

**PATRONES DE
CONSUMO ENERGÉTICO
EN EL SECTOR
RESIDENCIAL Y SUS
EMISIONES DE GASES DE
EFECTO INVERNADERO:
EL CASO PACHUCA DE
SOTO, HIDALGO, 2020**

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
Instituto de Ciencias Sociales y Humanidades

Octavio Castillo Acosta
Rector

Julio César Leines Medécigo
Secretario General

Ivonne Juárez Ramírez
Directora ICSHu
-*-

Sócrates López Pérez
Profesor Investigador
Coordinador del proyecto
Responsable Técnico del proyecto CONAHCyT

GRUPO DE INVESTIGACIÓN-CONAHCyT-UAEH

Sócrates López Pérez
Juan Bacilio Guerrero Escamilla
Sonia Bass Zavala
Luis Alberto Oliver Hernández
Genaro Moreno Beltrán
Lydia Josefa Raesfeld
Silvia Mendoza Mendoza
Silvia Lizbeth Aguilar Velázquez
Mónica García Munguía
Silvia Soledad Moreno Gutiérrez
Maritza Librada Cáceres Mesa
Héctor Hugo Siliceo Cantero
Benjamín López Nolasco

Jennifer Vite Vega
Francisco Alejandro Arteaga Ventura
Daniela Michelle Gómez Ortiz
Gabriela Montiel Ortiz
Magda Patricia Moctezuma Velázquez
Zaret Casandra Theyku Roque Barrera
Nestor Carmona Mercado
Diana Monserrat Cruz Suárez
Dante Hernández.
Francisco Salinas Becerra
Pedro Damián Rivera Serrano
Ariadna Maya Sánchez
Edith Araceli Cano Estrada

Presidencia municipal de Pachuca de Soto

C. Sergio Edgar Baños Rubio
Presidente Municipal

Lic. Hugo Alberto Escamilla Cidel
Secretario General Municipal

Erika Elizabeth Trujillo Ortiz
Síndica Procurador Hacendario

H. Asamblea Municipal

Liliana Mera Curiel
Gerardo Martínez De la Cruz
Brenda Ximena Ramírez Riva Palacio
César Alberto Ramírez Nieto
Liz María Pérez Hernández
Francisco González López
Olivia Zúñiga Santín
Guillermo Ostoia Pontigo
Bernarda Zavala Hernández
Oscar Pérez Márquez

María Elena Carballal Ogando
Sabas Díaz Montañó
Zenon Rosas Franco
Ricardo Islas Salinas
Regina Ochoa Reyes
Carlos Jaime Conde Zuñiga
Reyna Alicia Hernández Villalpando
Guadalupe Orona Urías
Olivia López Villagrán
Selene Itzel Balderas Samperio

Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable

Lic. Beatriz Adriana Cruz Gómez
Secretaria de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable

Ing. Imelda Jiménez Hernández
Dir. Inspección y Vigilancia Ambiental

Ing. Alexander Santiago López
Dir. Sustentabilidad de los Recursos Naturales

M. en C. Javier Rosas López
Coordinación de Cambio Climático

Lic. Deyadeira Nemesio Marcos
Jefa del Departamento de Educación Ambiental

Introducción

El presente documento se genera en el marco del Inventario Municipal de Emisiones de Compuestos y Gases de Efecto Invernadero (IMECyGEI) de Pachuca de Soto, Hidalgo, y tiene como objetivo detectar los patrones de consumo energético en las viviendas además de las emisiones de compuestos y gases de efecto invernadero (CyGEI). Esto en aras de sistematizar acciones de transición energética y disminución de consumo energético que permita la mitigación de CyGEI en el municipio.

En virtud de ello esta investigación se divide en cuatro apartados:

1. Se hace una descripción del problema de investigación, el objetivo general y los objetivos específicos que guían el texto.
2. Se presenta el marco metodológico que se siguió tanto para detectar los patrones de consumo energético eléctrico y de combustibles fósiles en las viviendas de Pachuca de Soto, al igual que las emisiones derivadas de ello.
3. Se exponen los resultados obtenidos en función del consumo energético y los usos finales.
4. Se manifiestan las conclusiones derivadas del análisis de los resultados.

1. El problema de investigación

La utilización de energía en el sector residencial desempeña un papel fundamental en la vida cotidiana de las personas y en la configuración de la sociedad moderna. La energía en el ámbito residencial abarca una amplia gama de actividades esenciales, desde la iluminación y el calentamiento hasta la alimentación, la refrigeración y más. A medida que las sociedades evolucionan y las tecnologías avanzan, la demanda de energía ha experimentado un crecimiento constante, lo que ha impulsado la exploración de enfoques más eficientes y sostenibles para su producción y consumo.

Históricamente, las viviendas han dependido en gran medida de fuentes convencionales de energía generada a partir de combustibles fósiles (electricidad y calor). Sin embargo, el aumento de la conciencia ambiental y la preocupación por el cambio climático han dado lugar a un cambio de paradigma hacia la adopción de fuentes de energía más limpias y renovables en el sector residencial. La incorporación de tecnologías como paneles solares, turbinas eólicas, calentadores solares, etcétera se ha convertido en una tendencia prominente, permitiendo a las viviendas generar parte o la totalidad de su propia energía de manera sostenible.

