
Co-beneficios de un programa de vivienda energéticamente eficiente en México

Elaborado por ENTE S.C.

Marzo 2013

Autores:

Judith Navarro

Rebeca de Buen

Pablo Cuevas

Odón de Buen

El presente estudio titulado *“Co-beneficios de un programa de vivienda energéticamente eficiente en México”*, fue elaborado por ENTE S.C. con el apoyo de Environment Canada. La información aquí integrada y las opiniones expresadas son responsabilidad única de ENTE, S.C.

Contenido

1. Introducción	4
1.1 Los edificios y el cambio climático	4
1.2 Co-beneficios de la vivienda sustentable	4
1.3 Estructura del reporte	5
2. Contexto socio-económico, de vivienda, de energía y de medio ambiente de México	6
2.1 Población y vivienda	6
2.2 Energía.....	6
2.3 Medio ambiente	7
2.4 Salud.....	7
2.5 Economía.....	8
3. Prioridades de política pública de México	9
3.1 Política de Vivienda	9
3.2 Política energética	10
3.3 Política ambiental.....	10
3.4 Política de salud	10
3.5 Política económica	10
4. Información de referencia para la definición cuantitativa de co-beneficios	12
4.1 Vivienda.....	12
4.1.1 Tamaño.....	12
4.1.2 Tendencias.....	12
4.1.3 Regionalización.....	13
4.1.4 Ingreso/gasto	13
4.1.5 Equipamiento considerado	15
4.1.6 Electrodomésticos.....	15
4.2 Energía.....	15
4.2.1 Generación de electricidad	15
4.2.2 Energéticos en sector residencial.....	16
4.2.3 Precios de los energéticos.....	21
4.2.4 Subsidios.....	21
4.2.5 Tendencias de crecimiento	21
4.3 Medio Ambiente	22

4.3.1 Emisiones.....	22
5. Escenarios de Co-beneficios.....	24
6. Cuantificación de co-beneficios	26
6.1 Impactos por hogar	26
6.2 Impactos a nivel nacional	28
6.3 Emisiones evitadas	28
6.4 Actividad económica	29
7. Conclusiones y recomendaciones	30
ANEXO I. Metodología.....	30
Anexo II. Tipología de los beneficios no-energéticos de la mitigación del CO ₂ en los edificios.....	34
Anexo III. La calidad del aire en interiores	47
Anexo IV. La eficiencia energética y la salud en la vivienda.....	57
Anexo V. Creación de empleo a través de la eficiencia energética en la vivienda	64
Bibliografía	67

1. Introducción

1.1 Los edificios y el cambio climático

Según datos de la Agencia Internacional de Energía (2008), las emisiones globales de dióxido de carbono (CO₂) residenciales representan aproximadamente el 17.8% del total mundial de emisiones directas de CO₂ procedentes de fuentes de combustión. De ese total, el 11.3% está relacionado al uso de electricidad y calefacción en la vivienda, mientras que el 6.5% de las emisiones de CO₂ que se generan en los hogares viene de la combustión, por ejemplo de cocinar y calentar agua. Esta estimación de las emisiones provenientes del sector residencial no tiene en cuenta las emisiones que pueden tener un potencial de calentamiento global aún más potente que el CO₂, como el metano y carbono negro [1].

El sector de edificios residenciales y comerciales ha sido descrito por el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) como el que tiene el mayor potencial para reducir gases de efecto invernadero (GEI) de manera rentable en el corto plazo, utilizando tecnologías disponibles y maduras. Al mismo tiempo, el IPCC señala que en un Escenario de alto crecimiento, el total de las emisiones de GEI relacionadas a los edificios podría duplicarse para el año 2030. La vivienda es, por lo tanto, un factor significativo en las emisiones de gases de efecto invernadero y el cambio climático [1].

Asimismo, la población urbana mundial casi se duplicará para el año 2050, y la mayor parte de ese crecimiento tendrá lugar en países de bajos y medianos ingresos. Por lo tanto, la vivienda es un punto de entrada importante para abordar importantes problemas urbanos como la salud y la pobreza [1].

1.2 Co-beneficios de la vivienda sustentable

Los edificios son un aspecto importante en la vida de las personas y en el uso de energía primaria, que proviene de proveer comodidad, luz, refrigeración, agua caliente y otros usos finales de energía. Esta energía normalmente es proveniente de combustibles fósiles, que contribuyen de manera significativa, a la totalidad de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) generados por la actividad humana.

El hacer uso de la tecnología disponible para satisfacer las necesidades en la vivienda con menos energía primaria, es un elemento clave en la estrategia global para reducir el impacto que la actividad humana tiene sobre los niveles de emisión de gases de efecto invernadero que afectan al clima a nivel global.

Asimismo, al modificar nuestra manera de utilizar la energía surgen una amplia gama de efectos que no están directamente relacionados con las emisiones de GEI y que son favorables al bienestar humano, incluyendo la salud y patrones macro-económicos, geopolíticos, de ecosistemas, de rendimientos agrícolas y de empleo. Los efectos que son favorables para el bienestar humano que derivan de medidas de mitigación se conocen con el nombre de co-beneficios [2].

Existen indicios de que en el sector de la construcción y edificios los co-beneficios son particularmente grandes [2]. Algunos estudios sugieren que, en muchos casos, su valor total puede superar el de los beneficios energéticos directos relacionados con el mejoramiento de la eficiencia energética de los edificios [1]. Sin embargo, dichos beneficios rara vez se incluyen en el análisis de costo-beneficio para la evaluación de las políticas de eficiencia energética o de las opciones para la mitigación del cambio climático [2]. Se trata de una omisión importante, ya que si al análisis de costo-beneficios se incorporaran los co-beneficios, podría cambiar sustancialmente el orden de prioridad o la viabilidad financiera de las opciones consideradas.

Por lo tanto, si se toman en cuenta, los co-beneficios asociados con la mitigación de las emisiones de CO₂, éstos pueden jugar un papel crucial para darle mayor prioridad a la mitigación de las emisiones de GEI, ya que comparten los costos con y contribuyen al logro de otros objetivos tanto a nivel mundial como nacional [3].

Los co-beneficios de la mitigación de las emisiones de CO₂ en edificios residenciales son numerosos (ver Anexo 1). A menudo no es posible compartimentarlos totalmente ya que es inevitable que algunos de ellos se traslapen. A veces uno es el resultado de otro (por ejemplo, una mejoría en las condiciones de salud, como resultado de la reducción de la contaminación del aire). Asimismo, la mayoría de los estudios existentes no proporcionan una clasificación explícita de los beneficios en el sector de la construcción; normalmente, los estudios se centran en una selección de estudios de caso por países o enumeran los co-beneficios que consideran más importantes [3].

Para este proyecto, los co-beneficios serán clasificados en las siguientes categorías: económicos, de carácter social/político, de salud, de la compañía que provee servicios energéticos y ecológicos. Para mayor información, ver el Anexo 1.

1.3 Estructura del reporte

En este estudio se identifican y, cuando es posible, se cuantifican, los co-beneficios de un programa de construcción de vivienda sustentable para el México, lo que debe servir a que los responsables de la elaboración de políticas, los expertos en energía, los ejecutores de programas y los defensores de la construcción energéticamente eficiente, puedan dar una validación plena de las oportunidades que se presentan a través de la construcción sustentable.

En el capítulo 2 se presenta un contexto general sobre la situación social, de energía, medio ambiente y vivienda en México. En el capítulo 3 se resumen las políticas públicas nacionales que tienen sinergias con el desarrollo de un programa de vivienda verde. En el capítulo 4 se establecen las consideraciones y la información de referencia tomada en cuenta para construir los Escenarios del programa de vivienda. El capítulo 5 describe los Escenarios desarrollados y en el 6 se presentan los resultados. En el capítulo 7 se delinear las conclusiones y recomendaciones del estudio.

2. Contexto socio-económico, de vivienda, de energía y de medio ambiente de México

Desde una perspectiva de co-beneficios, los efectos positivos del desarrollo de la vivienda se reflejan en varios aspectos de otras áreas de desarrollo, por lo que las políticas de vivienda sustentable aportan al cumplimiento de metas relacionadas a desarrollo económico, cuidado ambiental y salud de la población.

2.1 Población y vivienda

En 2010, México tenía 112.4 millones de habitantes. La tasa de crecimiento poblacional anual ha seguido una tendencia decreciente, y de acuerdo a los últimos datos esta tasa se ubica en 0.77 por cada 100 mil habitantes. Igualmente, se observa un tránsito persistente de la población rural hacia el medio urbano que se refleja en el hecho de que en el período 2000-2010 la población urbana pasó de 68.06 a 80.42 millones de personas (un crecimiento de 18.2%) y la rural de 29.43 a 31.92 millones de personas (crecimiento del 8.5%) [4].

Por tamaño de las poblaciones, el 71.6% (80.42 millones de personas) de la población se ubica en zonas metropolitanas, conurbaciones y localidades de más de 15,000 habitantes, mientras que el restante 28.4% (31.91 millones de personas) en localidades con menos de 15,000 [4].

En cuanto a la edad de la población, el promedio nacional es de 26 y el grupo con mayor cantidad de personas se ubica en el conjunto de las que están entre los 15 a 19 años. Sin embargo, la estructura por edad muestra una población que, en promedio, envejece paulatinamente, con el desplazamiento ascendente de la edad mediana, una menor participación de la población infantil y un crecimiento de los grupos de edad medios en edad productiva, así como el incremento acelerado de la población mayor de 65 años [5].

En cuanto a vivienda, el censo del INEGI de 2010 indica que en México existen 28.6 millones de viviendas cuyo promedio de ocupación es 3.9 habitantes por vivienda. Asimismo, México tiene un rezago de vivienda estimado en nueve millones de viviendas. Esto podría agravarse pues en el 2010 27.2 millones de personas tenían entre 20 y 34 años y en los próximos ocho años este sector podría demandar alrededor de 6 millones de viviendas. Asimismo, el 23 % de la población nacional (25.8 millones de personas) no tiene casa propia, lo que representa una demanda adicional de 6.6 millones de hogares [6].

2.2 Energía

En 2009 México se situó en el décimo lugar entre los países con mayor producción de energía primaria con el 1.8% de la energía total producida en el mundo. A su vez, el consumo de energía *per cápita* en 2010 fue de 75.2 GJ, lo que es equivalente a 9.86 barriles de petróleo por habitante por año [7].

En lo que corresponde a la demanda final de energía, en el 2010 el transporte representó el 48.1 % del total, el industrial 29.3%, el residencial 19.6% y el agropecuario 3.1%. A su vez, de 1990 a 2010 el sector transporte ha mostrado un incremento continuo en su participación relativa en el uso de energía, al igual que el sector agropecuario, mientras que los sectores industrial, residencial, comercial y público han tenido una tendencia a la baja [8].

En el consumo energético por tipo de combustible, en 2010, destacan los productos petrolíferos, ya que 61.6% del consumo de energía proviene de ellos, seguido por 12.4% de gas seco, 14.5 % de electricidad, 7.5% de fuentes renovables 3.8% de coque (de carbón y de petróleo).

En 2010 la generación total de energía eléctrica para el servicio público ascendió a 242,537 GWh GWh, lo que significó un aumento de 3.16% respecto a 2009 [7]. Desde 1995, la demanda de electricidad en México ha crecido a un ritmo superior al 4% anual. La gestión de este crecimiento a través de medidas de uso eficiente de energía en los sectores de consumo final será fundamental para mitigar las emisiones de GEI. El aire acondicionado, la refrigeración y los productos electrónicos serán las áreas principales en las cuales crecerá la demanda de electricidad en el sector residencial en México [9].

2.3 Medio ambiente

El cambio climático es, sin duda, uno de los principales retos a los que se enfrenta el país. México se ubica entre los países con mayor vulnerabilidad, debido a que 15 por ciento de su territorio nacional, 68.2 por ciento de su población y 71 por ciento de su PIB se encuentran altamente expuestos al riesgo de impactos adversos directos del cambio climático. Para 2020 se proyecta un incremento promedio de temperatura para el país que va entre 0.6°C y 1°C; y para 2050, entre 1.5°C y 2.3°C [10].

El agua es otro de los grandes retos ambientales de México. Aunque México presenta todo el espectro de categorías de disponibilidad de agua en sus regiones hidrológico-administrativas, más de 75 millones de habitantes en el país (alrededor del 66% de la población nacional) se encontraban en situación de estrés hídrico en 2010. En el futuro, la disponibilidad per cápita en algunas zonas del país podría agravarse significativamente [11]. El fenómeno del cambio climático tenderá a agudizar aún más la crisis de agua, debido, entre otros factores, a la disminución de la precipitación pluvial, dando por resultado que más regiones hidrológico-administrativas tengan problemas intermitentes de escasez de agua [10].

La calidad del aire es otro reto ambiental importante, particularmente por sus efectos en la salud. La contaminación del aire se ha asociado con un incremento en las admisiones hospitalarias por infecciones respiratorias de vías bajas y el asma en niños. Los efectos en la calidad del aire, principalmente en las zonas urbanas es un tema de gran interés y preocupación, pues el aumento en la temperatura puede agravar la contaminación por ozono. Algunas enfermedades respiratorias y alergias ya se han visto agravadas como consecuencia de las alteraciones que está sufriendo nuestro clima [10].

2.4 Salud

En años recientes, México ha mejorado las condiciones de salud de su población. Esto se ve reflejado en la reducción en la mortalidad infantil y la erradicación de algunas enfermedades por vacunación [5].

Actualmente, las enfermedades no transmisibles y lesiones concentran más del 85% de las causas de muerte en el país. Las principales causas de muerte en adultos mexicanos son enfermedades del corazón, diabetes mellitus y tumores malignos. Por otra parte, en el listado de las diez principales causas de mortalidad de menores de cinco años en México, se encuentran las defunciones provocadas por enfermedades diarreicas agudas, infecciones respiratorias agudas y desnutrición [5].

Aunque los indicadores de salud de la población han mejorado, muchos grupos poblacionales persisten por debajo de la línea de la pobreza extrema y se encuentran todavía frente a riesgos de salud ante la falta de oportunidades y de servicios que requieren. Los indicadores nacionales esconden todavía grandes inequidades en el acceso a los servicios de salud y en su financiamiento, lo que redundará en marcadas diferencias en el nivel de salud entre estados, localidades y grupos poblacionales [5].

2.5 Economía

El 62.1% del Producto Interno Bruto de México viene del sector servicios, mientras que la industria representa el 34.2% y la agricultura el 3.7[12].

3. Prioridades de política pública de México

Desde una perspectiva de co-beneficios, los efectos positivos del desarrollo de la vivienda se reflejan en varios aspectos de otras áreas de desarrollo, por lo que las políticas de vivienda sustentable aportan al cumplimiento de metas relacionadas a desarrollo económico, cuidado ambiental y salud de la población.

3.1 Política de Vivienda

La política pública de vivienda en México ha impulsado desde hace varios años un modelo de vivienda sustentable. Esta política tiene como precedente fundamental el programa “Hipoteca Verde” del Instituto Nacional del Fondo para la Vivienda de los Trabajadores (INFONAVIT) que consiste en equipar a la vivienda de un paquete de tecnologías orientadas a disminuir el consumo de agua y energía. Asimismo, el programa “Esta es tu Casa” ofrece apoyo a hogares de bajos ingresos que no son candidatos al crédito de Hipoteca Verde para que puedan acceder a vivienda sustentable mediante subsidios federales [13].

Los objetivos principales de ambos programas han sido el mitigar los impactos al medio ambiente y apoyar a la economía familiar al disminuir los gastos domésticos en agua, electricidad y gas. Hasta 2011, en México se habían construido casi 600,000 viviendas sustentables, cada una de ellas logrando mitigar en promedio entre 1 y 1.5 toneladas de CO_{2e} y se otorgaron casi 250,000 subsidios dentro del programa “Está es tu Casa” [13].

La nueva administración federal que inició el 1º de Diciembre de 2012 continúa con una visión de vivienda sustentable, lo cual se refleja en la Política Nacional de Vivienda para los próximos seis años y que se divide en cuatro ejes [14]:

1. **Vivienda Digna.** Se busca impulsar mayores acciones de mejoramiento y ampliación de la vivienda tanto en el área urbana como en la rural, mediante créditos y subsidios.
2. **Reducir el rezago de vivienda.** Se contempla reducir el rezago actual estimado de 9 millones de casas, mediante el impulso de más de un millón de acciones de lotificación, construcción, ampliación y mejora de hogares. De este millón de acciones, más de 500 mil corresponderán a nuevas construcciones.
3. **Transitar hacia un modelo de desarrollo urbano sustentable e inteligente.** Se busca principalmente el ordenamiento urbano, el rescate de espacios, así como la construcción de viviendas verticales y desarrollos certificados.
4. **Coordinación Interinstitucional.** Se plantea lograr una mayor y mejor coordinación entre Secretarías y Comisiones.

