeche	3.14	2.04	1.51	1.19	1.13
Torreón	3.06	1.99	1.55	1.18	1.12
Colima	2.85	1.82	1.45	1.10	1.03
Tuxtla Gutiérrez	2.86	1.83	1.44	1.10	1.03
Cd. Juárez	2.80	1.81	1.48	1.10	1.03
Acapulco	2.92	1.89	1.40	1.10	1.05
Puerto Vallarta	2.92	1.90	1.40	1.10	1.05
Lázaro Cardenas	2.93	1.90	1.40	1.10	1.05
Cuautla	2.83	1.80	1.46	1.09	1.02
Monterrey	3.10	2.00	1.53	1.18	1.12
Salina Cruz	3.17	2.06	1.50	1.19	1.13
Cancún	3.17	2.05	1.50	1.18	1.12
Culiacán	3.33	2.19	1.61	1.27	1.20
Hermosillo	3.39	2.24	1.59	1.28	1.22
Villahermosa	3.18	2.07	1.50	1.19	1.14
Matamoros	3.13	2.03	1.52	1.19	1.12
Coatzacoalcos	3.13	2.03	1.52	1.19	1.12
Promedio	3.08	2.00	1.50	1.17	1.11

Tabla 17. Índice de cumplimiento con la NOM-020-ENER, según elementos de envolvente, por localidad, para viviendas de 49 m²

Localidad	Sin medidas	Aislante techo	Aislante techo + muros	Aislante todo+ CS=.65	Aislamiento techo + muros + CS=.65 + EP=.90
La Paz	3.15	1.99	1.51	1.18	1.12
Mexicali	3.51	2.25	1.56	1.28	1.23
Campeche	3.19	2.00	1.49	1.18	1.12
Torreón	3.12	1.96	1.52	1.17	1.11
Colima	2.89	1.78	1.42	1.08	1.02
Tuxtla Gutiérrez	2.90	1.79	1.42	1.08	1.02
Cd. Juárez	2.85	1.77	1.45	1.09	1.02
Acapulco	2.96	1.85	1.37	1.09	1.03
Puerto Vallarta	2.96	1.86	1.37	1.09	1.03
Lázaro Cardenas	2.97	1.86	1.37	1.09	1.04
Cuautla	2.87	1.76	1.44	1.08	1.01
Monterrey	3.16	1.96	1.50	1.17	1.11
Salina Cruz	3.22	2.02	1.48	1.18	1.12
Cancún	3.22	2.01	1.48	1.17	1.11
Culiacán	3.39	2.15	1.59	1.26	1.20
Hermosillo	3.45	2.20	1.57	1.27	1.21
Villahermosa	3.24	2.03	1.47	1.18	1.13
Matamoros	3.19	1.99	1.49	1.17	1.11
Coatzacoalcos	3.19	1.99	1.49	1.17	1.11
Promedio	3.13	1.96	1.47	1.16	1.10

Tabla 18. Índice de cumplimiento con la NOM-020-ENER, según elementos de envolvente, por localidad, para viviendas de 100 m²

Localidad	Sin medidas	Aislante techo	Aislante techo + muros	Aislante todo+ CS=.65	Aislamiento techo + muros + CS=.65 + EP=.90
La Paz	3.33	1.59	1.16	0.87	0.81
Mexicali	3.71	1.81	1.20	0.95	0.90
Campeche	3.37	1.59	1.14	0.86	0.81
Torreón	3.30	1.56	1.17	0.86	0.80
Colima	3.04	1.39	1.08	0.78	0.72
Tuxtla Gutiérrez	3.04	1.40	1.07	0.78	0.72
Cd. Juárez	2.99	1.39	1.11	0.79	0.73
Acapulco	3.10	1.46	1.04	0.79	0.74
Puerto Vallarta	3.10	1.46	1.04	0.79	0.74
Lázaro Cardenas	3.10	1.46	1.03	0.79	0.74
Cuatla	3.02	1.37	1.09	0.78	0.72
Monterrey	3.34	1.55	1.15	0.85	0.80
Salina Cruz	3.40	1.60	1.12	0.86	0.81
Cancún	3.40	1.59	1.12	0.85	0.80
Culiacán	3.61	1.73	1.23	0.93	0.88
Hermosillo	3.66	1.77	1.21	0.94	0.89
Villahermosa	3.41	1.61	1.12	0.86	0.81
Matamoros	3.37	1.57	1.14	0.85	0.80
Coatzacoalcos	3.37	1.57	1.14	0.85	0.80
Promedio	3.30	1.55	1.12	0.84	0.79