Además de la transición hacia fuentes de energía más limpias, la eficiencia energética en las viviendas también ha adquirido una importancia significativa. La implementación de prácticas como el uso de electrodomésticos de alta eficiencia, sistemas de iluminación LED, aislamiento térmico mejorado y la automatización del hogar contribuye a reducir el consumo de energía y, por lo tanto, los costos de energía, al tiempo que disminuye la huella de carbono.

Sin embargo, a pesar de estos avances, persisten desafíos en el uso de energía en el sector residencial, pues la demanda continúa creciendo¹ lo que requiere una planificación cuidadosa y una gestión efectiva de los recursos. Además, la adopción de nuevas tecnologías y prácticas a menudo enfrenta barreras económicas y de infraestructura, lo que subraya la importancia de

¹ El crecimiento registrado en la demanda de energía eléctrica en el periodo 2019-2020 fue del 6.4% (Secretaría de Energía (SENER), 2021, p. 65).

políticas gubernamentales adecuadas, incentivos y conciencia pública para impulsar la transformación hacia un futuro energético más sostenible en los hogares.

En este epígrafe, el objetivo de este trabajo se centra en brindar el panorama general las emisiones de gases de efecto invernadero derivadas del consumo de energía en el sector Residencial en la ciudad de Pachuca de Soto, Hidalgo, bajo el contexto del Programa de Mitigación y Adaptación del Cambio Climático de este municipio.

Los objetivos específicos que guían esta investigación son:

1. Identificar el acceso a equipos que consumen energía en las viviendas de Pachuca de Soto, Hidalgo al año 2020.
2. Estimar el consumo de energía de equipos que se encuentran en las viviendas de Pachuca de Soto Hidalgo al año 2020.
3. Estimar las emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero de las viviendas pachuqueñas derivadas del consumo de energía en el año 2020.

2. Marco metodológico

Para determinar las emisiones derivadas del consumo energético doméstico en la ciudad de Pachuca se siguieron tres etapas las cuales se describen a continuación:

3.1 Acceso a tecnologías y equipos domésticos

Contreras et al. (2023) realizó el análisis de este apartado con base en la Encuesta Nacional sobre Consumo de Energéticos en Viviendas Particulares (ENCIVE) 2018, no obstante, esta tiene como limitación la falta de desagregación a nivel municipal, por ello, se optó por los datos que brinda el Censo de Población y Vivienda 2020 y la Encuesta de Gastos e Ingresos en los Hogares (ENIGH) 2020 ambas proporcionadas por el Instituto de Estadística y Geografía (INEGI).

Para los datos del Censo de Población 2020, se extrajeron las siguientes variables del Sistema de Consulta de Integración Territorial, Entorno Urbano y Localidad (SCITEL), mediante Microsoft® Excel® para Microsoft 365:

Tabla 1. Variables consideradas del Censo de Población y Vivienda 2020.

Variable
Viviendas particulares habitadas
Viviendas particulares habitadas que disponen de refrigerador
Viviendas particulares habitadas que disponen de lavadora
Viviendas particulares habitadas que disponen de horno de microondas
Viviendas particulares habitadas que disponen de radio
Viviendas particulares habitadas que disponen de televisor

Fuente: Elaboración propia a partir del SCITEL 2020 (INEGI, 2021c)

Por otro lado, los datos de la ENIGH 2020 fueron procesados mediante el software IBM® SPSS® Statistics 27. Este es un programa de análisis estadístico integral y manejo de datos de encuestas tomando en cuenta las características de diseño de estas. Para obtener estimaciones a nivel municipal, se extrapolaron las respuestas de cada una de las preguntas mediante el factor de expansión².

Las variables consideradas de esta encuesta fueron:

Tabla 2. Variables consideradas de la ENIGH 2020

Pregunta textual	Variable	Respuestas
¿Cuántos focos tiene esta vivienda?	Número de focos incandescentes	Numérico
¿Cuántos focos tiene esta vivienda?	Número de focos ahorradores	Numérico
¿Esta vivienda tiene calentador de gas?	Dispone de calentador de gas	Sí/no
¿El combustible que más usan para cocinar es...?	Combustible más utilizado para preparar o calentar alimentos en la vivienda.	1 Leña 2 Carbón 3 Gas de tanque 4 Gas natural o de tubería 5 Electricidad 6 Otro combustible

² Una de las características distintivas de las encuestas probabilísticas en hogares es que las viviendas seleccionadas y las personas que residen en ellas representan a otras viviendas y personas de condiciones socioeconómicas similares. El factor de expansión constituye el peso que se le da a cada unidad muestral para generalizar los resultados de la muestra a la población (INEGI, 2021)

Pregunta textual	Variable	Respuestas
¿Esta vivienda tiene bomba de agua?	Dispone de bomba de agua	Sí/no
¿Esta vivienda tiene aire acondicionado?	Dispone de aire acondicionado	Sí/no

Fuente: Elaboración propia a partir de la ENIGH (INEGI, 2021b)

3.2 Estimación de los consumos energéticos

A partir de la ENIGH y el Censo de Población y Vivienda se identificaron los siguientes usos finales en función de los aparatos y dispositivos eléctricos:

Tabla 3. *Equipos considerados*

Uso final	Dispositivo/aparato
Calentamiento de agua	Calentador de agua de gas
Cocción	Estufa de carbón
	Estufa de leña
	Estufa de gas LP
	Estufa de gas Natural
	Estufa eléctrica
	Microondas
Enfriamiento	Aire acondicionado
Entretenimiento	Radio
	Televisor
	Computadora/laptop/tablet
Iluminación	Focos incandescentes
	Focos ahorradores
Lavado de ropa	Lavadora
Refrigeración	Refrigerador
Suministro de agua	Bomba de agua

*Nota: no se toman en consideración teléfonos celulares.