3.2 Política energética

La política energética mexicana se ha basado en el uso intensivo y exportación de petróleo y la matriz energética sigue basada fundamentalmente en la producción de energía de recursos no renovables y contaminantes.

La reforma energética aprobada en octubre de 2008 apuesta a una transformación en la matriz energética hacia un desarrollo más amigable con el medio ambiente, entre ellos, la creación de la Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética [15].

México ha mantenido un compromiso con la mitigación del cambio climático. Dentro de su política energética actual tiene un componente hacia la transición energética. En el apartado 2.4 *Desarrollo Sustentable* del Pacto por México se expresa que es necesaria una nueva cultura y para modificar el estilo de vida de los mexicanos y para ello propone como acciones a seguir (Compromiso 49) *“...Para reducir nuestra dependencia a los combustibles fósiles, se impulsará la inversión para la investigación y el desarrollo de proyectos de energías a partir de fuentes renovables, como la energía solar y la eólica...”* [16].

Asimismo, y en éste contexto, la actual administración ha definido que la estrategia a seguir durante los próximos seis años tendrá como ejes primordiales la eficiencia energética y desarrollo de energías renovables [16].

3.3 Política ambiental

Aunque la política ambiental de la nueva administración no ha sido definida en detalle, el gobierno federal sigue en la línea del desarrollo sustentable y de enfrentar con responsabilidad el cambio climático. El Pacto por México expresa la necesidad de cambiar la forma en que se produce, consume y se desecha en el país y propone acciones como: el uso de fuentes renovables, la captación y almacenamiento de aguas pluviales y un aumento en la infraestructura para recolectar, separar, reciclar y aprovechar el potencial de residuos en todo el país [17].

Asimismo, el Pacto por México refiere, dentro de sus acciones de política económica. El “transitar hacia una economía baja en carbono” [17].

3.4 Política de salud

En los últimos años estrategias de promoción y prevención para una mejor salud, han buscado disminuir, mediante medidas anticipatorias, el impacto de las enfermedades no transmisibles y las lesiones sobre los individuos, familiar, comunidades y sociedad en conjunto [18].

En la actualidad el Pacto por México propone Seguridad Social Universal, al establecer que *“... se creará una red de protección social que garantice el acceso al derecho a la salud y otorgue a cualquier mexicano, independientemente, su condición social o estatus laboral, un conjunto de beneficios sociales procurados por el Estado...”* [16].

3.5 Política económica

La política económica actual tiene como estrategias [16]:

- Acuerdos para el crecimiento económico, el empleo y la competitividad, en donde se expresa que el mejor instrumento para acabar con la pobreza es el empleo.
- Extender los beneficios de una economía formada por mercados competidos, con especial énfasis en sectores como telecomunicaciones, transporte, servicios financieros y energía.
- Promover el desarrollo a través de la ciencia, la tecnología y la innovación, teniendo como objetivo principal que México, además de ser una potencia manufacturera, se convierta en una economía del conocimiento.
- Transitar hacia una economía baja en carbono.
- Realizar una reforma energética que sea motor de inversión y desarrollo; en particular se busca que el sector energético sea uno de los más poderosos motores del crecimiento económico a través de inversión, desarrollo tecnológico y la formación de cadenas de valor.

Todo lo anterior refleja con claridad un número significativo de coincidencias entre el desarrollo de viviendas sustentables y políticas orientadas a otros aspectos de la actividad económica y social.

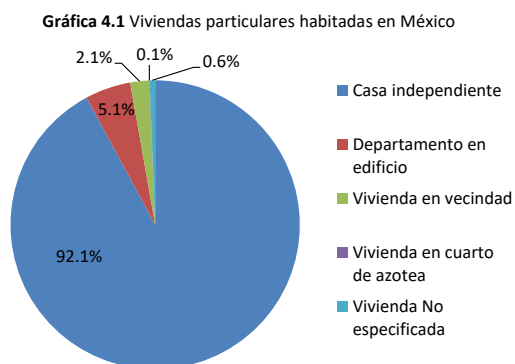
4. Información de referencia para la definición cuantitativa de co-beneficios

En esta sección se presenta la información tomada en cuenta para construir los escenarios de un programa de vivienda energéticamente eficiente y calcular los co-beneficios de cada uno.

4.1 Vivienda

4.1.1 Tamaño

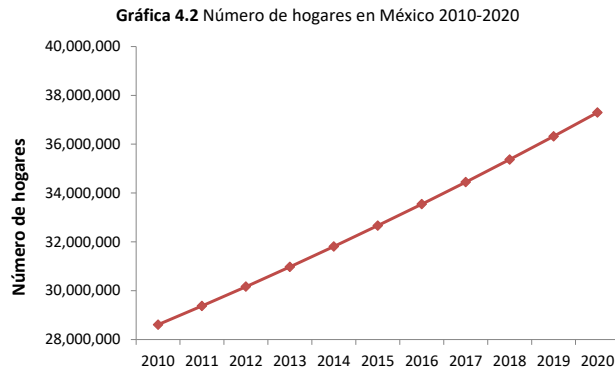
México cuenta con 28.61 millones de viviendas particulares habitadas, de las cuales el 92% son casas independientes, 5% departamentos en edificio, 2% viviendas en vecindad, 0.06% viviendas en azotea y el 0.6% son viviendas no especificadas teniendo como promedio por hogar 3.9 personas (Gráfica 4.1) [19].



Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI "Censo de población y vivienda, 2010" México, 2011.

4.1.2 Tendencias

En los últimos 10 años las tasas medias de crecimiento anual para población y vivienda fueron 1.43% y 2.69% respectivamente [4, 19]. La vivienda en México al 2020 llegará a 37.3 millones con un promedio por hogar de 3.5 personas (Gráfica 4.2). Bajo esta perspectiva, para el 2020 se requerirían 8.7 millones de viviendas nuevas.



Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI y CONAPO

4.1.3 Regionalización

La regionalización se establece en función de la que define la Comisión Federal de Electricidad (CFE), para las tarifas del sector doméstico, la cual se basa en la temperatura media mínima en verano¹(Tabla 4.3).

Tabla 4.3. Regiones tarifarias de la CFE

Tarifa	Criterio
1	Menor a los 25°C.
1A	Mínima en verano de 25°C.
1B	Mínima en verano de 28°C.
1C	Mínima en verano de 30°C.
1D	Mínima en verano de 31°C.
1E	Mínima en verano de 32°C.
1F	Mínima en verano de 33°C.

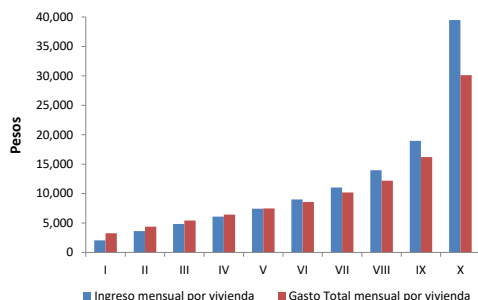
Fuente: CFE [20]

4.1.4 Ingreso/gasto

De acuerdo a la Encuesta Nacional de Ingreso Gasto de los Hogares 2010 el ingreso mensual por hogar se ubica entre poco más de 2 mil pesos para el decil de menor ingreso y cerca de 40 mil para el de mayor ingreso (Gráfica 4.4).

Gráfica 4.4 Ingreso-gasto de los hogares del país por decil de ingreso

¹ Se considera que una localidad alcanza la temperatura media mínima en verano, cuando alcanza el límite indicado durante tres o más años de los últimos cinco de que se disponga de la información correspondiente. Se considerará que durante un año alcanzó el límite indicado cuando registre la temperatura media mensual durante dos meses consecutivos o más, según los reportes elaborados por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).



Fuente: Encuesta Nacional de Ingreso Gasto de los Hogares 2010, INEGI. (ENIGH-10).

Los gastos promedio de los hogares en México por deciles en energía y por energético (a nivel nacional), se estiman mediante extrapolaciones de los gastos en electricidad, gas y leña de la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares de 2004 y 2006 (ENIGH-04 y ENOGH-06)². Se estima que el gasto monetario promedio en energéticos de los hogares a nivel nacional por año va de 1, a 15,117 \$/año en electricidad, 1,322 a 3,458 \$/año en gas y de 663 a 521 \$/año en leña (Tabla 4.5).

Tabla 4.5 Gasto monetario en combustibles por deciles de ingreso

Deciles de hogares	Gasto monetario en electricidad	Gasto monetario en gas	Gasto monetario en leña
I	1,164	1,322	663
II	1,374	1,536	646
III	1,621	1,664	639
IV	1,913	1,867	613
V	2,258	1,999	600
VI	2,666	2,141	589
VII	3,152	2,330	568
VIII	3,728	2,597	555
IX	4,414	3,001	539
X	15,117	3,458	521

Fuente: Elaboración propia con datos de ENIGH-10, ENIGH-06 Y ENIGH-04 [21-23]

Para hacer las evaluaciones se consideró que no todas los hogares consumen todos los energéticos: se consideraron, 27.5 millones con electricidad (96.2% de las viviendas habitadas); 24 millones con gas y 4.1 millones que usan leña³ [19].

² Se hacen las extrapolaciones de las Encuestas Nacionales Ingreso Gasto de los Hogares de 2004 y 2006, debido a que en estas encuestas se tiene el desagregado del gasto monetario para energía eléctrica, gas y leña por decil de hogares, y que las ENIGH 2008 y 2010 ya no lo contienen.

³ Elaboración propia basada en extrapolaciones de las ENIGH-04 y ENIGH-06.

4.1.5 Equipamiento considerado

Según el Censo de Población y Vivienda, 2010, los hogares del país cuentan con [19]:

- Electricidad en el 96.2% de las viviendas habitadas
- Televisión en el 91.1% de las viviendas habitadas con energía eléctrica
- Refrigerador en el 80.7% de los hogares que tienen electricidad
- Lavadora en el 65.3% de las casas habitadas y con servicio de electricidad
- Gas en un 83.8% de las viviendas habitadas (78.1% GLP y 5.7% Gas Natural)
- Estufa de gas en un 89.5% de los hogares que usan gas
- Calentador de agua a gas en un 47.8% de las viviendas con gas.

4.1.6 Electrodomésticos

Para establecer el consumo de energía eléctrica promedio por hogar en México se consideraron los equipos y los consumos señalados en la Tabla 4.6.

Tabla 4.6 Aparatos eléctrico-electrónicos y sus consumos promedios, en los hogares del país

Equipo Convencional	Tamaño	Consumo	Precio
Refrigerador viejo	15 pies ³	800 kWh/año	2,250.00
Lavadora vieja	Agitador, 10kg	77 kWh/año	2,000.00
Foco incandescente	4 focos de 60W	438 kWh/año	12.00
TV	14" (52 W)	95 kWh/año	2,000.00
Otros	No aplica	122kWh/año	No aplica

Fuente: CONAFOVI, PROFECO [24, 25]

A su vez, para establecer el consumo de gas o de leña para cocción promedio por hogar en México se consideraron los equipos y consumos señalados en la Tabla 4.7

Tabla 4.7 Aparatos para cocción y sus consumos promedios, en los hogares del país

Equipo Convencional	Tamaño	Consumo (GJ/año)	Precio (Pesos)
Estufa a gas	4 quemadores con llama piloto	7.4	2,500
Estufa de leña	Fogón a 3 piedras	19	No aplica

Fuente: Fuente: CONAFOVI, PROFECO [24, 25]⁴

4.2 Energía

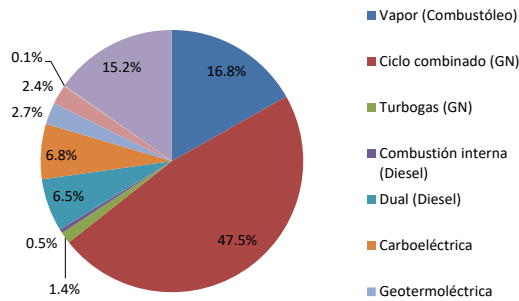
4.2.1 Generación de electricidad

Para establecer los beneficios ambientales del ahorro de energía eléctrica se considera que la electricidad que se utiliza en las viviendas proviene del Sistema Eléctrico Nacional, el cual tuvo, para 2010, una generación bruta de electricidad de 241,491 GWh [8]. Dicha generación provino en un 79.5% de combustibles fósiles, 18% de energéticos renovables, 15.2% de generación

⁴ Entre el 40 y 50% del consumo de gas en un hogar se debe a la cocción de alimentos, lo que deja el otro 50% para calentamiento de agua

hidroeléctrica, 2.7% geotermoeléctrica y 0.1% eólica; el restante 2.5% pertenece a la generación con energía nuclear (Gráfica 4.8).

Gráfica 4.8 Generación de electricidad en México, 2010



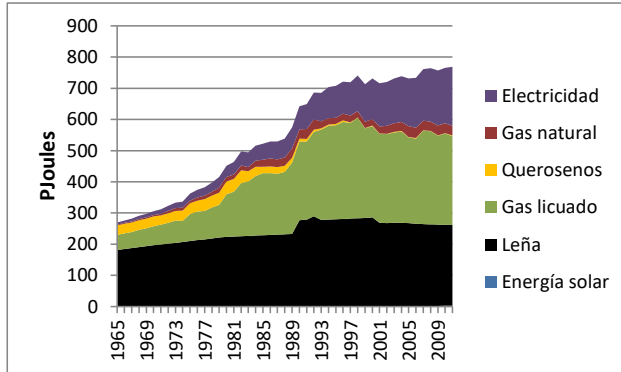
Fuente: Elaboración propia con datos del Sistema de Información Energética, SENER [8].

4.2.2 Energéticos en sector residencial

El sector residencial en México es el tercero en importancia en cuanto a consumo de energía, sólo después del sector transporte e industrial, en 2010 su consumo fue de 765 PJ[8].

Una revisión de la evolución del consumo de energía del sector a lo largo de 45 años muestra un acelerado crecimiento hasta mediados de los años noventa, que son los años en los que se comienzan a reflejar los efectos de las políticas orientadas al ahorro de energía en México (Gráfica 4.9). En esta evolución, mientras que en 1965 el energético predominante era la leña, para 2010 el de mayor consumo (en términos energéticos) es el gas LP, mientras que el de mayor crecimiento es el de la electricidad. Para este último año el consumo de energía del sector fue de aproximadamente 750 PJoules.

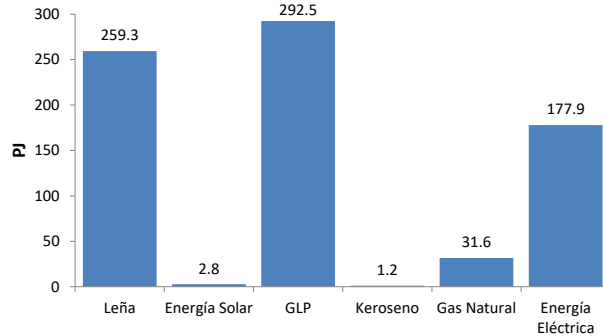
Gráfica 4.9 . Consumo de energía del sector residencial 1965-2010



Fuente: SIE-SENER [26]

El sector doméstico de México consumió en 2010 286 PJ de Gas Licuado de Petróleo (GLP), 259 PJ de leña, 178 PJ de energía eléctrica, 32 PJ de gas natural. La energía solar y los kerosenos son los de menos utilización en el sector y juntos llegan a 4 PJ (Gráfica 4.10).