Fuente: Elaboración propia a partir del SCITEL 2020 (INEGI, 2021c) y la ENIGH (INEGI, 2021b).

Los supuestos considerados para la estimación de los consumos se resumen en la tabla siguiente. El consumo energético se consideró en función del contenido energético del combustible, tiempo promedio de uso y potencia de los equipos. Derivado de la falta de información detallada sobre consumos energéticos se consideró el valor promedio de consumo para el país establecido por (Contreras et al., 2023).

Tabla 4. Supuestos en función del consumo energético

Uso final	Dispositivo/aparato	Número de dispositivos considerados	Energía utilizada	Consumo energético/Potencia	Unidad de medida	Tiempo de uso promedio	Unidad
Calentamiento de agua	Calentador de agua de gas	63,480	Combustible	186.7	Kg/ vivienda/año	-	-
Cocción	Estufa de carbón	773	Combustible	1.4	kg /per cap/ día	-	-
	Estufa de leña	773	Combustible	1.4	kg /per cap/ día	-	-
	Estufa de gas LP	89,321	Combustible	150	Kg/ vivienda/año	-	-
	Estufa de gas Natural	308	Combustible	73	m ³ ·vivienda·año	-	-
	Estufa eléctrica	2280	Electricidad	4,000	W	360	Horas/ año
	Microondas	53,728	Electricidad	1,200	W	60	Horas/ año
Enfriamiento	Aire acondicionado	457	Electricidad	400	W	1766.6	Horas/ año
Entretenimiento	Radio	69,807	Electricidad	40	W	1460	Horas/año
	Televisor	88,026	Electricidad	70	W	2160	Horas/ año
	Computadora/laptop/tablet	51,622	Electricidad	300	W	1460	Horas/año
Iluminación	Focos incandescentes	76,185	Electricidad	60	W	1022	Horas/año
	Focos ahorradores	663,025	Electricidad	9	W	1022	Horas/año
Lavado de ropa	Lavadora	70,678	Electricidad	400	W	324	Horas/año
Refrigeración	Refrigerador	84,741	Electricidad	289	W	2920	Horas/año
Suministro de agua	Bomba de agua	35,891	Electricidad	400	W	120	Horas/año

*Nota: los supuestos utilizados para el equipo Computadora/laptop/Tablet fueron considerados como equipo de cómputo.

Fuente: Elaboración propia con base en el SCITEL (INEGI, 2021c), la ENIGH (INEGI, 2021b), Contreras et al., (2023, pp. 26-30) y CONERMEX (2022).

Se determinó el consumo energético de cada equipo listado en la **Tabla 3** en función del tipo de energía utilizada y los supuestos de la **Tabla 4** mediante las siguientes ecuaciones:

a) Para equipos que usan energía eléctrica:

$$E_{Ei} = P_i * t_i$$

Donde:

E_i = Consumo de energía eléctrica del i-ésimo dispositivo en Mwh.

P_i = Potencia del i-ésimo dispositivo en watts.

t_i = Tiempo promedio en horas.

b) Para equipos que consumen combustibles:

i. Para aquellos dispositivos con el consumo en unidad per cápita:

$$E_k = Cp_{ck} * H_v * PCN_c$$

Donde:

E_k = Consumo de energía anual en el dispositivo k usando el combustible c.

Cp_{ck} = Consumo de per cápita del combustible c en el dispositivo k.

H_v = Habitantes promedio por vivienda en Pachuca.

t_i = Poder calorífico neto del combustible c.

ii. Para aquellos dispositivos con el consumo en unidad de vivienda:

$$E_k = Cp_{ck} * PCN_c$$

Donde:

E_k = Consumo de energía anual en el dispositivo k usando el combustible c.

Cp_{ck} = Consumo por vivienda del combustible c en el dispositivo k.

t_i = Poder calorífico neto del combustible c.

Considerando los siguientes poderes caloríficos netos:

Tabla 5. Poderes caloríficos por combustible.

Combustible	Dato	Unidad
Leña	16	MJ/Kg
Carbón	27	MJ/Kg
Gas LP	40	MJ/Kg
Gas Natural	50	MJ/Kg

Fuente: Adaptado de Contreras et al. (2023).

3.3 Estimación de las emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero

Una vez determinado el consumo energético total de todos los dispositivos se procedió a realizar la estimación de gases de efecto invernadero basado en las siguientes ecuaciones:

i. Para dispositivos eléctricos:

$$E_{CO_2} = \sum_{i=1}^n E_{ti} * FE$$

E_{CO_2} = Emisión de CO₂ equivalente por consumo de energía eléctrica.