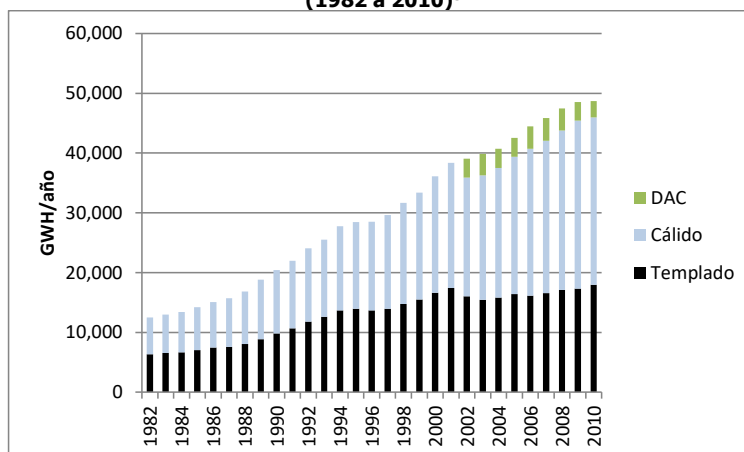
Gráfica 4.10 Principales combustibles usados en el sector doméstico en México, 2010



Fuente: Elaboración propias con datos del Sistema de Información Energética de la SENER.

Por su parte, el consumo de electricidad ha mantenido su tendencia al crecimiento y ha crecido cerca de ocho veces en cerca de treinta años. De esta evolución resalta el crecimiento del consumo en zonas del clima cálido mientras que el que ocurre en zonas de clima templado no ha superado el nivel que tenía en el año 2001 (Gráfica 4.11).

Gráfica 4.11. Evolución del consumo de energía eléctrica del sector residencial de Mexico (1982 a 2010)⁵



Fuente: CFE [27]

Actualmente la mayoría de las viviendas se ubican en zonas de clima templado pero ya cerca del 60% del consumo de electricidad del sector residencial se ubica en zonas de clima cálido (Tabla 4.7).

Tabla 4.7. Consumo de energía eléctrica en las viviendas de Mexico por zonas templadas y cálidas (2010)

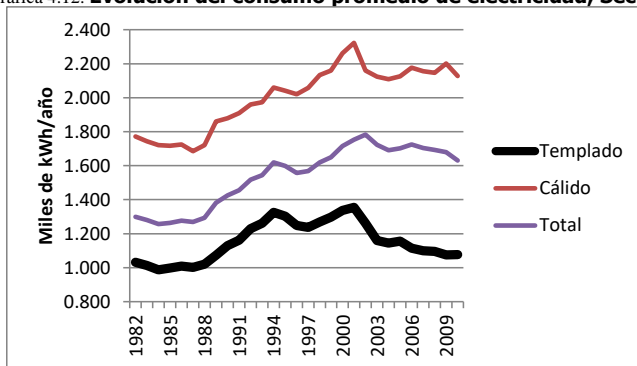
TARIFA	No. de usuarios	Consumo total (GWh)	Consumo unitario (MWh/año)
Templado (T1)	16,706	17,978	1.08
Cálido (T1A a 1F)	13,155	27,984	2.13
Doméstico de Alto Consumo	511	2,738	5.36
TOTAL	30,372	48,700	1.60

Fuente: CFE [27]

⁵ DAC significa Doméstico de Alto Consumo

Sin embargo, aún y cuando crece el consumo de electricidad, el consumo promedio de energía eléctrica por hogar ha declinado muy claramente desde el año 2002. (Gráfica 4.12).

Gráfica 4.12. Evolución del consumo promedio de electricidad, Sector Residencial



Fuente: Elaboración propia a partir de Estadísticas de Ventas de CFE [27]

En una perspectiva de largo plazo, estimaciones realizadas para México y basadas en las tendencias actuales señalan un crecimiento importante de las emisiones de gases de efecto invernadero por el consumo de energía del sector residencial, particularmente como resultado del creciente uso de la climatización (enfriamiento) de los hogares y de la variedad de consumos de electricidad que resultan, principalmente, de equipos que incorporan electrónica y que están permanentemente prendidos (otros eléctrico) [28].

4.2.3 Precios de los energéticos

El precio considerado para establecer la facturación por hogar por electricidad fue de \$1.14 pesos/kWh que corresponde al promedio en 2010 en el sector residencial, según la CFE [20]. Asimismo, el precio promedio del kilogramo de GLP para 2010 fue de \$10.91 pesos/kg [8].

4.2.4 Subsidios

El subsidio a las tarifas eléctricas se define como la diferencia entre el precio de la electricidad pagada por los consumidores y el costo promedio de suministro. Los subsidios a los usuarios de CFE es de entre 40% y 60% de cada kWh [29]. Para ser conservadores, se considera un subsidio del 40%.

Históricamente, los precios máximos de venta del GLP al usuario final son establecidos por decreto presidencial. Este precio ha estado por debajo del de referencia internacional y en 2011 se ubica 30% abajo [30-32].

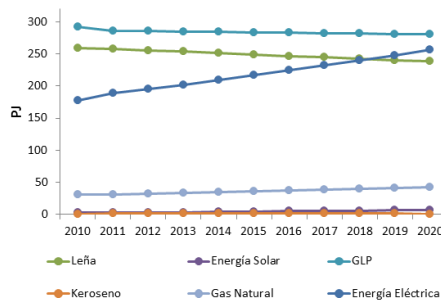
4.2.5 Tendencias de crecimiento

El crecimiento del consumo de energía en el sector residencial en los últimos 10 años ha sido muy moderado, en comparación con casi todos los demás sectores. La tasa media de crecimiento anual

del sector doméstico de 2000 a 2010 fue de 0.46%⁶. De continuar con ésta tasa de crecimiento, el consumo de energía del sector crecería de 765 PJ en 2010 a 801PJ en 2020.

Los energéticos de mayor crecimiento en el sector doméstico de México al 2020 son la energía solar, el gas natural y la energía eléctrica. Los energéticos que disminuyen son la leña y el GLP (Gráfica 4.13).

Gráfica 4.13 Tendencia de crecimiento del consumo de energía en el sector residencial (2010-2020)



Fuente: Elaboración propia con datos del Sistema de Información Energética (SENER)

Los precios de los energéticos al 2020 también presentan tendencias de crecimiento:

- El precio promedio del kWh doméstico, según la CFE crecerá a una tasa media de crecimiento anual del 0.70%; quedando de 1.14 \$/kWh a 1.22 \$/kWh.
- El costo del GLP también prevé un incremento, considerando una tasa media de crecimiento anual del 0.50%, lo que significa que de 10.91 \$/Kg al 2010, aumentará a 11.47 \$/Kg en el 2020.

4.3 Medio Ambiente

4.3.1 Emisiones

Las emisiones por el consumo de energía en México ascendieron en 2010 a:

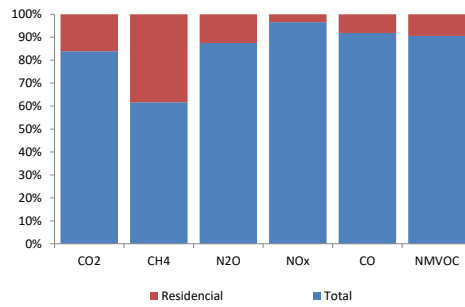
- 385 Millones de toneladas de CO₂;
- 127 mil toneladas de CH₄;
- 14 mil toneladas de N₂O;
- 1.6 millones de toneladas de NO_x;
- 14.6 millones de toneladas de CO y
- 2.5 millones de toneladas de NMVOC.

⁶ Elaboración propia con datos del Sistema de Información Energética (SENER).

Las emisiones correspondientes al uso de la energía en el sector residencial en 2010 fueron Gráfica 4.14):

- 74 Millones de toneladas de CO (19.2% del total del país).
- 79 mil toneladas de CH₄ (62.2%).
- 2 mil toneladas de N₂O (14.3%).
- 57 mil toneladas de NO_x (3.6%).
- 1.3 millones de toneladas de CO (8.9%)
- 157 mil toneladas de NMVOC (6.3%).

Gráfica 4.14 Emisiones contaminantes del consumo de energía en México, 2010



Fuente: Elaboración propia con datos de Sistema de Información Energética (SENER), Factores de Emisiones de IPCC.

5. Escenarios de co-beneficios de la vivienda baja en carbono en México.

Para calcular los co-beneficios de la vivienda baja en carbono, se construyeron escenarios basados en las siguientes consideraciones:

- **Vivienda sustentable.** Para los propósitos de este trabajo, se considera que una vivienda sustentable es aquella que cuenta con lámparas fluorescentes compactas, refrigeradores y lavadoras regidos por la última norma aplicada, con aislante térmico, y con calentadores solares de agua (Tabla 5.1)

Tabla 5.1 Equipos considerados para una vivienda sustentable

Equipo Eficiente	Tamaño	Consumo	Precio (pesos)
Refrigerador	15 pies ³	320 kWh/año	4,500
Lavadora	Agitador, 10kg	58 kWh/año	5,000
Lámpara Fluorescente Compacta	4 LFC de 13W	95 kWh/año	200
Estufa a gas	4 quemadores encendido electrónico	4 GJ/año	5,000

Fuente: PROFECO, CFE [24, 25]

- **Calentamiento solar de agua.** Se considera la sustitución de un calentador de agua a gas, que consume en promedio por hogar de 4.2GJ/año y que tiene un costo promedio de \$3,000 [33] por un calentador de agua de 2 metros cuadrados, que no tienen ningún consumo energético y que tiene un precio promedio con colocación de \$8,000.
- **Aislamiento térmico.** Se considera que, en los hogares de las regiones 1A, 1B, 1C, 1D, 1E y 1F, la colocación de aislante térmico en la vivienda, de lo cual se obtiene un ahorro energía de entre el 20 y el 40% [34]. Según precios obtenidos de la Procuraduría Federal del Consumidor (PROFECO) la colocación de aislante térmico incluyendo el material por metro cuadrado de aislante es en promedio de \$300.00.
- **Tamaño y alcance de un posible programa.** Tomando en cuenta que el crecimiento de las viviendas en México en los próximos 10 años, ascenderá los 8 millones de vivienda nueva. Se propone un programa de vivienda sustentable para vivienda nueva en tres distintos Escenarios a lo largo de seis años:
 - Escenario 1. Un millón de hogares Escenario 2. 1.5 millones de hogares Escenario 3. 3 millones de hogares
- **Nivel social de los participantes.** Para los propósitos de la estimación, solo se consideran dentro de los programas de vivienda a hogares en los deciles III, IV, V y VI distribuidas en las regiones arriba definidas como se muestra en la Tabla 5.2.

Tabla 5.2 Escenarios del programa de vivienda sustentable

Escenario	Región	No. de viviendas eficientes construidas	Distribución de viviendas construidas por deciles según ingreso			
			III	IV	V	VI
1	1	558,318	125,806	137,403	143,795	151,314
	1A	58,943	13,282	14,507	15,181	15,973
	1B	114,218	25,737	28,110	29,417	30,954
	1C	158,272	35,664	38,952	40,763	42,893
	1D	37,126	8,366	9,138	9,562	10,060
	1E	33,920	7,644	8,349	8,736	9,191
	1F	39,203	8,834	9,649	10,097	10,623
2	1	837,477	188,709	206,105	215,692	226,971
	1A	88,414	19,923	21,761	22,771	23,959
	1B	171,326	38,606	42,165	44,125	46,430
	1C	237,409	53,496	58,428	61,145	64,340
	1D	55,690	12,550	13,707	14,343	15,090
	1E	50,878	11,465	12,523	13,104	13,786
	1F	58,804	13,251	14,474	15,145	15,934
3	1	1,674,953	377,417	412,209	431,385	453,942
	1A	176,828	39,846	43,521	45,542	47,919
	1B	342,654	77,211	84,331	88,251	92,861
	1C	474,818	106,992	116,856	122,290	128,680
	1D	111,379	25,099	27,414	28,686	30,180
	1E	101,759	22,931	25,047	26,208	27,573
	1F	117,609	26,503	28,947	30,290	31,869

6. Cuantificación de co-beneficios

6.1 Impactos por hogar

Un programa de vivienda sustentable en el país tendría los siguientes impactos a nivel de vivienda, para todas las familias que participen en el programa:

- Ahorro promedio anual en electricidad que va desde 357 kWh para el decil III en la Región 1, hasta 2,301 kWh para el decil VI en la región 1F, que cuenta con el clima más extremo del país (Tabla 6.1).

Tabla 6.1 Ahorro promedio de electricidad por hogar por decil de ingreso por región climática

Región	Ahorro de electricidad por hogar (kWh)			
	III	IV	V	VI
1	357	421	497	587
1A	386	456	538	635
1B	454	536	633	747
1C	681	762	899	1,062
1D	919	1,029	1,215	1,357
1E	1,093	1,290	1,441	1,702
1F	1.399	1,651	1,948	2,301

- Ahorro promedio anual en gas que va desde poco menos de 0.4 GJ hasta 9.6 GJ, dependiendo del decil de ingreso y de la región climática considerada. Cabe mencionar que en el país, en las regiones con clima caluroso utilizan en menor cantidad el gas. No se requiere, por ejemplo, de calentadores de agua—y por lo mismo, los ahorros son mucho menores (Tabla 6.2).

Tabla 6.2 Ahorro promedio de gas por hogar por decil de ingreso según región

Región	Ahorro de gas por hogar (GJ)			
	III	IV	V	VI
1	7.8	8.4	9.0	9.6
1A	7.8	7.8	8.4	9.0
1B	0.8	1.8	6.0	6.0
1C	0.6	0.6	0.7	0.8
1D	0.4	0.5	0.6	0.6
1E	0.4	0.5	0.6	0.6
1F	0.6	0.7	0.8	0.8

- Ahorro monetario promedio anual desde 695 pesos hasta 2,800 pesos. Este ahorro contempla tanto la reducción de la cuenta de electricidad tanto como la de gas (Tabla 6.3)

Tabla 6.3 Ahorros monetarios por hogar por decil de ingreso

Región	Ahorro económico por hogar (Pesos)							
	III		IV		V		VI	
	Electricidad	Gas	Electricidad	Gas	Electricidad	Gas	Electricidad	Gas
1	408	2,127	481	2,332	568	2,551	671	2,786
1A	441	2,160	521	2,240	614	2,465	725	2,709
1B	519	695	612	1,009	722	2,045	853	2,175
1C	777	910	870	1,002	1,026	1,180	1,212	1,388
1D	1,049	1,137	1,175	1,285	1,386	1,519	1,549	1,681
1E	1,248	1,336	1,472	1,582	1,645	1,777	1,942	2,075
1F	1,597	1,729	1,885	2,039	2,224	2,400	2,626	2,803

6.2 Impactos a nivel nacional

A nivel nacional, los escenarios planteados resultarían en los siguientes impactos (Tabla 6.4):

- Ahorros en electricidad por año, desde 567 GWh para el Escenario 1 hasta casi 1,700 GWh en el Escenario 3.
- Ahorros anuales en gas que van desde 4.5 PJ por año en el Escenario 1 hasta casi 14 PJ en el Escenario 3.
- Ahorros promedios monetarios agregados en los hogares por año desde 1,638 millones de pesos por año, para el Escenario 1 hasta casi 5,000 millones de pesos en el Escenario 3.

Tabla 6.4 Ahorros energéticos y monetarios a nivel Nacional, por la implementación de un programa de vivienda eficiente en los hogares de México

Escenario	Ahorro Electricidad (Gwh /año)	Ahorro Gas (GJ/año)	Ahorro monetario (\$ Millones)
1	567	4.5	1,638
2	850	6.8	2,457
3	1,699	13.5	4,914

Además de lo anterior, el Gobierno Federal ahorraría en subsidios de gas y electricidad, desde casi 600 millones de pesos anuales en el Escenario 1 hasta poco más de 1,000 millones de pesos por año en el Escenario 3 (Tabla 6.5).

Tabla 6.5 Subsidios evitados por la aplicación de un programa de vivienda sustentable en México.

Escenario	Subsidios evitados por año (Millones de pesos)		
	En electricidad	En gas licuado	Total
1	259	337	596
2	388	505	893
3	776	1,011	1,787

6.3 Emisiones evitadas

La reducción de emisiones al medio ambiente por la implementación de programas de vivienda sustentable, son de 716 mil toneladas de CO₂ en el Escenario 1 y 2.15 millones toneladas en el Escenario 3 (Tabla 6.6).

Tabla 6.6 Emisiones contaminantes evitadas por la implementación de un programa de vivienda sustentable

Escenario	CO ₂ Miles de Toneladas	CH ₄ Toneladas	N ₂ O Toneladas	NO _x Toneladas	CO Toneladas	NM VOC Toneladas
1	716	14	6	620	52	14
2	1,100	20	10	930	70	21
3	2,150	41	19	1,900	157	43

6.4 Actividad económica

Desde una perspectiva económica, se estima que un programa tendría (Tabla 6.7):

- Una derrama económica, por la compra e instalación de equipos eficientes y aislamiento térmico, desde casi 17 mil millones de pesos por la aplicación completa (en los 6 años) en el Escenario 1 y hasta poco más de 50 mil millones de pesos en el Escenario 3.
- La creación de empleos por la implementación en los 6 años del programa, que va desde 35,000 para el Escenario 1 hasta poco más de 100,000 para el Escenario 3.

Commented [d1]: REVISAR

Tabla 6.7 Impacto económico del programa de vivienda sustentable por inversión e instalación de equipos y aplicación de aislantes térmicos en México.

Escenario	Inversión diferencial (Millones de pesos)	Empleos creados en manufactura de equipos	Empleos creados para instalación de colectores solares	Empleos creados por la instalación de aislamiento térmico
1	16,738	7,000	8,000	20,000
2	25,107	10,500	12,000	30,000
3	50,214	21,000	24,000	60,000

7. Conclusiones y recomendaciones

Como se ha referido, el desarrollo de la vivienda sustentable trae consigo un conjunto de beneficios directos e indirectos que se reflejan en las condiciones de las familias, de la economía y del medio ambiente.

De esta manera, el desarrollo de la vivienda sustentable aporta no solo a la política de proveer de un hogar a las familias sino también para apoyar su economía de manera directa al reducir gastos en energía y/o generar oportunidades de empleo; de proveer de un ambiente sano dentro y fuera de la vivienda, lo cual se refleja en menores gastos en salud; y de reducir los gastos que hace el gobierno federal en subsidios a la energía.

En particular:

- Cada familia que habita las viviendas del programa ahorraría entre 695 y 2,800 pesos pesos por año, lo cual representa entre el 1.2-2.6% de los ingresos de las familias participantes.
- Se estima que el programa tendría una derrama, por la compra e instalación de equipos eficientes, de hasta cerca de 50 mil millones de pesos en el plazo del programa.
- Se estima que la aplicación de la tecnología considera para el programa resultaría en la creación de hasta 100,000 empleos nuevos (para el Escenario 3).
- En particular, se estiman reducciones hasta de 2.15 millones de toneladas de CO₂ para el Escenario de mayor alcance (Escenario 3).
- Al consumir menos energía se reduce la aportación que hace por subsidio el gobierno federal hasta por poco más de 1,000 millones de pesos por año de pesos al año (En el Escenario 3).

Estos impactos no incluyen otros que no son fácilmente cuantificables pero que son también importantes:

- Desarrollo de empresas locales relacionadas a la instalación de equipos y sistemas asociados a la vivienda sustentable.
- Menor presión sobre la infraestructura de distribución de electricidad.
- Prevención y mitigación de enfermedades asociadas a la calidad del aire interior en las viviendas.

Por lo anterior se considera de la mayor importancia que se considere al programa de vivienda sustentable como una línea de acción que apoya la aplicación de un conjunto amplio de políticas públicas en México, en particular:

- Generar ciudades sustentables, seguras, competitivas y habitables, que lleve a una mejor calidad de vida de la población.
- Fortalecer la operación, productividad y competitividad de la micro, pequeña y mediana empresa” la cual está relacionada con el desarrollo del mercado de productos y servicios asociados a la sustentabilidad.

Commented [d2]: REVISAR

ANEXO I. Metodología

En esta sección se explica la metodología seguida para construir los escenarios de un programa de vivienda energéticamente eficiente para México y para cuantificar los co-beneficios derivados del programa.

Los co-beneficios que se cuantificaron fueron los siguientes:

- Ahorros monetarios a nivel de vivienda y a nivel de programa
- Ahorros en subsidios a combustibles
- Empleo directo creado por el programa
- Derrama económica por compra de equipos eficientes
- Emisiones evitadas de CO₂, CH₄, N₂O, NO_x, CO y NMVOC

1. Se define el número de viviendas a ser construidas en el programa durante un período de seis años.

Para México se proponen tres escenarios con diferentes números de viviendas, basado en el crecimiento del número de hogares y las necesidades de vivienda en este periodo:

- **Escenario 1:** 1 millón de viviendas dentro del programa
- **Escenario 2:** 1.5 millones de viviendas, y
- **Escenario 3:** 3 millones de viviendas.

2. El total definido en el punto anterior desagrega en tres dimensiones

- Por nivel de ingreso**
- Por región.** Las regiones se establecen de acuerdo a la temperatura media mínima en verano basado en la regionalización que hace CFE en México:

Región	Temperatura media mínima en verano
1	menor a 25°
1 A	25°
1 B	28°
1 C	30°
1 D	31°
1 E	32°
1 F	33°

3.

- Por año (para los seis años del programa)**

4. Se establece el ahorro de energía unitario por decil de ingreso, por región y por energético (electricidad, gas y leña)

- a. Se estiman consumos unitarios por decil de ingreso , por región y por energético. Estos estimados se calibran al agregan en valores por energético que se comparan con los valores agregados que muestra las estadísticas nacionales (en este caso el Balance Nacional de Energía).
 - b. Se identifican las tecnologías a ser aplicadas y se definen sus costos y sus ahorros unitarios por decil de ingreso , por región y por energético.
 - c. Se establecen los ahorros en función del diferencial entre los estimados de consumo actual y los que se logran con los ahorros
5. Se definen los costos unitarios de la tecnología utilizada. Las tecnologías consideradas son:

	Convencional (Pesos)	Eficiente (nuevo) (Pesos)	Diferencia
Refrigerador (eficiente)	2,250	4,500	2,250
Lavadora (eficiente)	2,000	5,000	3,000
Lámpara Fluorescente Compacta	3	50	47
Calentador solar	-	8,500	8,500
Estufa gas	2,500	5,000	2,500

Fuente: PROFECO

6. Se definen los precios promedio de la energía a ser considerados para programa.

Electricidad	1.1415	\$/ kWh
Gas	220.4	\$/ GJ

7. Se establecen estimados de empleos por equipo instalado

	Empleo (cada mil viviendas / año)
Refrigerador (eficiente)	1
Lavadora (eficiente)	1
Lámpara Fluorescente Compacta	1
Calentador solar	8
Estufa gas	1

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI "Encuesta Anual de la Industria de la Manufactura 2009-2010" México, 2012 y referencias de expertos en energía solar del país

- 8. Se calcula el ahorro económico unitario por decil de ingreso y por región.**
- 9. Se calculan los impactos económicos globales (ahorros y derrama económica)**
 - a. Por año**
 - b. Para todo el período en el que aplica el programa**
- 10. Se calculan las emisiones evitadas.** Para el cálculo de emisiones proveniente de la generación de electricidad se considera la distribución de combustibles utilizados en las plantas de generación del país, la energía primaria que se requiere para cada tipo de central generadora y los factores de emisión de gases de efecto invernadero de cada uno de los energéticos considerados⁷.

⁷ Se usan los factores de emisión del IPCC

Anexo II. Tipología de los beneficios no-energéticos de la mitigación del CO₂ en los edificios

Los co-beneficios de la mitigación de las emisiones de CO₂ en edificios residenciales son numerosos, y antes de que sean evaluados detalladamente, resulta de gran utilidad identificarlos y clasificarlos. A menudo no es posible compartimentar totalmente los co-beneficios, ya que es inevitable que algunos de ellos se traslapen. A veces uno es el resultado de otro (por ejemplo, una mejoría en las condiciones de salud, como resultado de la reducción de la contaminación del aire). Asimismo, la mayoría de los estudios existentes no proporcionan una clasificación explícita de estos beneficios en el sector de la construcción: normalmente, los estudios se centran en una selección de estudios de caso por países o enumeran los co-beneficios que consideran más importantes [3].

Sin embargo, existen algunas clasificaciones generales de los co-beneficios de la reducción de las emisiones de CO₂ que podrían aplicarse para clasificar los beneficios de las emisiones de CO₂ en los sectores usuarios de energéticos. Por ejemplo, la Agencia Internacional de Energía (AIE) [35] clasifica los co-beneficios no-energéticos de acuerdo con la naturaleza del beneficio y del beneficiario como sigue:

- Co-beneficios financieros directos que le corresponden a los gobiernos y a los proveedores de energía, así como a los propietarios de inmuebles y a los participantes de los programas de eficiencia energética;
- Co-beneficios económicos indirectos para los participantes de los programas de eficiencia energética, los que pagan intereses, los que pagan impuestos, los propietarios de inmuebles, y la sociedad en general;
- Co-beneficios relativos al bienestar social y a los medios de subsistencia para los participantes, la comunidad local y la sociedad como un todo.

Para este proyecto, los co-beneficios serán clasificados en las siguientes categorías: económicos, de carácter social/político, de salud, de la compañía que provee servicios energéticos y ecológicos. Pueden tener impactos directos sobre los distintos sectores de la economía y/o de la sociedad; principalmente en los hogares, el gobierno y/o en los servicios (Tabla 1).

Cuando se trata de medidas de mitigación climática aplicadas a edificios, aún en el caso de que las reducciones de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) puedan ser similares en construcciones nuevas y en construcciones reacondicionadas del mismo tamaño, existe una diferenciación en el nivel de los co-beneficios resultantes, particularmente con relación a sus impactos en la creación de empleo y en la economía en general (que será abordado en el cuerpo del texto).

Tabla 1. Co-beneficios derivados de las mejoras en la eficiencia energética de los edificios residenciales⁸

Categoría	Sub-categoría de beneficio no-energético	Principal grupo beneficiario			
		Usuarios/dueños de los hogares	La sociedad	El gobierno	Compañía energética
Co-beneficios económicos	Reducción en el pago de facturas [2]	•			
	Mayores ganancias de por vida [2]	•			
	Energéticos a precios más bajos [2]	•			
	Mayor vida útil de los edificios, tasas más bajas de desgaste y ciclos más largos de reacondicionamiento y reparación [9].	•			
	Eliminación de los cortes y las desconexiones de servicios [4].	•			
	Mayores posibilidades de alquilar o vender espacios energéticamente eficientes, mayor precio de los inmuebles [2, 4, 9].	•			
	Impactos positivos en investigación, innovación y desarrollo empresarial [9].		•		
	Creación de empleos y mejoramiento en la capacidad de aprender y obtener ingresos [2, 4, 6, 10].		•		
	Más dinero gastado en la comunidad [9].		•		
	Nuevas oportunidades de negocio [2].		•		
	Mejoramiento en la calidad estética de los edificios y las comunidades [4, 6].		•		
	Aumento en la productividad [2, 4].		•		
	Reducción en los gastos de los subsidios a las tarifas [4, 5].			•	
	Ahorros por concepto de agua y drenaje [4].			•	
	Aumentos en la recaudación de impuestos federales [4, 5]			•	
	Eliminación de los costos para reducir la contaminación del aire [1].				•

⁸Esta división está basada en la clasificación presentada por Ürge-Vorsatz et al.

Tabla 1.(cont.) Co-beneficios derivados de las medidas de eficiencia energética en los edificios residenciales

Categoría	Sub-categoría de beneficio no-energético	Principal grupo beneficiario			
		Usuarios/ dueños de los hogares	La sociedad	El gobierno	Compañía energética
Co-beneficios sociales y políticos	Aumento en el confort [4, 9].	•			
	Beneficios para los grupos socialmente vulnerables (ejemplo, igualdad de género) [2].		•		
	Creación de “comunidad” [36].		•		
	Reducción de la dependencia en la importación de energéticos [6, 9].		•		
	Adaptación al cambio climático [10].		•		
	Protección a las viviendas de la posibilidad de sufrir cortes de energía [6, 9].				•
	Prolongación de la vida de las redes de distribución de energía eléctrica [9].				•
	Aumento en la popularidad política [2].			•	
	Cumplimiento de la normatividad internacional			•	
Co-beneficios de salud	Reducción de la contaminación del aire interior [2, 6, 7].	•			
	Reducción de la contaminación del aire exterior [2, 6].		•		
	Mortalidad reducida [2, 5, 8].	•			
	Morbilidad reducida [2, 5, 8].	•			
	Efectos fisiológicos reducidos [2, 8].	•			
Co-beneficios en la provisión de servicios energéticos	Menos cortes y re-conexiones del servicio ocasionados por negligencia en los pagos [4, 5].				•
	Reducción de gastos en notificaciones, cobros y llamadas a clientes [4, 5].				•
	Menor cancelación de deuda impagable [4].				•
	Reducción de pérdidas de transmisión y distribución [4].				•

Tabla 1.(cont.) Co-beneficios derivados de las medidas de eficiencia energética en los edificios residenciales

Categoría	Sub-categoría de beneficio no-energético	Principal grupo beneficiario			
		Usuarios/dueños de los hogares	La sociedad	El gobierno	Compañía energética
Co-beneficios ambientales	Reducción del escombros producido por las construcciones y las demoliciones [2, 6].			•	
	Aumento en la vegetación urbana [2].		•		
	Reducción de los impactos del calentamiento global [36].		•		
	Minimización del agotamiento de la capa de ozono [36].		•		
	Reducción de las islas de calor urbano [36].		•		

Co-beneficios derivados de la introducción de mejoras de eficiencia energética en los edificios residenciales

Co-beneficios económicos

Los co-beneficios económicos se refieren a los beneficios que se obtienen mediante el ahorro de costos en diversos ámbitos derivados del ahorro de energía en los hogares, y a los demás co-beneficios económicos que son generados por estos ahorros. También se refieren a los impactos económicos de mayor alcance, tales como la innovación y la creación de empleo, que se pueden derivar de los desarrollos para alcanzar la eficiencia energética.

- *Reducción en el pago de facturas por consumo de energéticos*

En promedio, el menor consumo de energía derivado de las mejoras en la eficiencia energética se traduce en una disminución en los pagos por concepto de energía consumida [3].

- *Mayores ingresos de por vida*

Debido a que las inversiones en casas habitación son de largo plazo, la eficiencia energética puede traducirse en ahorros en las facturas durante muchos años y, como consecuencia, en mayores ingresos de por vida [3].

- *Reducción en los precios de los energéticos*

Las mejoras en la eficiencia energética a gran escala puede llevar a la disminución en el precio de los combustibles y energéticos para los edificios debido una baja en la demanda de los mismos resultante de la implementación de medidas de eficiencia energética [3].

- *Mayor vida útil de los edificios, tasas más bajas de desgaste y ciclos más largos de reacondicionamiento y reparación.*

En las construcciones que están mejor aisladas se eliminan los problemas de humedad asociados, por ejemplo, con puentes térmicos y sótanos húmedos. El aislamiento térmico reduce la exposición a las condiciones fluctuantes del exterior, y por lo tanto, evita la humedad, la oxidación y la formación de moho [37].

- *Se evitan cortes y re-conexiones de servicios*

Con las mejoras en eficiencia energética en los hogares beneficiarios, es menos probable que las familias que habitan en ellos se retrasen en los pagos de sus facturas o se expongan a que se les corte el servicio por falta de pago [38].

- *Mayores posibilidades de alquilar o vender espacios eficientes en energía, mayor precio de los inmuebles*

En muchos casos, en los programas de eficiencia energética, además de instalar dispositivos para tal fin, hacen algunas mejoras y reparaciones estructurales en las casas en las que se aplican. Los proyectos de eficiencia energética también pueden mejorar la calidad estética de los edificios, aislarlos mejor del ruido, y si se combinan con medidas más integrales, también se pueden lograr mejoras técnicas adicionales.

Por lo general, las mejoras estructurales proporcionadas por estos programas aumentan el valor de la construcción de las viviendas beneficiarias, y permiten aumentar los precios de renta. Esto representa una ganancia monetaria para dichos hogares que va más allá de los ahorros monetarios asociados con las mejoras de eficiencia energética que se realizan. Además, las reparaciones estructurales pueden extender la vida útil de las viviendas beneficiarias y preservar la reserva existente de vivienda para personas de bajos recursos [3, 37, 38].

- ***Impactos positivos en la investigación, en la innovación y en el desarrollo empresarial***

Las nuevas tecnologías requieren de un alto nivel de conocimientos especializados para su desarrollo e implementación, y para la capacitación de los usuarios, mientras que lograr el nivel necesario de capacidad de mercado para la eficiencia energética también puede estimular a las industrias asociadas al comercio y a la consultoría. Esto implica que los impactos directos e indirectos pueden ir más allá de la industria de la construcción y tener un efecto multiplicador genuino [37].