E_k = Consumo de energía eléctrica total del i-ésimo dispositivo en Mwh/hora.

FE = Factor de emisión (0.435 tCO₂e / MWh)³.

ii. Para dispositivos que consumos combustibles:

$$E_{CO_2} = \sum_{i=1}^n E_{ti} * FE$$

$$E_{CH_4} = \sum_{i=1}^n E_{ti} * FE$$

$$E_{N_2O} = \sum_{i=1}^n E_{ti} * FE$$

E_{CO_2} = Emisión de CO₂.

³ El factor de emisión fue establecido en el año 2022 por la Comisión Reguladora de Energía (Gobierno de México y CRE, 2023, p. 1).

E_{CH_4} = Emisión de CH₄.

E_{N_2O} = Emisión de N₂O.

- E_i = Consumo de energía anual en el equipo k usando el combustible c.

FE= Factor de emisión.

Partiendo de los factores de emisión en la **Tabla 6**:

Tabla 6. Factores de emisión de GEI por combustible.

Combustible	Factor de emisión		
	CO ₂ (t/MJ)	CH ₄ (kg/MJ)	N ₂ O (kg/MJ)
Carbón vegetal	1.12E-04	2.00E-04	4.00E-06
Leña	1.12E-04	3.00E-05	4.00E-06
Gas natural (promedio asociado y no asociado)	5.61E-05	1.00E-06	1.00E-07
Gas licuado	6.31E-05	1.00E-06	1.00E-07

Fuente: Adaptado de SEGOB (2015).

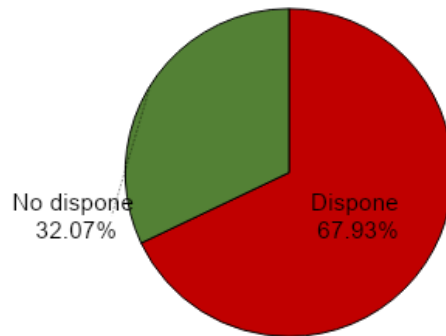
3. Análisis de resultados

3.1 Acceso a tecnología y dispositivos por uso final

3.1.1 Calentamiento de agua

De las 93,455 viviendas contabilizadas por la ENIGH el 67.93% de estas hacen uso de calentadores de gas, los cuales tiene una alta eficiencia energética, así como un costo mucho menor, lo que puede ser el factor de uso principal, sin embargo, también es importante considerar alternativas más sostenibles desde el punto de vista ambiental. Las tecnologías de energía renovable, como los calentadores solares de agua o sistemas de bomba de calor, podrían ser opciones que considerar para reducir el impacto ambiental.

Gráfica 1. Viviendas que disponen de calentador de gas.

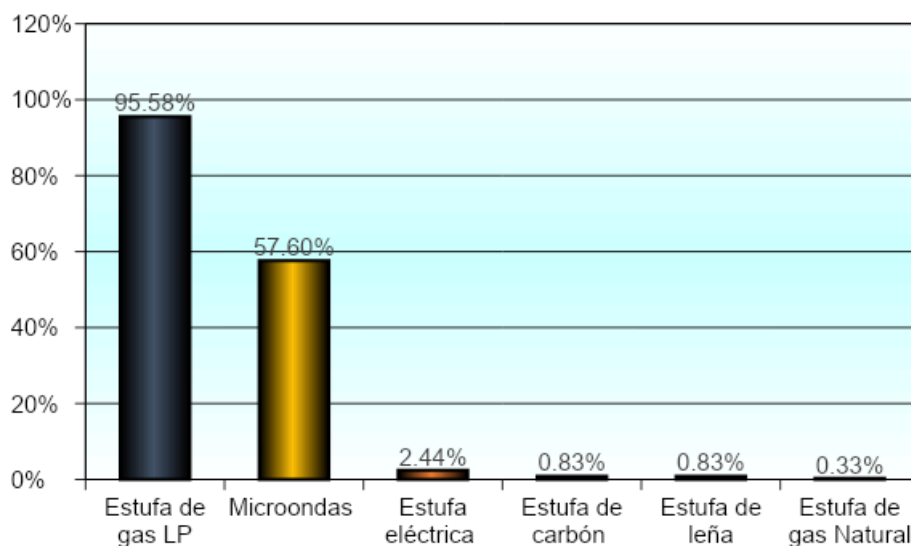


*Nota: casos ponderados por factor de expansión.
Fuente: Elaboración propia a partir de la ENIGH (INEGI, 2021b)

3.1.2 Cocción y calentamiento de alimentos

La cocción permite hacer digeribles los alimentos, eliminar bacterias, conseguir que sean apetitosos y proporcionarles la temperatura adecuada (Lara, 2018, p. 2). Para el caso de Pachuca, se hace evidente que para esta actividad se hace uso de estufas que utilizan combustibles, principalmente gas LP (95.58%). Asimismo, gran parte de las viviendas cuentan con un microondas (57.6%), esto para el calentamiento de los alimentos (**Gráfica 2**).