- ***Creación de empleo y mejoramiento en la capacidad de aprender y ganar (prevención del desempleo)***

La inversión en reacondicionamiento y construcción verde puede tener un impacto fuertemente positivo en el mercado laboral, debido a que la mayor parte del trabajo invertido en construir vivienda sustentable, se realiza a partir de entrega e instalación de equipos y construcción. La mayoría de los empleos serán creados a nivel local y éstos a su vez propiciarán otras oportunidades de empleo. En particular, el reacondicionamiento de edificios aumenta directamente el empleo, ya que si no existiera una intención de hacer más eficiente un edificio, el trabajo no se habría realizado [39] (Ver Anexo IV).

- ***Más dinero gastado en la comunidad***

Los gastos de eficiencia energética pueden afectar a la economía local, ya que una parte del dinero que no es gastado por la comunidad para importar energía, se gasta dentro de la misma. Esto se conoce como efecto multiplicador [37].

- ***Nuevas oportunidades de negocio***

Los nuevos nichos de mercado para las empresas de servicios energéticos pueden beneficiar más ampliamente a la economía [3]. Los productos y servicios innovadores se traducen en un mayor

número de opciones, en servicios mejor adaptados a las necesidades, y en precios más bajos. Esto a su vez puede ocasionar un incremento en la productividad tanto de quienes suministran los servicios, como de quienes los utilizan. La innovación fomenta la competitividad y el crecimiento del mercado [38, 40].

- ***Mejora en la calidad estética de comunidades y edificios***

Los co-beneficios positivos de los proyectos de eficiencia energética también pueden traducirse en mejoras en la calidad estética de las construcciones [38, 40].

- ***Mejora en la productividad***

Se pueden obtener ganancias como consecuencia del surgimiento de nuevas oportunidades de negocio y de la creación de empleos. Por lo general los edificios energéticamente eficientes representan para sus ocupantes co-beneficios que se traducen en mejores condiciones de salud y de productividad. Cuando los adultos tienen menos resfriados, eso significa que también se reduce el número de días de trabajo perdidos y la consiguiente pérdida de salario. Además, cuando los niños están enfermos, los padres o tutores a menudo tienen que faltar al trabajo para cuidar de ellos, otra vez a costa de salarios caídos [38].

- ***Se evitan los subsidios a las tarifas***

Los ahorros originados por las medidas de eficiencia energética también tienden a provocar una disminución en la venta de unidades de energía subvencionada. En la mayoría de los países en desarrollo los servicios de suministro de energía para la población están fuertemente subsidiados. Si se utiliza la energía de manera más eficiente, los subsidios se pueden evitar sustancialmente.

Incluso en los países desarrollados, muchas instituciones públicas de suministro de agua, gas y electricidad cuentan con tarifas subsidiadas para sus clientes de bajos recursos. En consecuencia, cada unidad de energía consumida por este tipo de clientes representa un gasto para dichas instituciones y para sus otros clientes, cuyos pagos ayudan a subsidiar las tarifas con descuentos. Cuando se ve reducida la cantidad de energía utilizada por los clientes de bajos recursos a consecuencia de un programa de eficiencia energética, disminuye la venta de unidades de energía subvencionada y tanto las instituciones de suministro como sus otros clientes ahorran dinero [35, 38].

- ***Ahorros por concepto de agua y drenaje***

A menudo, muchos hogares reciben regaderas de bajo flujo y aireadores adaptables para llaves de agua, como parte del paquete instalado de dispositivos de eficiencia energética. Además de ahorrar energía, estos dispositivos reducen el consumo doméstico de agua (por lo que también conlleva un beneficio ambiental). Por lo tanto, los hogares que reciben estos servicios ahorran dinero en sus facturas de agua y, debido a que los cargos por servicio de alcantarillado

generalmente se basan en la cantidad correspondiente al consumo de agua, las facturas por el citado servicio también se reducen [38].

- ***Aumentos en la recaudación de impuestos federales***

Los nuevos puestos de trabajo y los aumentos en el ingreso personal pueden traducirse en aumentos en las recaudaciones de impuestos sobre la renta a nivel federal [35, 38].

- ***Ahorro en los costos para reducir la contaminación del aire y controlar la calidad del aire***

Al mejorar la calidad del aire, también se reducen los gastos por concepto de dispositivos costosos para el control de la calidad del aire, tecnología para abatir la contaminación [41].

Co-beneficios políticos y sociales

Los co-beneficios sociales se refieren a las mejoras en la calidad de vida y el bienestar de la sociedad en general que pueden resultar de los hogares energéticamente eficientes. Los co-beneficios políticos incluyen la seguridad energética y la popularidad política derivada de estas medidas.

- ***Aumento en el confort***

Las medidas de mitigación, tales como el mejoramiento del aislamiento térmico y de la ventilación, pueden conducir hacia una normalización de los indicadores de temperatura y humedad; a la pureza del aire, a la reducción del estrés causado por el calor a través de islas de calor reducido (menor consumo de energía local y de evaporación de agua en los jardines urbanos, concretamente de los muros y azoteas verdes), y a la reducción de la humedad y del moho. Todos estos efectos llevan a un aumento en el confort [37, 38].

- ***Co-beneficios para los grupos socialmente vulnerables (ejemplo, equidad de género)***

Con una eficiencia energética alta y con la introducción de estufas limpias, las mujeres y los niños pueden ahorrarse varias horas al día y varios kilómetros caminata que a diario invierten en promedio en la recolección de leña. En lugar de recolectar leña, los niños pueden ir a la escuela y las mujeres pueden ingresar a la fuerza laboral [3]. Además, el mejoramiento en la salud y el bienestar público, (temas que se abordarán más adelante) puede tener impactos económicos a partir de la reducción de los costos de la atención médica, tanto para las familias como para los gobiernos. Los gobiernos pueden utilizar los ingresos adicionales para acrecentar los programas de salud pública; y en ambos casos, estos beneficios tienen mayores impactos en los hogares más pobres.

- ***Creación de “comunidad”***

Cuando son implementados a escala comunitaria, los desarrollos verdes pueden volver a colocar a las personas en barrios residenciales enfocados en la gente, en donde los residentes interactúan con sus vecinos. La seguridad aumenta y la dependencia del automóvil disminuye [36].

- ***Reducción de la dependencia en la importación de energéticos***

Los hogares más eficientes permiten una mejor disponibilidad de la energía a nivel nacional. Invertir en eficiencia energética puede ser una alternativa más barata al aumento en la capacidad de suministro de energía. Asimismo, esto puede conducir hacia una reducción de la dependencia energética [37, 40].

- ***Adaptación al cambio climático***

Algunas medidas de eficiencia energética como la ventilación, el aislamiento, etc. pueden hacer que las residencias sean más resistentes a los cambios de patrones del tiempo, lo cual significa que las casas climatizadas son más resistentes al cambio climático [42].

- ***Proteger a las viviendas de la posibilidad de sufrir cortes de energía***

Las casas que son energéticamente eficientes se protegen a sí mismas frente a la posibilidad de sufrir cortes en el suministro de energía. La eficiencia energética también significa menores niveles de carga en las redes eléctricas, lo cual ayuda a evitar apagones [37, 40].

- ***Prolongación de la vida de las redes de distribución de energía eléctrica***

Las redes de distribución de energía eléctrica también experimentan menos intensidad de carga debido a una mayor eficiencia energética en la vivienda, y por consiguiente, su vida se alarga [37].

- ***Aumento en la popularidad política***

Existen reportes sobre el hecho de que los líderes políticos que han introducido medidas de eficiencia energética a gran escala en beneficio de la población, han ganado popularidad y votos [3].

- ***Cumplimiento de la normatividad internacional***

El mejoramiento de la eficiencia energética y el acceso a la energía son dos de los principales objetivos de la iniciativa “Energía para Todos” del Secretario General de las Naciones Unidas, en la que participan la mayoría de los países de América Latina.

Un cambio que sustituya las viviendas tradicionales por construcciones verdes también representa una oportunidad única de alcanzar el objetivo número 11 de los Objetivos de Desarrollo del Milenio que están enfocados a mejorar para el año 2020 las condiciones de 100 millones de personas que habitan en asentamientos marginados [39].

Co- Beneficios para la salud

Los co-beneficios de salud están relacionados con la calidad del aire y las mejoras en el confort (que serán descritas más adelante) derivadas de las medidas de mitigación.

- **Reducción de la contaminación del aire en interiores**

La reducción de la contaminación del aire en interiores es particularmente importante en las viviendas rurales y de muy bajos ingresos, ya que el humo de la quema de biomasa contribuye a aumentar las infecciones respiratorias agudas en los niños pequeños y a las enfermedades pulmonares obstructivas crónicas en los adultos. Los hornos defectuosos pueden liberar monóxido de carbono en las casas, con efectos muy negativos sobre la salud.

La calidad del aire en interiores mejora a través de una mejor ventilación que elimina los desechos gaseosos y humos tóxicos emanados de los materiales y de las actividades de construcción, y de la reducción de la combustión incompleta de combustibles fósiles y biomasa.

El mejoramiento de los equipos de calefacción y cocina a través de medidas de eficiencia energética pueden evitar dichas emanaciones. Los edificios verdes eficientes ayudan a crear condiciones más saludables, ya que contribuyen a mantener la estabilidad del clima al interior de las viviendas, a disminuir las corrientes de aire frío que se filtran a través de ventanas, paredes, pisos y techos en climas fríos, y a mejorar la protección del sol y la ventilación en climas cálidos. [3, 40, 43].

- **Reducción de la contaminación del aire al exterior de las viviendas**

La contaminación del aire al exterior de las viviendas se reduce a través de una disminución en la quema de combustibles fósiles para la generación de electricidad, la minimización del efecto de isla de calor en periodos cálidos mediante la reducción del consumo de energía local, etc. Este co-beneficio también puede producir efectos positivos de mayor alcance tales como evitar los daños a las construcciones de edificios [3, 40].

- **Reducción de la mortalidad**

La mortalidad se reduce a través de una disminución de la contaminación del aire tanto al interior como al exterior de las viviendas, y del estrés térmico en mejores construcciones. La reducción de la mortalidad conduce hacia a un aumento en el número de días laborales de las personas [1, 3, 35].

- **Reducción de la morbilidad**

Las inversiones en viviendas adaptadas a las condiciones climáticas y energéticamente eficientes, pueden reducir significativamente la transmisión de enfermedades infecciosas y ayudar a prevenir muchas de las enfermedades no transmisibles. Muchas de las mejoras en las viviendas también pueden mejorar la salud mental y la sensación de bienestar. La morbilidad se reduce a través de

los impactos arriba descritos, y mediante una mejor iluminación, la reducción del moho, una ergonomía amable, mejor ventilación, etcétera. De este modo, se pueden lograr otros co-beneficios, como evitar ingresos a hospitales, recetas de medicamentos, días inactivos, y pérdidas de productividad [1, 3, 35].

- **Reducción de efectos fisiológicos**

Las mejoras en la salud y el bienestar también conducen hacia la obtención de mejores beneficios de aprendizaje y productividad ocasionados por una mejor concentración, y a la generación de ahorros al evitar el "síndrome del edificio enfermo" [1, 3].

Co-beneficios en la prestación de servicios energéticos

Los co-beneficios de la prestación de servicios se refieren a los ahorros en costos, tiempo y recursos que obtienen las compañías de servicios de energía, como consecuencia de las medidas de eficiencia energética, que posiblemente se traducen en mejoras en la prestación de servicios.

- **Menos cortes y re-conexiones del servicio ocasionados por negligencia en los pagos**

Es menos probable que las familias que habitan en viviendas energéticamente eficientes se atrasen en el pago de sus facturas, lo que significa que también es menos probable que les corte el servicio de luz, gas o agua por falta de pago. Debido a que las empresas que suministran dichos servicios incurrir en costos tanto para desconectarlos, como para volverlos a conectar, por el solo hecho de que estas familias puedan pagar sus cuentas y mantener el servicio funcionando, ya están ahorrando dinero [35, 38].

- **Reducción de gastos en notificaciones, cobros y llamadas a clientes**

Las familias que cuentan con servicios de eficiencia energética tienden a disminuir su consumo de energía, y esto disminuye el monto de sus facturas y se les hace más fácil pagarlas. De la misma manera, las instituciones públicas de suministro de agua, gas y electricidad no tienen que enviar tantos recordatorios a sus clientes morosos, ni recibir tantas llamadas de los clientes con relación a estas situaciones. Todo esto se traduce en un ahorro tanto en materiales, como en el tiempo del personal que labora en estas instituciones [35, 38].

- **Menor cancelación de deuda impagable**

Las mejoras en la eficiencia energética de las viviendas llevan a una disminución en el tamaño promedio de las deudas incobrables canceladas y en el número de ese tipo de cuentas debido a que las facturas por concepto de servicios de energía son por montos bajos, y por lo tanto se vuelven más accesibles para un mayor número de hogares [38].

- **Reducción de pérdidas de transmisión y distribución**

Las medidas para lograr la eficiencia energética se traducen en un bajo consumo de la energía (por ejemplo, gas o electricidad) que es transportada a los hogares, y esto a su vez resulta en una disminución en la cantidad de pérdidas. Una de las consecuencias naturales de transportar energía eléctrica a lo largo de las líneas de transmisión y distribución (T&D), es la pérdida de una determinada cantidad de la misma. Estas pérdidas son asumidas tanto por la empresa responsable de dicha transmisión y distribución, como por sus clientes. Así como mediante los programas de eficiencia energética se reduce el consumo de electricidad en las viviendas, también se reduce la cantidad de electricidad que se debe transportar, y esto a su vez resulta en una disminución de las pérdidas que se producen por concepto de su T&D [38].

Co- Beneficios ambientales

Los beneficios ambientales son aquellos relacionados con el mejoramiento del medio ambiente, tales como la reducción de los desperdicios y el aumento de la vegetación.

- ***Reducción del escombros producido por las construcciones y demoliciones***

La tasa de residuos puede ser reducida debido a que el manejo de residuos de construcción y demolición es una parte vital de la iniciativa "edificios verdes". Según la definición de la Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU, esta iniciativa incluye una cuidadosa planificación de la "reducción, reutilización y reciclaje de los residuos generados por la construcción de edificios, la renovación, la deconstrucción y la demolición" [3, 40].

- ***Aumento en la vegetación urbana***

Este es un co-beneficio que se obtiene, por ejemplo, de las azoteas y los muros verdes. Está relacionado con las mejoras estéticas de las que se habló anteriormente [3].

- ***Reducción de los impactos del calentamiento global***

Los edificios energéticamente eficientes contribuyen en menor grado al calentamiento global y por lo tanto disminuyen los posibles impactos derivados de este fenómeno [36].

- ***Minimización del agotamiento de la capa de ozono***

Los edificios verdes minimizan la utilización (y la liberación) de sustancias que contribuyen al agotamiento del ozono. Con la renovación de los edificios existentes se pueden tomar medidas para capturar y destruir sustancias que lo destruyen tales como los refrigerantes y los agentes soplados [36].

- ***Reducción de las islas de calor urbano***

Los tejados reflejantes y los techos verdes no contribuyen de manera significativa al efecto de isla de calor urbano, el cual provoca que en las zonas urbanas con muchas superficies oscuras, se registren temperaturas hasta 15°F (8°C) más altas que las que se registran en el campo

subdesarrollado que las rodea. Entre más altas son las temperaturas del aire, hay más smog y los costos de enfriamiento también son más altos [6].

Anexo III. La calidad del aire en interiores

Definición de calidad del aire en interiores

Los edificios existen principalmente para proporcionar un ambiente sano y confortable en el que las personas puedan trabajar y vivir. El ambiente interior debe mantenerse a una temperatura agradable y saludable, con un suministro suficiente de aire fresco, estar libre de humedad, corrientes de aire y contaminantes; también debe estar libre de ruido y bien iluminado [44].

El término *ambiente interior* se refiere a la combinación de los ambientes térmicos, atmosféricos, acústicos, mecánicos, psicológicos y estéticos. La calidad del aire en interiores se define en función de la manera en la que todas las características del aire interior tienen un impacto en el hombre y está determinada principalmente por el ambiente atmosférico, particularmente por la presencia de contaminantes del aire en interiores. Sin embargo, otros componentes del ambiente interior, tales como la temperatura, la ionización y la humedad, pueden interferir con la percepción de la calidad del aire en interiores [44].

Los problemas de calidad del aire en interiores son reconocidos como factores de riesgo importantes para la salud humana, tanto en los países de bajos, medianos y altos ingresos. El aire interior también es importante porque la gente pasa una gran parte de su tiempo adentro de edificios [44].

Requerimientos de ventilación y eficiencia energética

El proceso de proveer aire fresco a edificios en la cantidad apropiada para contrarrestar la producción de calor y contaminantes por parte de los ocupantes se conoce como ventilación. En muchas ciudades y municipalidades la cantidad de ventilación está estipulada por la ley en el reglamento de construcción.

El intercambio de aire entre el interior y el exterior es crucial tanto para la calidad del aire interior como para el uso racional de la energía. El intercambio de aire puede resultar de filtraciones a través de la envolvente, a través de puertas, ventanas y aberturas diseñadas con este propósito, o ser proporcionada por un sistema de ventilación mecánica. La ventilación natural depende de la hermeticidad de la envoltura, el comportamiento del ocupante y de variables físicas como la diferencia de temperatura entre el interior y el exterior, la velocidad del viento, etcétera [44].

Pueden existir cientos de puntos de penetración de aire en el exterior de un edificio convencional. Estos huecos y aberturas son, con frecuencia, originados durante la edificación y las perforaciones para cableados, trabajos de fontanería y conductos. El sellado del edificio, combinado con una ventilación adecuada, puede reducir las facturas de energía y eliminar corrientes y agentes contaminantes no deseados. Sin embargo, existe la preocupación de que algunas medidas para el ahorro de energía pueden tener un efecto adverso en el ambiente interior [44].

Por otro lado, las medidas de ahorro de energía pueden reducir la ventilación en edificios al hacerlos más herméticos y reduciendo la presurización de espacios no acondicionados (por ejemplo el sellado de ductos). La humedad interior, corrientes de aire disminuidas y menos cambios de aire implican un potencial de riesgo para los ocupantes por el aumento de la exposición a los contaminantes generados en interiores [45].

Una ventilación inadecuada se debe generalmente a:

- Un insuficiente suministro de aire fresco, como consecuencia de una elevada recirculación del aire o de un bajo caudal de impulsión.
- Una mala distribución y consecuentemente una mezcla incompleta con el aire exterior, que provoca estratificaciones del aire y diferencias de presión entre los distintos espacios y zonas del edificio.
- Una incorrecta filtración del aire debido a un mantenimiento incorrecto o a un diseño inadecuado del sistema de filtración.
- Una temperatura de aire y humedad relativa extremas o fluctuantes.
- Una falta de hábito de los habitantes de ventilar a través de puertas y ventanas.

Salud y confort aspectos de la contaminación del aire interior y el ambiente térmico

El ambiente en interiores tiene que cumplir con dos requisitos para satisfacer a sus ocupantes. En primer lugar, debe representar un riesgo insignificante para la salud. En segundo, debe ser cómodo y agradable. El grado de variación en los requerimientos humanos puede ser bastante grande. Esto se debe a que las personas tienen diferentes sensibilidades con relación al ambiente interior y pasan distintas partes de su tiempo en él [1]. El requisito básico de una vivienda térmicamente confortable y saludable es proteger a los residentes contra la condensación de la humedad, los extremos de calor y frío y la resequeidad excesiva. Los especialistas en salud han expresado una preocupación especial por la posible relación entre la reducción de la temperatura del aire, la reducción en la ventilación y el aumento de la humedad al interior de las viviendas, y la incidencia de enfermedades respiratorias [46].

Los cambios en el Estado de salud de una persona debidos a la mala calidad del aire interior pueden manifestarse en diversos síntomas agudos y crónicos así como en una variedad de enfermedades específicas. Aunque los casos en los que la mala calidad del aire interior da lugar al desarrollo completo de una enfermedad son pocos, éste puede causar malestar, estrés, ausentismo laboral y pérdida de productividad (con aumentos paralelos en los costos de producción) [47].

Hay varios factores y condiciones que determinan si el clima interior lleva a la salud y al confort. Los más importantes son:

- la temperatura del aire

- la humedad relativa
- La ionización del aire
- la contaminación interior

La temperatura

Aunque las personas tienen requerimientos variables con relación a la temperatura, las condiciones térmicas al interior de las viviendas son importantes para la salud y el confort. La Organización Mundial de la Salud recomienda una temperatura interna mínima de 18 °C y una máxima de entre 20-21 °C para la salud de los grupos más vulnerables, tales como las personas mayores y los niños pequeños.

En condiciones de temperaturas bajas el corazón trabaja de más, el aire frío enfría a los pulmones y a los conductos respiratorios y la exposición prolongada a temperaturas bajas está asociada a resfriados e infecciones secundarias de las vías respiratorias.

En condiciones de temperaturas altas, el estar cómodo involucra el disipar el calor de exceso para prevenir que se eleve la temperatura del cuerpo. Esto se logra por medio de una diversión de sangre de los órganos internos a la superficie del cuerpo, lo que lleva a una disminución del flujo de sangre a estos órganos y que resulta en síntomas de enfermedad tales como indigestión, dolor de cabeza, mareos y un sentimiento generalizado de debilidad.

La humedad

Humedad en interiores y riesgos a la salud

Se denomina humedad ambiental a la cantidad de vapor de agua presente en el aire. La humedad relativa es la relación porcentual entre la cantidad de vapor de agua real que contiene el aire y la que necesitaría contener para saturarse a idéntica temperatura, por ejemplo, una humedad relativa del 70% quiere decir que de la totalidad de vapor de agua (el 100%) que podría contener el aire a esta temperatura, solo tiene el 70%.⁹ La humedad interior ideal es por debajo del 60 % (lo ideal es entre 30 y 50 %) de humedad relativa [48].

La presencia de muchos agentes biológicos en los ambientes interiores es atribuible a la humedad y a la ventilación inadecuada. En prácticamente todos los materiales interiores, el exceso de humedad conduce al crecimiento de microbios, tales como moho hongos y bacterias, que posteriormente desprenden esporas, células, fragmentos y compuestos orgánicos volátiles hacia el aire interior. Además, la humedad inicia la degradación química o biológica de los materiales, lo cual también contamina dicho aire [49].

La exposición a ambientes húmedos y mohosos puede causar una variedad de efectos sobre la salud, o ninguno en absoluto. Algunas personas son sensibles al moho. Para ellas, éste puede causar congestión nasal, irritación de garganta, tos, sibilancias, irritación de los ojos, o, en algunos

⁹ <http://es.wikipedia.org/wiki/Humedad>

casos, irritación de la piel. Las personas que son alérgicas al moho pueden presentar reacciones más severas; y tanto aquellas que tienen afecciones del sistema inmunológico como las que padecen enfermedades pulmonares crónicas, como por ejemplo, una enfermedad pulmonar obstructiva, al estar expuestas al moho pueden sufrir infecciones pulmonares graves [17]. El exceso de humedad ambiental aumenta la posibilidad de contraer enfermedades respiratorias como el asma, sinusitis, e infecciones pulmonares como la bronquitis. Debido a la humedad contenida en el aire puede tener sensación de malestar, escalofríos, cansancio, dificultad al respirar, pies fríos, dolor de cabeza, malos olores, etc. El frío y la humedad causan un aumento del dolor en algunas personas con enfermedades reumáticas. Es por ello que al abordar los riesgos para la salud de los contaminantes biológicos del aire en interiores, la humedad puede ser considerada como indicador de riesgo.

Casos de estudio

En el año 2004 el Instituto de Medicina (IDM) encontró que había evidencia suficiente para relacionar la exposición al moho en interiores con síntomas de las vías respiratorias superiores, tos y sibilancias en personas por lo demás sanas, con síntomas de asma en personas con asma y con neumonitis por hipersensibilidad en personas susceptibles a dicha condición relacionada con el sistema inmunológico. El IDM también encontró evidencia limitada o sugerente para vincular la exposición al moho en interiores con enfermedades respiratorias en niños por lo demás sanos [17].

Diversos estudios demuestran la relación existente entre estas enfermedades y un ambiente húmedo: de 134 adolescentes afectados por asma, bronquitis asmática o bronquitis crónica, un 78% viven en habitaciones muy húmedas, un 17% en habitaciones secas y un 5% en habitaciones muy secas. Observaciones parecidas se hicieron con 103 pacientes con rinitis crónica: el 83% vivían en habitaciones húmedas, el 13% en habitaciones secas y el 4% en habitaciones demasiado secas

Afecciones en niños

Los problemas descritos son más perniciosos en la etapa infantil, cuando un sistema inmunitario inmaduro propicia un mayor desarrollo de enfermedades respiratorias. Si bien una exposición moderada a ciertos agentes ayuda a fortalecer este sistema de defensa, ésta debe controlarse si no se quiere que los más pequeños pierdan la batalla contra los alérgenos. Quienes viven en casas húmedas, con tuberías de agua dañadas (filtraciones en los techos), hongos visibles u olor a humedad, pueden ser más propensos a desarrollar alergias nasales, según un nuevo estudio publicado en "American Journal of Epidemiology", realizado con una muestra de 1,900 niños finlandeses.

Según los resultados, el 16% de los menores que vivían en hogares con niveles elevados de humedad dieron positivo en los análisis de rinitis alérgica realizados en los siguientes seis años. El porcentaje fue inferior al 12% entre quienes carecían de problemas de humedad en el hogar.

Otro informe publicado en "Environmental Health Perspectives", llevado a cabo por investigadores de la Universidad de Birmingham (Reino Unido), concluía que la humedad acumulada en paredes, sótanos y alfombras del hogar, así como el olor a moho, duplican el riesgo de desarrollar asma en los niños de 1 a 7 años. Los ácaros son los responsables de la mayor parte de alergias respiratorias. Los ácaros crecen, sobre todo, en cojines y colchones.

La ionización

Además de incorporar aire no contaminado y de sacar contaminantes, el aire de ventilación (esto es, aire externo) se percibe como "aire fresco", en contraste con el sentimiento de "aire estancado" que tiene el aire en zonas de alta concentración humana. La "frescura" del aire parece estar relacionada con el contenido de iones en ese momento. El aire exterior tiene generalmente el contenido de iones asociado a la frescura, mientras que el aire interno en espacios densamente ocupados no lo tiene.

En el ambiente interior la ionización tiene beneficios que incluyen la destrucción de bacterias y la eliminación de olores. Sin embargo, las técnicas de construcción convencionales suelen ignorar los beneficios de la ionización.

La contaminación interior

La contaminación en el interior tiene diferentes orígenes: los propios ocupantes, los materiales inadecuados o con defectos técnicos utilizados en la construcción del edificio; el trabajo realizado en el interior; el uso excesivo o inadecuado de productos normales (plaguicidas, desinfectantes, productos de limpieza y encerado); los gases de combustión procedentes del tabaco, de las cocinas, de las cafeterías y de los laboratorios); contaminación biológica (su origen se debe fundamentalmente a la presencia de agua estancada, de materiales impregnados con agua, gases, etc.), la conjunción de contaminantes procedentes de otras zonas mal ventiladas que se difunde hacia áreas vecinas [47].

Debe considerarse también la contaminación procedente del exterior. Se ha observado que cuando aumenta la concentración de un contaminante en el aire exterior, lo hace también en el interior, aunque de forma más lenta (la relación es similar cuando la concentración disminuye); por consiguiente, puede afirmarse que los edificios ejercen un efecto de escudo frente a los contaminantes externos. Con todo, el medio ambiente del interior de un edificio no es, naturalmente, un reflejo exacto de las condiciones del exterior [47].

Generalmente los efectos de los contaminantes están relacionados con su nivel de concentración en el aire interior y la exposición y susceptibilidad de los ocupantes de estos espacios a los mismos [44]. Por lo común resulta difícil establecer con precisión en qué medida la mala calidad del aire interior puede afectar la salud, ya que no se dispone de suficiente información sobre la relación

entre la exposición y el efecto que ésta produce a las concentraciones en las que suelen estar presentes los contaminantes [47].

Entre los contaminantes más habituales en el aire interior se encuentran, aparte de los procedentes del exterior, los metales, el amianto y otros materiales fibrosos, el formaldehído, el ozono, los plaguicidas y los compuestos orgánicos en general, el radón, el polvo doméstico y los aerosoles biológicos. A ellos se añade una amplia variedad de microorganismos, como los hongos, las bacterias, los virus y los protozoos, de los cuales los hongos y las bacterias saprófitas son los que mejor se conocen, probablemente debido a que se dispone de la tecnología necesaria para medirlos en el aire [47].

Fuentes dentro del edificio

- **Combustión** Los niveles elevados de contaminantes generados por combustión, en particular de dióxido de nitrógeno y monóxido de carbono en espacios interiores, suelen proceder de aparatos de combustión mal ventilados o con un mantenimiento deficiente y del consumo de tabaco. Los calentadores de queroseno y de gas no ventilados emiten cantidades importantes de CO, CO₂, NO_x, SO₂, partículas y formaldehído. Las cocinas y hornos de gas también liberan estos productos directamente al aire interior. En condiciones de funcionamiento normales, los calentadores de aire a presión con calefacción por gas y los calentadores de agua no deben liberar productos de combustión al aire interior del edificio. Ahora bien, puede producirse un escape y reflujo de gases de combustión en aparatos defectuosos cuando la habitación está despresurizada debido a la confluencia de los sistemas de escape y a ciertas condiciones meteorológicas [47].
- **Materiales empleados en la construcción** Los materiales que más interés han despertado como fuentes de contaminación del aire interior han sido los tableros a base de madera que contienen resina de formaldehído ureico (FU) y los aislantes de paredes mediante una cámara de aire con FU [47].
 - La *fibra de vidrio* está formada por material amorfo vídrioso. Se usa como aislante térmico en los sistemas de aire acondicionado, su instalación y utilización incorrecta, como la degradación de los materiales que la contienen, es uno de los peligros principales de la mala calidad del aire interior, y es una fuente potencial de enfermedades.
 - El *formaldehído* se emplea extensamente en la formulación de plásticos y como aislantes térmicos y barnices. Puede ocasionar irritación en las vías respiratorias y alergias y está considerado como una sustancia sospechosa de inducir procesos cancerígenos. El formaldehído que emiten estos productos eleva los niveles del mismo en los edificios, fenómeno que se ha asociado a numerosos casos de mala calidad del aire interior en países desarrollados. Las tasas más elevadas de emisión pueden estar asociadas a los objetos con base de madera y a los aislantes de paredes con FU, de uso muy común [47].
 - Los *disolventes* son otro material de construcción que puede ser fuente de contaminación por generación de compuestos químicos en el aire del interior de

un edificio como los muebles y elementos de decoración de madera y caucho, los agentes sellantes, colas, barnices y materiales textiles.

- **Humo de tabaco ambiental** La contaminación del aire interior por el humo de tabaco procede del flujo lateral y del flujo principal de humo exhalado, y generalmente recibe el nombre de humo de tabaco ambiental (HTA). Se han identificado varios millares de componentes diferentes del humo del tabaco, cuyas cantidades individuales varían en función del tipo de cigarrillo y de las condiciones de producción de humo. Los principales compuestos químicos asociados al HTA son: nicotina, nitrosaminas, HPA, CO, CO₂, NO_x, acroleína, formaldehído y cianuro de hidrógeno.
- **Productos de consumo y otras fuentes de contaminación interior** La diversidad y número de productos de consumo y domésticos varía constantemente, y sus emisiones químicas dependen de cómo se utilizan. Entre los productos que pueden influir en los niveles de COV en el interior se encuentran los aerosoles, los artículos de higiene personal, los disolventes, los adhesivos y las pinturas [47].