Gráfica 2. Dispositivos utilizados para cocción y calentamiento de alimentos.

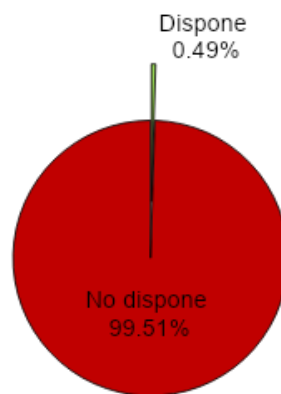


*Nota: casos ponderados por factor de expansión.
Fuente: Elaboración propia con datos de la ENIGH (INEGI, 2021b).

3.1.3 Enfriamiento

El uso del aire acondicionado permite a las viviendas mantener una temperatura del ambiente regulada (calor o frío) en una habitación (Ramírez, 2013). En Pachuca de Soto, no se acostumbra el uso de este tipo de dispositivos (0.49%), lo que puede estar relacionado con las temperaturas moderadas o frescas durante la mayor parte del año, por tanto, es menos probable que las personas necesiten utilizar aire acondicionado de manera constante.

Gráfica 3. Viviendas que disponen de aire acondicionado

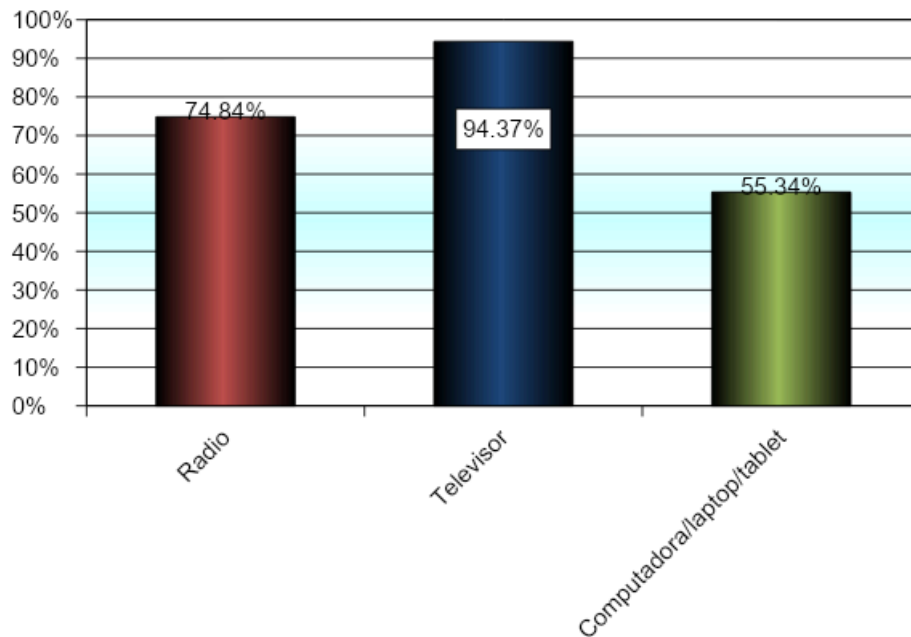


*Nota: casos ponderados por factor de expansión.
Fuente: Elaboración propia a partir de la ENIGH (INEGI, 2021b)

3.1.4 Entretenimiento

De acuerdo con INEGI "...las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) permiten contar con aparatos y servicios que facilitan el acceso a la información, el aprendizaje, la diversión, el trabajo, el esparcimiento"(INEGI, 2020). En la **Gráfica 4** se puede destacar un acceso importante para la televisión (94.37%) y el radio en un (74.84%), dispositivos que permiten a los habitantes acceder a información actualizada y entretenimiento desde la comodidad de sus casas.

Gráfica 4. *Dispositivos destinados para entretenimiento.*



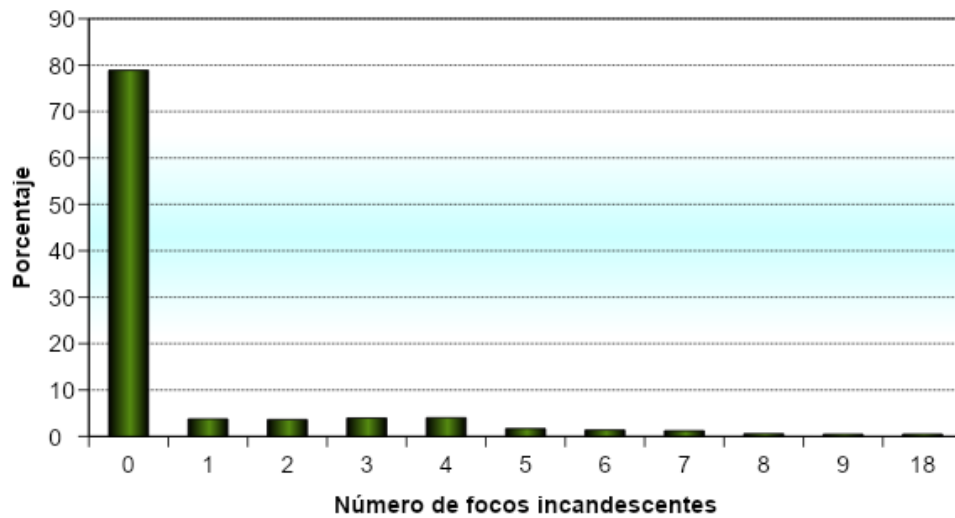
*Nota: no se consideraron los equipos telefónicos.
Fuente: Elaboración propia a partir del SCITEL 2020 (INEGI, 2021c)

3.1.5 Iluminación

La iluminación en las viviendas resulta ser un elemento importante para la realización de actividades, principalmente en las horas de ausencia de luz solar. Esta se realiza a partir de lámparas o focos, los cuales son convertidores de energía eléctrica en radiación electromagnética visible (luz). Estas lámparas son de dos tipos: incandescentes y ahorradoras, las primeras que funcionan mediante el calentamiento de un filamento de tungsteno dentro de un globo de vidrio, lo que genera luz, y los segundos que utilizan diferentes tipos de tecnología como LED (Light Emitting Diod) que permiten una mayor eficiencia energética (Soto y Paz, 2006, pp. 18-40).

Para Pachuca es evidente que un mayor número de viviendas hacen uso de lámparas ahorradoras de luz frente a los tradicionales focos incandescentes pues 79 viviendas de cada 100 no cuentan con este tipo de focos .

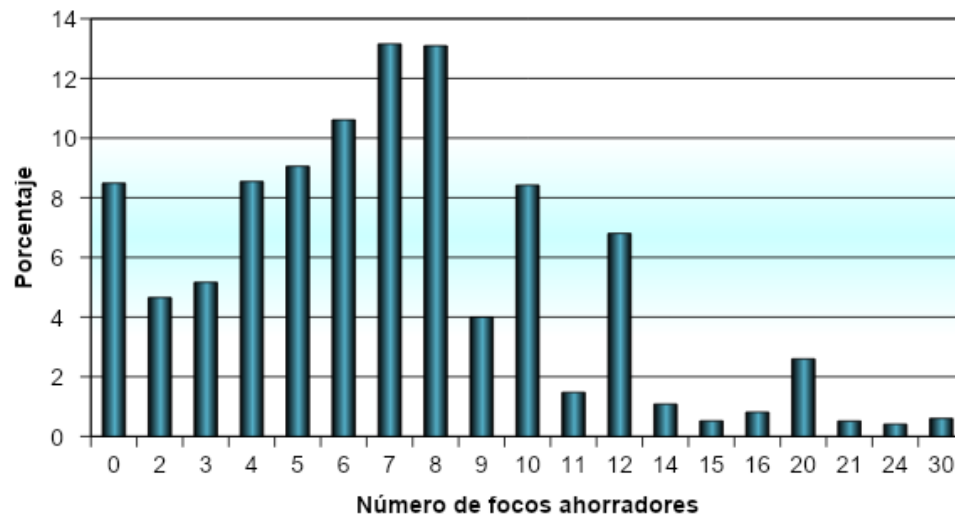
Gráfica SEQ Gráfica * ARABIC 5. Viviendas que cuentan con focos incandescentes



*Nota:
ponderados por factor de expansión.
Fuente: Elaboración propia a partir de la ENIGH (INEGI, 2021b)

casos

Gráfica SEQ Gráfica * ARABIC 6. Viviendas que cuentan con focos ahorradores



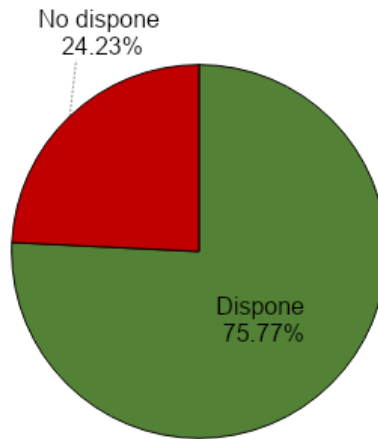
*Nota: casos ponderados por factor de expansión.
Fuente: Elaboración propia con datos de la ENIGH (INEGI, 2021b)

3.1.6 Lavado de ropa

En el pasado se requería hacer uso del lavadero y la fuerza física para poder realizar el lavado de ropa, lo que implicaba un gran desgaste físico, no obstante, y gracias al avance de la

tecnología se logró facilitar esta práctica mediante equipos como las lavadoras. En Pachuca de Soto, el grueso de las viviendas hace uso de este tipo de tecnología en un 75.77% (**Gráfica 7**).

Gráfica 7. *Viviendas que disponen de lavadora*

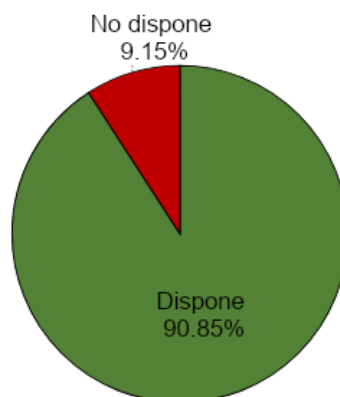


Fuente: Elaboración propia a partir del SCITEL 2020 (INEGI, 2021c)

3.1.7 Refrigeración

La refrigeración consiste básicamente “...en reducir y mantener la temperatura de un espacio determinado por debajo de la temperatura ambiente, básicamente para la conservación de alimentos”(Fundación Red de Energía - BUN-CA, 2007). Este proceso se realiza mediante refrigeradores, dispositivo que se encuentra en el 90.85% de las viviendas del municipio de Pachuca (**Gráfica 8**).