Las concentraciones de contaminantes generados principalmente por fuentes de combustión están sometidas a grandes variaciones temporales y tienen un carácter intermitente. Las liberaciones esporádicas de compuestos orgánicos volátiles debidas a actividades humanas como la pintura, también varían enormemente con el tiempo. Otras emisiones, como la liberación de formaldehído a partir de productos con base de madera, varían con los cambios de temperatura y de humedad del edificio, pero tienen un carácter continuo. La emisión de compuestos químicos orgánicos a partir de otros materiales puede depender menos de las condiciones de temperatura y humedad, pero sus concentraciones en el aire interior dependerán en gran medida de las condiciones de ventilación. Las variaciones espaciales dentro de una habitación suelen ser menos pronunciadas que las temporales. Dentro de un edificio puede haber grandes diferencias por lo que se refiere a fuentes localizadas [47]

Contaminantes químicos característicos en interiores

Los contaminantes químicos del aire interior pueden tomar forma de gases y vapores (inorgánicos y orgánicos) y de partículas, y pueden haber penetrado al interior desde el ambiente exterior o bien haberse formado dentro del edificio. La importancia relativa del origen interior o exterior varía según los distintos contaminantes y en función del tiempo [47]. Algunos de los más comunes son:

- Dióxido de carbono (CO₂). Producto metabólico que se utiliza a menudo como indicador del nivel general de contaminación del aire en relación con la presencia de seres humanos en el interior.
- Monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x) y dióxido de azufre (SO₂).
- Gases de combustión inorgánicos formados fundamentalmente durante la combustión de combustibles y de ozono (O₃), producto de reacciones fotoquímicas en atmósferas contaminadas aunque también puede ser liberado por algunas fuentes de interiores.
- Compuestos orgánicos volátiles (VOCs). Se emiten como gases de ciertos sólidos o líquidos. Las concentraciones de VOCs son consistentemente mucho más altas en

interiores (hasta diez veces más) que en el exterior. Los VOCs son emitidos por una amplia gama de productos. Los ejemplos incluyen: pinturas y lacas, decapantes, productos de limpieza, pesticidas, materiales de construcción y muebles, equipo de oficina, como copiadoras e impresoras, líquidos correctores y papel de copia sin carbón, gráficos y materiales de manualidades incluidos pegamentos y adhesivos, marcadores permanentes y soluciones fotográficas. Los VOC afectan a los ojos, la nariz y la garganta, provocan dolores de cabeza, pérdida de coordinación, náusea, y daño al hígado, los riñones y al sistema nervioso central. Algunas sustancias orgánicas pueden causar cáncer en animales, algunos se sospecha o se sabe que causan cáncer en los seres humanos.

Radon

La mayor parte de la radiación a la que se expone un ser humano durante su vida procede de fuentes naturales del espacio exterior o de materiales presentes en la corteza de la Tierra.

La exposición al radón para la mayor parte de la población tiene lugar principalmente en el interior de los edificios. La media de las concentraciones de radón depende, básicamente, de las características geológicas del terreno, de los materiales de construcción utilizados y de las características de ventilación del edificio.

La principal fuente de radón en los espacios interiores es el radio presente en el suelo sobre el que descansa el edificio o los materiales utilizados en su construcción. Otras fuentes importantes — aunque su influencia relativa es mucho menor — son el aire exterior, el agua y el gas natural.

Los materiales de construcción más comunes, como la madera, los ladrillos y los bloques de hormigón de escoria, emiten relativamente poco radón, a diferencia del granito y de la piedra pómez. Con todo, los principales problemas están causados por el uso de materiales naturales, como la pizarra de alumbre, en la producción de materiales de construcción. Dado que los posibles efectos del radón sobre la población en general no se han conocido hasta hace pocos años, los datos disponibles sobre las concentraciones existentes en espacios interiores se limitan a los países que, debido a sus características o circunstancias especiales, están más sensibilizados con este problema. Lo que sí se sabe es que en una misma región es posible encontrar concentraciones en espacios interiores muy superiores a las concentraciones del exterior [47].

Contaminación Biológica

Los edificios proporcionan numerosos nichos o rincones que contienen el material orgánico muerto que sirve como nutriente a la mayoría de los hongos y bacterias para su crecimiento y producción de esporas. Los nutrientes están presentes en materiales como los siguientes: madera; papel, pintura y otros revestimientos de superficies; mobiliario como alfombras y muebles tapizados; tierra de macetas; polvo; escamas de piel y secreciones de seres humanos y de otros animales; y en alimentos cocinados y sus ingredientes crudos. El hecho de que tenga lugar o no el crecimiento de estos microorganismos depende del nivel de humedad. El polvo puede ser un lugar de depósito y, si está suficientemente húmedo, un lugar de cultivo para los mohos. Por

consiguiente, una cantidad importante de esporas entran en suspensión en el aire cuando se mueve el polvo [47].

Tabla 1. Contaminación Biológica en interiores

Polen	Los granos de polen contienen sustancias (alérgenos) que pueden causar respuestas alérgicas en personas susceptibles o atópicas, que se manifiestan generalmente como “fiebre del heno” o rinitis. La alergia se asocia principalmente al medio ambiente exterior; en el aire interior, las concentraciones de polen suelen ser considerablemente menores que en el aire atmosférico.
Detritus	El detritus está constituido por partículas finas de piel, pelo y plumas (y saliva y orina desecadas), y es una fuente de potentes alérgenos que pueden causar ataques de rinitis o asma en personas susceptibles. Las principales fuentes de detritus en ambientes de interior suelen ser los gatos y los perros.
Acaros	Son arácnidos que se asocian en particular al polvo, pero puede haber fragmentos de estos y de sus productos de excreción (heces) en el aire interior. Junto a sus parientes cercanos, es una causa importante de alergia respiratoria. Se asocia principalmente a los hogares, donde abunda en las ropas de cama, pero también están presentes en los muebles tapizados.
Virus	Los virus son microorganismos muy importantes en términos del nivel total de problemas de salud que causan, pero no pueden vivir de forma independiente fuera de células y tejidos vivos. El principal medio de transmisión es el contacto entre personas. La inhalación a corta distancia de aerosoles generados al toser o estornudar, como en el caso de los virus del resfriado y de la gripe, también es importante. Por consiguiente, es probable que las tasas de infección sean mayores en situaciones de aglomeración humana.
Bacterias	Son microorganismos que se dividen en dos categorías principales, dependiendo de su reacción a la tinción de Gram. Los tipos grampositivos más frecuentes se originan en la boca, la nariz, la nasofaringe y la piel, y son <i>Staphylococcus epidermidis</i> , <i>S. aureus</i> y especies de <i>Aerococcus</i> , <i>Micrococcus</i> y <i>Streptococcus</i> . Las bacterias gramnegativas no suelen ser abundantes, pero en ocasiones especies de <i>Actinobacter</i> , <i>Aeromonas</i> , <i>Flavobacterium</i> y especialmente <i>Pseudomonas</i> pueden ser importantes. El agente causal de la enfermedad del legionario, <i>Legionella pneumophila</i> , puede estar presente en suministros de agua caliente y en humidificadores de aire acondicionado, así como en equipos de terapia respiratoria, jacuzzis, saunas y duchas. Se propaga desde estas instalaciones en aerosoles acuosos, pero también puede entrar en los edificios en el aire procedente de torres de refrigeración próximas.
Protozoos	Los protozoos, como <i>Acanthamoeba</i> y <i>Naegleri</i> son animales unicelulares microscópicos que se alimentan de bacterias y otras partículas orgánicas presentes en humidificadores, reservorios y bandejas de drenaje de sistemas de aire acondicionado. Pueden formarse aerosoles de partículas de estos protozoos, que se han citado como causas posibles de fiebre por humidificadores.
Compuestos orgánicos volátiles microbianos	Los compuestos orgánicos volátiles microbianos varían considerablemente en su composición química y su olor. Algunos son producidos por una amplia variedad de microorganismos, como hongos y bacterias, pero otros están asociados a especies particulares.
Hongos	Los hongos se dividen en dos grupos: el primero, las levaduras y mohos microscópicos conocidos como microhongos, y el segundo, los hongos del yeso y de la madera podrida, denominados macrohongos, ya que producen esporas macroscópicas apreciables a simple vista. Además de las levaduras unicelulares, los hongos colonizan sustratos formando redes o filamentos. Los hongos filamentosos producen numerosas esporas que se dispersan por el aire a partir de estructuras microscópicas (productoras de esporas en los mohos) y de estructuras grandes (productoras de esporas en los macrohongos).

Fuente: [47]

Contaminación biológica interior y sus efectos sobre la salud

Aunque los patógenos son relativamente infrecuentes en el aire interior, existen numerosos informes que relacionan microorganismos de transmisión aérea con una serie de procesos alérgicos, entre los que se incluyen los siguientes: a) dermatitis alérgica atópica; b) rinitis; c) asma;

d) fiebre por humidificadores, y *e)* alveolitis alérgica extrínseca (AAE), también conocida como neumonitis por hipersensibilidad (NH) [47].

Los hongos son considerados más importantes que las bacterias como componentes de los aerosoles biológicos presentes en el aire interior. Debido a que crecen en superficies húmedas en forma de placas de moho, los hongos suelen poner en evidencia problemas de humedad y de riesgo potencial para la salud en un edificio. El crecimiento de moho contribuye tanto en número como en especies a la flora de moho del aire interior, que de lo contrario no estaría presente. Los hongos hidrófilos son indicadores de lugares extremadamente húmedos de cultivos (visibles u ocultos) y, por consiguiente, de mala calidad del aire interior. Los mohos también son abundantes en el polvo de las casas, por lo que su presencia en número elevado también puede indicar que existe una atmósfera con polvo [47].

Los hongos de transmisión aérea son mucho más importantes que las bacterias como causas de enfermedad alérgica, aunque parece que los alérgenos micóticos son menos importantes que los del polen, los ácaros del polvo de las casas y el detritus animal. Muchos tipos de hongos han demostrado ser alérgicos [47].

Anexo IV. La eficiencia energética y la salud en la vivienda

La vivienda es ampliamente reconocida como uno de los ambientes que más efecto tienen sobre la salud humana. Las condiciones de vida y de vivienda son la base de muchos factores que influyen en las condiciones de salud en el hogar. La calidad del aire interior (ver ANEXO II), la seguridad, el ruido, la humedad y el crecimiento de moho; las temperaturas internas, el asbesto, el plomo, el radón, los compuestos orgánicos volátiles (COV), la falta de higiene y de equipos de saneamiento y el hacinamiento, son algunas de las principales amenazas para la salud que pueden ser encontradas en las viviendas. Aunque tales impactos son ampliamente aceptados, hasta ahora la relación concreta entre la calidad ambiental y la salud / bienestar no ha sido plenamente comprendida. La falta de higiene y saneamiento, así como el hacinamiento, siguen siendo problemas básicos típicos de los asentamientos en crecimiento y de las mega ciudades, la mayoría de los cuales se encuentran en países en desarrollo [50]

La Tabla 1 ofrece algunos ejemplos de los riesgos de salud ambiental relacionados con la vivienda, los posibles efectos en la salud y las medidas de eficiencia energética que ayudan a mitigarlos.

Tabla 1. Co-beneficios de salud y riesgos derivados de medidas específicas de mitigación definidas por la Organización Mundial de la Salud

Estrategia de mitigación	Co-beneficios probables en materia de salud	Riesgos de salud que deben ser evitados.
Mejoramiento de la eficiencia térmica del revestimiento de las construcciones. (IPCC 6.4.2)	Exposición al medio ambiente Comodidad térmica Reducción en la exposición al ruido	Riesgos de una ventilación inadecuada: a) Reducción de la calidad del aire al interior de las viviendas, lo cual conlleva a un incremento potencial en la concentración de contaminantes característicos en este tipo de ambientes (por ejemplo, radón, moho y humedad) que causan asma, obstrucción bronquial y otras enfermedades b) Aumento en el contagio de infecciones transmitidas por vectores en el aire (por ejemplo, la tuberculosis); riesgo de exposición a materiales y fibras de aislamiento que son nocivas para la salud, ya que causan cáncer y otras enfermedades.
	Reducción de los riesgos por enfermedad Reducción de las enfermedades cardiovasculares, obstrucción bronquial, asma, y otras enfermedades respiratorias Reducción de enfermedades epidemiológicas causadas por plagas e insectos Mejora en la salud mental en función del confort térmico	
	Impactos de equidad Dependen del acceso de los pobres a las mejoras	
Sistemas de calefacción de emisiones bajas en carbono y diseño solar pasivo (IPCC 6.4.6–7)	Exposición al medio ambiente Confort térmico Higiene	Mediante algunos estudios de campo se ha descubierto que una calefacción eficiente en términos de costo y energía, no siempre reduce el uso neto de energía en una vivienda (y por tanto, los gases de efecto invernadero y los contaminantes del aire) en una cantidad equivalente. Lo anterior sucede debido a que es posible que algunos hogares destinen una parte de sus ahorros a cubrir los costos de aumentar su consumo de energía (electricidad o calor), un fenómeno conocido como "efecto de aceptación de la devolución"
	Reducción del riesgo de enfermedad Reducción de los síntomas de asma y otros síntomas respiratorios relacionados con la exposición al frío, a la humedad y al moho Reducción de casos de neumonía y COPD (en los casos de utilización de biomasa reducida). Mejora en la salud mental en función de una mejora en el confort térmico	
	Impactos de equidad Dependen del acceso de los pobres a las mejoras	

Source: [1]

Tabla 1. (cont.) Co-beneficios de salud y riesgos derivados de medidas específicas de mitigación definidas por la Organización Mundial de la Salud

Estrategia de mitigación	Co-beneficios probables en materia de salud	Riesgos de salud que deben ser evitados.
<p>Reducción en las cargas de enfriamiento de los edificios a través de las características del diseño y la ventilación natural</p> <p>(IPCC 6.4.4)</p>	<p>Exposición al medio ambiente Confort térmico</p> <p>Reducción del riesgo de enfermedad Reducción del asma /enfermedades respiratorias causadas por partículas de sustancias tóxicas, radón, moho, etcétera Reducción de casos de TB y de otros riesgos de infección transmitidos a través del aire Menor cantidad de contagios de enfermedades a través de los sistemas de aire acondicionado</p> <p>Impactos de equidad Un co-beneficio de alta equidad como resultado de un mayor acceso a un enfriamiento y a una ventilación efectivos, en particular cuando se adoptan medidas de diseño en entornos de bajos recursos</p>	<p>Puede ser que no funcione en los casos en los que se mantiene una temperatura alta durante la noche; es necesario que sea adaptado a la humedad regional El diseño debe tomar en cuenta tanto los riesgos de invierno como los de verano La ventilación natural sin malla protectora en la vivienda puede aumentar la vulnerabilidad a las enfermedades e infecciones transmitidas por vectores en el aire Puede aumentar la exposición a altas concentraciones de contaminantes del aire provocando síntomas respiratorios a menos que se utilicen filtros Evitar el uso de plomo en la pintura (por ejemplo, pintura blanca para el efecto albedo)</p>
<p>(IPCC 6.4.4–5) Sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC) más eficientes en términos energéticos y con un mejor mantenimiento</p> <p>Mayor dependencia en el diseño de la construcción y en la ventilación natural</p> <p>(IPCC 6.4.4–5)</p>	<p>Exposición al medio ambiente Confort térmico Menor exposición al ruido</p> <p>Reducción del riesgo de enfermedad Reducción de síntomas respiratorios y síntomas de asma en entornos que tienen una contaminación del aire exterior significativa Reducción del riesgo de enfermedades cardiovasculares ocasionadas por la exposición al calor Reducción del riesgo de contraer enfermedades transmitidas por vectores del aire debido al cierre de ventanas</p> <p>Impactos de equidad Los que menos posibilidades tienen de adquirir aparatos de aire acondicionado son los que más sufren por el ruido que emiten y por los impactos de sus islas de calor.</p>	<p>Aumento en el riesgo de contraer enfermedades infecciosas transmitidas a través del aire (por ejemplo, la tuberculosis) y presentar síntomas de las vías respiratorias altas y bajas en habitaciones con aire acondicionado y en espacios que carezcan de una circulación suficiente de aire fresco El aumento en la dependencia del aire acondicionado en las áreas urbanas estimula el círculo vicioso del efecto exacerbado de una isla de calor urbano. Un aumento en la exposición al ruido y a los contaminantes por no usar aire acondicionado Proliferación de bacterias /legionelosis en tanques muy grandes de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC) y torres de enfriamiento Impactos de salud retrasados con relación a las condiciones climáticas provocadas por las emisiones de los gases de efecto invernadero de los aparatos de aire acondicionado</p>

Fuente: [1]

Tabla 1. (cont.) Co-beneficios de salud y riesgos derivados de medidas específicas de mitigación definidas por la Organización Mundial de la Salud

Estrategia de mitigación	Co-beneficios probables en materia de salud	Riesgos de salud que deben ser evitados.
<p>(IPCC 6.4.7–8) Agua caliente solar pasiva y electricidad solar fotovoltaica (IPCC 6.4.7–8)</p>	<p>Exposición al medio ambiente Condiciones de higiene y salubridad</p> <p>Reducción del riesgo de enfermedad Disminución del asma y de las enfermedades respiratorias causadas por una disminución en el uso de alumbrado por keroseno en los países en desarrollo</p> <p>Disminución de quemaduras por el uso de aparatos a que funcionan a base de keroseno</p> <p>Equity impacts More access to electricity among poor and rural populations Lower long-term electricity cost once initial investment is made</p>	<p>Es necesario una mayor evaluación de los riesgos de las nuevas tecnologías, incluyendo los riesgos ocupacionales y ambientales relacionados con la producción y la exposición a subproductos de desecho, tales como las irritaciones de las vías respiratorias y los efectos derivados de la exposición a metales pesados o a otras sustancias tóxicas</p>