Gráfica 8. *Viviendas que disponen de refrigerador*

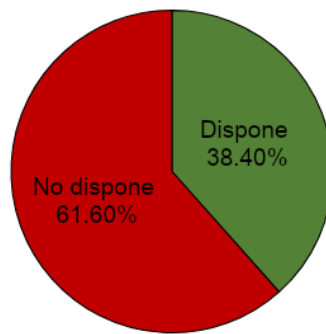


Fuente: Elaboración propia a partir del SCITEL 2020 (INEGI, 2021c)

3.1.8 Suministro de agua

En muchas áreas, la presión del agua proporcionada por la red de abastecimiento público puede ser insuficiente para garantizar un flujo adecuado en las viviendas, especialmente en edificios de varios pisos y zonas alejadas. Las bombas de agua ayudan a aumentar la presión y garantizar que el agua fluya correctamente a través de las tuberías y grifos (Organización Panamericana de la Salud (OPS), 1966). En las viviendas se hace necesario el uso de este tipo de equipo por la baja presión en algunas de las zonas de la ciudad (38.4% de las viviendas utilizan bombas de agua).

Gráfica 9. Viviendas que disponen de bomba de agua



*Nota: casos ponderados por factor de expansión.

Fuente: Elaboración propia con datos de la ENIGH (INEGI, 2021b).

3.2 Emisiones de gases de efecto invernadero en función del consumo energético

3.2.1 Consumo de energía eléctrica y emisiones CO₂

En suma, el consumo de energía eléctrica en Pachuca en función de los usos finales al año 2020 se estimó que fue de 140,635.29 Mwh lo que provocó una emisión de CO₂ equivalente a 61,176.3496 toneladas (**Gráfica 10**).

Gráfica SEQ Gráfica * ARABIC 10. Consumo de energía y emisiones de CO₂ equivalente por



Fuente: Elaboración propia.

En términos generales, el mayor consumo de energía eléctrica y, por tanto, mayores emisiones fueron por el uso final de refrigeración de alimentos (50.85%) y el entretenimiento en 28.44%⁴. La menor contribución fue por el enfriamiento de la vivienda (0.23%) y el suministro de agua en un 1.22%.

Si bien de iluminación consumió menor energía, es un eje importante de analizar pues se evidencia que el uso de focos ahorradores reduce en un 85% el consumo para este uso.

3.2.2 Consumo de energía térmica y emisiones CO₂, CH₄, N₂O por equipo

De acuerdo con la **Tabla 7** la energía consumida por todos los equipos domésticos en Pachuca fue de 1,010,232,132.16 MJ, siendo la estufa de gas LP y el calentador de agua de gas los mayores consumidores de energía. En términos de emisiones, el uso de combustibles por todos los equipos sumó un total de 63,752.67 toneladas de CO₂, 1,031.33 kg de metano (CH₄) y 101.63 kg de N₂O. Para todos los casos, la estufa fue el equipo que mayores emisiones generó, seguido también del calentador de agua.

Tabla 7. Consumo de energía térmica y emisiones de GEI por uso final y equipo doméstico

Uso final	Dispositivo/aparato	Energía consumida en MJ	CO ₂ (t/MJ)	CH ₄ (kg/MJ)	N ₂ O (kg/MJ)
Calentamiento de agua	Calentador de agua de gas	474,068,640	29,913.73	474.07	47.41
Cocción	Estufa de carbón	97,592.80	10.93	19.52	0.39
	Estufa de leña	57,832.77	6.48	1.73	0.23
	Estufa de gas LP	535,926,000	33,816.93	535.93	53.59
	Estufa de gas Natural	82,066.6	4.60	0.08	0.01
Total		1,010,232,132.16	63,752.67	1,031.33	101.63

*Nota: para el calentador de agua, se consideró el factor de emisión del gas LP.

Fuente: Elaboración propia.

⁴ Particularmente, los equipos que consumieron mayor energía fueron los equipos de cómputo (56.53%) y los televisores (33.27).

3.2.3 Emisiones totales de GEI

Las emisiones estimadas por gas se resumen la **Tabla 8**. Emisiones de GEI total por uso final:

Tabla 8. Emisiones de GEI total por uso final

Uso final	CO ₂ (t/MJ)	CH ₄ (kg/MJ)	N ₂ O (kg/MJ)
Calentamiento de agua	29,913.73	474.07	47.41
Cocción	36,949.90	557.26	106.20
Enfriamiento	140.48	0	0
Entretenimiento	17,398.56	0	0
Iluminación	4,685.02	0	0
Lavado de ropa	3,984.54	0	0
Refrigeración	31,107.39	0	0
Suministro de agua	749.40	0	0
Total	124,929.02	1,031.33	153.61

Fuente: Elaboración propia.

De modo que:

- Las emisiones de CO₂ se contabilizaron en 124,929.02 toneladas, siendo la cocción, la refrigeración y el calentamiento de agua los usos que mayor emiten.
- Las emisiones de CH₄ y N₂O se estimaron en 1,031.33 y 153.61 kg respectivamente, siendo cocción la mayor fuente emisora.

4. Conclusiones y recomendaciones

- En términos de información, es necesaria la actualización de la Encuesta Nacional sobre Consumo de Energéticos en Viviendas Particulares (2018) agregando la variable del municipio para que pueda ser utilizada en este ámbito, y, por tanto, se obtengan estimaciones más precisas.
- El acceso a equipos que consumen energía eléctrica es abundante, principalmente en refrigeración y entretenimiento, asimismo, el uso de estos equipos fueron los que mayor emisión de dióxido de carbono arrojaron. Por otro lado, el acceso a aire

acondicionado es un elemento no representativo en las viviendas de Pachuca de Soto. En adición, se ve una diferencia importante en el uso de focos ahorradores con respecto a los incandescentes.

- El combustible más utilizado fue el gas LP, principalmente para estufas y calentadores de agua, los que, a su vez, emitieron mayor proporción de dióxido de carbono.
- El metano y el óxido nitroso emitidos tanto por el uso de combustibles fue mínimo, por tanto, es necesario concentrar acciones de mitigación del CO₂, tales como transición a calentadores solares y parrillas de inducción eléctrica. Además de la moderación del uso de equipos de entretenimiento mediante políticas de fomento a la actividad física, recreativa y lúdica.

Fuentes consultadas

CONERMEX. (2022). *Tabla de consumos CFE.*

<https://www.conermex.com.mx/webinar/tabla-consumos-CFE.pdf>

Contreras, M., Serrano-Medrano, M., & Mansera, O. (2023). *Patrones de consumo energético en el sector residencial de México: Un análisis desde la perspectiva de usos finales.*

CONACYT.

https://conahcyt.mx/wp-content/uploads/pronaces/micrositios/energia_y_cambio_climatico/energia/cuadernos_tematicos/Cuaderno_Tematico_I_Pronaces_ECC_ISBN_final.pdf

Fundación Red de Energía - BUN-CA. (2007). *Manual técnico: Refrigeración Comercial* (1.^a ed.). Fundación Red de Energía - BUN-CA.

<https://www.bun-ca.org/wp-content/uploads/2019/02/Refrigeracion.pdf>

Gobierno de México & CRE. (2023). *AVISO: Factor de emisión del Sistema Eléctrico Nacional 2022*.

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/806468/4_-Aviso_FE_2022__1_.pdf

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2021a). *Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares 2020: ENIGH: nueva serie: Descripción de la base de datos*.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

https://inegi.org.mx/contenidos/programas/enigh/nc/2020/doc/enigh2020_ns_descriptor_archivos_fd.pdf

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2020). *Población. Tecnología en los hogares*. Cuéntame. <https://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/tic.aspx?tema=P>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2021b). *Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH). 2020* [Base de datos]. Programas de información de

INEGI. <https://www.inegi.org.mx/programas/enigh/nc/2020/#Microdatos>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2021c). *SCITEL* [Base de datos].

Principales resultados por localidad (ITER) 2020.

<https://www.inegi.org.mx/app/scitel/Default?ev=9>

Lara, A. (2018). *Guía de métodos de cocción*. Universidad Pedagógica Experimental Libertador.

<https://s03c7159ffb802279.jimcontent.com/download/version/1525483827/module/15944094196/name/GU%C3%8DA%20%20DE%20M%C3%89TODOS%20DE%20COCCI%C3%93N%20DIPLOMADO.pdf>

Organización Panamericana de la Salud (OPS). (1966). *Apuntes del curso intensivo: Bombas*

para el agua potable. OMS.

<https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/1188/SP145.pdf?sequence=1>

Ramírez, L. (2013). *Proyecto de un sistema de acondicionamiento de aire quirófano perteneciente a un hospital localizado en la ciudad de Toluca; Estado de México* [Tesis

de licenciatura, Instituto Politécnico Nacional].

<https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/12059/TESIS%20%20AIRE%20ACIONADO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Secretaría de Energía (SENER). (2021). *Demanda y consumo de energía 2021-2035*.

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/649612/PRODESEN_CAP_TULO-4.pdf

Secretaría de Gobernación (SEGOB). (2015, septiembre 3). Acuerdo que establece las particularidades técnicas y las fórmulas para la aplicación de metodologías para el cálculo de emisiones de gases o compuestos de efecto invernadero. *Diario Oficial de la Federación*.

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/41846/2015_rene_dof_acuerdo_particularidades_tecnicas_aplicacion_metodologias.pdf

Soto, E. A., & Paz, J. A. (2006). *MANUAL DE ILUMINACIÓN INTERIOR (ILUMINACIONES T...CNICAS S.A.)*. Universidad Autónoma de Occidente.

<https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/6072/T04075.pdf?sequence=1&isAllowed=y>



PATRONES DE CONSUMO ENERGÉTICO EN EL SECTOR RESIDENCIAL
Y SUS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO:
EL CASO PACHUCA DE SOTO, HIDALGO, 2020