Fuente: [1]

Tabla 1. (cont.) Co-beneficios de salud y riesgos derivados de medidas específicas de mitigación definidas por la Organización Mundial de la Salud

Estrategia de mitigación	Co-beneficios probables en materia de salud	Riesgos de salud que deben ser evitados.
<p>Alumbrado e iluminación diurna: posicionamiento de las ventanas para reducir los impactos de frío/calor; iluminación de interiores altamente eficiente en energía (IPCC 6.4.9–10)</p>	<p>Exposición al medio ambiente Confort térmico</p> <p>Reducción del riesgo de enfermedad Disminución del asma y de las enfermedades respiratorias como consecuencia de una ventilación natural a través de ventanas Menos accidentes caseros (caídas) Un efecto positivo de la luz en el funcionamiento metabólico y en la salud mental</p>	<p>Los accidentes domésticos son causados por una iluminación inadecuada tanto interna como de proximidad</p>
<p>Aparatos electrodomésticos y electrónicos: más aparatos de bajo consumo de energía y de corriente directa, incluyendo estufas de biomasa mejoradas (IPCC 6.4.11; 6.6.2)</p>	<p>Exposición al medio ambiente Reducción de la contaminación del aire al interior de las viviendas Aumento en la seguridad alimentaria y en las condiciones higiénicas de las cocinas</p> <p>Reducción del riesgo de enfermedad Reducción del asma y de las enfermedades respiratorias; reducción de quemaduras causadas por estufas y calefactores inadecuados. Reducción en las enfermedades pulmonares obstructivas crónicas (COPD), el cáncer y las enfermedades cardiovasculares</p> <p>Impactos de equidad Acceso a biomasa más limpia y a estufas de biogás</p>	<p>La equidad en las ganancias depende del incremento al acceso que tienen los pobres a las nuevas tecnologías bajas en consumo de energía como estufas y otros aparatos domésticos</p> <p>Si no se logra una disminución equivalente en la totalidad del consumo de energía, es posible que en los países en desarrollo, los aparatos con mayor eficiencia (energética) no logren disminuir las emisiones de GHG y de contaminación en el aire</p>

Fuente: [1]

Costos asociados a las enfermedades en la vivienda

Las enfermedades traen consigo una serie de costos directos e indirectos, por lo que un enfoque preventivo puede tener impactos económicos positivos. Algunos de ellos se ejemplifican en la Tabla 2.

Tabla 2. Costos de las enfermedades

Costos directos (recursos gastados)	Costos indirectos	Costos intangibles (calidad de vida)
Costo de los honorarios de médicos y enfermeras	Pérdida de trabajo productivo por paciente	Pena, angustia (del paciente y de la familia del paciente)
Costo de los medicamentos	Pérdida de trabajo productivo por la familia del paciente	Dolor (del paciente y de la familia del paciente)
Costo de los tratamientos en hospitales	Pérdida de trabajo productivo por el retiro temprano o la muerte prematura del paciente	Tristeza (del paciente y de la familia del paciente)

FUENTE: [51]

Una revista internacional de estudios de caso cita evidencias de que las estrategias de ventilación natural de alto rendimiento pueden reducir las enfermedades respiratorias del 9% al 20% y aumentar la productividad individual entre el 0.48% y el 11%, solamente a partir de un gasto mínimo en la energía necesaria para aumentar el flujo y el intercambio del aire en interiores. Algunas investigaciones sobre los trastornos de salud relacionados con la contaminación del aire interior –también conocidos comúnmente como "síndrome del edificio enfermo"– han estimado que, aunada a una mejor salud y productividad, la ventilación natural y el acondicionamiento mixto del aire pueden generar un ahorro energía de entre 25 y 50%. Las tasas de ventilación - adecuada y el intercambio de aire también son importantes para la reducir los riesgos de contaminación del aire en interiores, ya que éstos son detonantes comunes de enfermedades respiratorias no contagiosas, incluyendo alergias y diferentes tipos de asma [52].

Los diseños de vivienda y los sistemas de refrigeración de bajo consumo pueden tener otros efectos positivos para la salud, tales como apoyar la adaptación energética durante las olas de calor y el clima extremo, que también pueden causar apagones parciales o pérdidas de energía a nivel urbano y reducir a largo plazo los efectos del clima en la salud ocasionados por el uso de sistemas de enfriamiento que provocan altas emisiones de carbono [52].

En términos de acceso al agua caliente, el uso de la misma para lavar platos a temperaturas suficientemente altas (<40 ° C) ha sido citado en algunos estudios como un factor de reducción en la transmisión de bacterias comunes (E. coli, salmonela y Campylobacter) a través de platos y utensilios.

Parece ser que el mayor desafío en el campo de la vivienda y la salud es la recolección de evidencia clara y directa. Como la vivienda y la salud siempre se ven afectadas por una variedad de factores, no es fácil desentrañar y evaluar el impacto de las condiciones de vivienda en la salud. Frente a muchos otros factores que pueden contribuir a provocar dicho impacto, es difícil establecer el papel de uno en específico, como el del hacinamiento, incluso cuando la enfermedad o lesión asociada al mismo esté bien definida. En muchas situaciones (por ejemplo, la investigación del ruido como factor causal de enfermedad), ni la enfermedad probable ni la exposición posible

están completamente definidas, y es probable que cualquier efecto sea ejercido en combinación con otros factores. En este caso, es importante reconocer que independientemente de la fuerza del efecto, es poco probable que se pueda producir una evidencia directa [50].

Anexo V. Creación de empleo a través de la eficiencia energética en la vivienda

Los estudios coinciden en que debido a que mediante las inversiones en eficiencia energética se crean nuevas oportunidades de negocio, éstas tendrán efectos positivos directos sobre el empleo (y como consecuencia, en una reducción en las ayudas por desempleo). También tendrán efectos indirectos, a través de los efectos económicos multiplicadores que se obtendrán al gastar de otras maneras el dinero que se ahorre en los costos de la energía. El suministro de servicios de ahorro de energía ha demostrado ser una oportunidad lucrativa de negocios [3, 38, 40]. Las construcciones verdes también ayudan a impulsar la manufactura local de materiales para la construcción. La inversión en empresas locales que se dedican a la instalación de aislamiento térmico, de ventanas eficientes, o de equipo solar, puede mantener el dinero en la comunidad en lugar de que éste sea enviado a otro lugar (o a otro país) para la compra de combustibles fósiles [36].

Las medidas para la mitigación del cambio climático, pueden afectar de muchas maneras a la economía, y por lo tanto, a la creación de empleo, ya que por lo general dan como resultado una ganancia neta en puestos de trabajo. Los efectos sobre el empleo se esquematizan en la Figura 1. Sin embargo, en algunos sectores como el de los combustibles fósiles, dicho resultado se traduce en una disminución en los puestos de trabajo.

La generación de empleo puede ser a manera de:

- **Puestos de trabajo directos**, que por lo general comprenden: la manufactura, la construcción e instalación, la operación y el mantenimiento.
- **Puestos de trabajo indirectos**, que son generados en la economía por los efectos multiplicadores en, por ejemplo, las cadenas de suministro que producen bienes intermedios y componentes, así como por el sector de servicios.
- **Puestos de trabajo inducidos**, que son creados como resultado de un desarrollo económico bajo en carbono. Pueden resultar por ejemplo, de los ahorros por eficiencia energética que estén siendo invertidos en nuevos negocios [42].

resume algunas de las competencias necesarias para la remodelación/construcción sustentable en los países en desarrollo.

Tabla 1. Competencias y tipos de trabajo que se requieren para la remodelación/construcción sustentable en los países en desarrollo

Actividad componente	Competencias necesarias
Actividades antes de la ejecución de los proyectos Reuniones de consulta con los residentes Diseño o establecimiento de los requerimientos del proyecto con los residentes	Ingeniero Encuestador Agente comercial Transporte Seguridad Trabajador no calificado
Actividades durante la ejecución de los proyectos Aislamiento (techo, pared, piso, ático) Sellado de aire Calentamiento de espacios (calefactores debajo del piso, bombas de calor geotérmicas, tubos fotovoltaicos) Calentamiento de agua (calentadores) Ventilación (conductos de ventilación pasiva, cambio de ventanas, instalación de ventiladores) Electrodomésticos eficientes Sistemas fotovoltaicos Cableado eléctrico Sistema de aguas grises Recolección de agua de lluvia Conservación del agua (sustitución del inodoro existente con uno de bajo nivel o doble descarga) Plomería Obras de concreto Carpintería Pinturas y papel colgante Albañilería Colocación de azulejos Colocación de pisos	Ingeniero Trabajador no calificado Plomero Electricista Constructor Carpintero Pintor Oficial de enlace Supervisor general Yesero Ajustador de tuberías Albañil Capataz Fabricantes
Actividades después de que el proyecto haya sido concluido Inspección y mantenimiento constante Cobro de alquileres Controles de seguridad	Maintenance officer Security Property manager Property manager Oficial de mantenimiento Seguridad Administrador de la propiedad Administrador de la propiedad

Bibliografía

1. Röbbel, N., *Health co-benefits of climate change mitigation – Housing sector*, in *Health in the green economy* 2011, World Health Organization: Geneva, Switzerland.
2. Levine, M., et al., *Residential and commercial buildings*. In *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, 2007, Cambridge University Press: Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
3. Ürge-Vorsatz, D., A. Novikova, and M. Sharmina, *Counting good: quantifying the co-benefits of improved efficiency in buildings*, in *European Council for an Energy Efficient Economy* 2009.
4. Consejo Nacional de Población. Available from: <http://www.conapo.gob.mx/>.
5. *La Salud en México: 2206/2012*, 2012, Fundación Mexicana para la Salud
6. *Los retos de vivienda en México*, in *El Universal* 2012.
7. SENER, *México y el Banco Interamericano de Desarrollo apoyarán ideas que impulsen la innovación en tecnologías energéticas sustentables.*, 2010.
8. SENER. *Sistema de Información Energética*. Available from: www.sie.energia.gob.mx.
9. Johnson, T.M., et al., *México: estudio sobre la disminución de emisiones de carbono*, B. Mundial, Editor 2009.
10. *México ante el cambio climático. Evidencias, Impactos, vulnerabilidad y adaptación.*, Greenpeace, Editor 2010.
11. SEMARNAT, *Informe de la situación ambiental en México* 2010.
12. CIA. *CIA world factbook: Mexico*. 2012; Available from: <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/mx.html>.
13. SEMARNAT, INFONAVIT, and CONAVI, *Vivienda Sustentable en México*, 2011: México DF.
14. *Política Nacional de Vivienda*, P.d.I. República, Editor 2013.
15. *Ley para el aprovechamiento de las energías renovables y el financiamiento de la transición energética*, 2011.
16. *Pacto por México*. 2012.
17. AEAE, *Ahorro de Energía en la Edificación en México*, 2008, Asociación de Empresas para el Ahorro de Energía en la Edificación, p. 20.
18. *Programa Nacional de Salud 2007-2012. Por un México sano: construyendo alianzas para una mejor salud*, S.d. Salud, Editor 2007.
19. INEGI, *Censo de Población y Vivienda 2010*, 2011: Aguascalientes, México.
20. CFE, *Estadísticas de Venta de la CFE*
21. *Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH)* INEGI, Editor 2010.
22. *Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH)* INEGI, Editor 2006.
23. *Encuesta Nacional de Ingreso Gasto de los Hogares* INEGI, Editor 2004.
24. *Uso eficiente de la energía en la vivienda*, 2006.
25. PROFECO. *Procuraduría Federal del Consumidor*. Available from: <http://www.profeco.gob.mx/>.
26. Sener. *Sistema de Información Estadística*. 2011 [cited 2011 15 de marzo]; Available from: <http://sie.energia.gob.mx/sie/bdiController?action=login>.
27. CFE. *Estadísticas de Ventas*. 2012 [cited 2008 19 de Junio de 2012]; Available from: <http://app.cfe.gob.mx/Aplicaciones/QCFE/EstVtas/Historico.aspx>.
28. de Buen O., *REGIONAL REPORT ON GREENHOUSE GAS EMISSION REDUCTION POTENTIALS FROM BUILDINGS: MEXICO*, 2009, UNEP-SBCI: Mexico City. p. 52.
29. SENER, *Prospectiva del Sector Eléctrico 2009-2024*, 2009.
30. SENER, *Prospectiva del Mercado de Gas Natural 2010-2025*, 2010: México DF.
31. ITP, *Estrategias y políticas en la fijación de precios*, 2011.
32. Brito, D. and W. Littlejohn, *Pricing Liquid Petroleum Gas in Mexico*, 2000.
33. PROFECO. *Brújula de compra: Calentadores de agua*. Available from: http://www.profeco.gob.mx/encuesta/brujula/bruj_2006/bol27_calentadores.asp.

34. FIDE, *Programa de Ahorro de Energía en el Sector Doméstico: Fideicomiso para el aislamiento térmico de la vivienda (FIPATERM)* 2011, Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica: México.
35. Heffner, G. and N. Campbell, *Evaluating the co-benefits of low-income energy-efficiency programmes. Results of the Dublin Workshop, 27-28 January 2011*, 2011, International Energy Agency.
36. Wilson, A., *Making the Case for Green Building in Environmental Building News* 2005.
37. Golubchikov, O., *Green Homes. Towards energy-efficient housing in the United Nations Economic Commission for Europe region*, 2009, United Nations Economic Commission for Europe: Geneva.
38. Schweitzer, M. and B. Tonn, *Nonenergy benefits from the weatherization assistance program: a summary of findings from the recent literature*, 2002, OAK RIDGE NATIONAL LABORATORY: Springfield, VA.
39. Renner, M., S. Sweeney, and J. Kubit, *Green Jobs: Towards decent work in a sustainable, low-carbon world*, 2008, Worldwatch Institute.
40. Managan, K., et al., *Driving Transformation to Energy Efficient Buildings Policies and Actions*, 2011, Institute for building efficiency, Business Council for Sustainable Energy, Center for Clean Air Policy, US Green Building Council and World Green Building Council.
41. Nemet, G.F., T. Holloway, and P. Meier, *Implications of incorporating air quality co-benefits into climate change policy making*. Environmental Research Letters, 2010(5).
42. Bystricky, E., et al., *Co-benefits of private investment in climate change mitigation and adaptation in developing countries*, 2010, Ecofys.
43. Wilkinson, P., et al., *Public health benefits of strategies to reduce greenhouse-gas emissions: household energy*. The Lancet, 2009. **374**: p. 1917–29.
44. Alvarez, S., et al., *Indoor Air Quality and the Use of Energy in Buildings*, in *Indoor Air Quality and its Impact on Man*, E.C. Action, Editor 1996, European Commission, Joint Research Centre, Environment Institute: Brussels.
45. Mudarri D., *Building Codes and Indoor Air Quality*, 2010, The Cadmus Group. p. 35.
46. *Health Impacts of Low Indoor Temperatures*, 1985, World Health Organization: Geneva, Switzerland.
47. Solá, X.G., *Calidad del Aire Interior*, in *Enciclopedia de Seguridad y Salud en el Trabajo*.
48. EPA. *A Brief Guide to Mold, Moisture, and Your Home*. 2012 [cited 2012 November 28th]; Available from: <http://www.epa.gov/mold/preventionandcontrol.html>.
49. Heseltine, E. and J. Rosen, *WHO guidelines for indoor air quality: dampness and mould*, 2009, World Health Organization: Geneva, Switzerland.
50. Bonnefoy, X., *Inadequate housing and health: an overview*. International Journal of Environment and Pollution, 2007. **30**(3/4): p. 411-429.
51. Barnes, P.J., B. Jonsson, and Klim, *The costs of asthma*. European Respiratory Journal, 1996. **9**: p. 636–642.
52. *2011 WHO Global Health Expenditure Atlas*, 2011, World Health Organization: Geneva, Switzerland.
53. Keivani, R., et al., *Green Jobs Creation Through Sustainable Refurbishment in the Developing Countries*, 2010, International Labour Organization: Geneva, Switzerland.