



Actualización de análisis de viabilidad y dimensionamiento del potencial de ahorro de un programa de sustitución de calentadores de agua



El Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE) y la Secretaria de Medio Ambiente (SMA) del Estado de Aguascalientes agradecen a la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH por la colaboración y asistencia técnica en la elaboración del presente documento. La colaboración de la GIZ se realizó bajo el marco del “Programa de Energía Sustentable en México”, el cual se implementa por encargo del Ministerio Federal Alemán de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ). Las opiniones expresadas en este documento son de exclusiva responsabilidad del/ de los autor/es y no necesariamente representan la opinión de la Secretaria de Energía y/o de la GIZ. Se autoriza la reproducción parcial o total, siempre y cuando sea sin fines de lucro y se cite la fuente de referencia.

GIZ

Actualización de análisis de viabilidad y dimensionamiento del potencial de ahorro de un programa de sustitución de calentadores de agua, México, D.F., agosto de 2015

Edición y Supervisión: Santiago Mata, Hermilio Ortega
Autor(es): Odón de Buen, Pablo Cuevas y Judith Navarro
Actualización: Pablo Cuevas
Diseño: GIZ Mexico

Impreso en México

© Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
Dag-Hammarskjöld-Weg 1-5
65760 Eschborn/Alemania
www.giz.de

Oficina de Representación de la GIZ en México
Torre Hemicor, Piso 11
Av. Insurgentes Sur No. 826
Col. Del Valle, Del. Benito Juárez
C.P. 03100, México, D.F.
T +52 55 55 36 23 44
F +52 55 55 36 23 44
E giz-mexiko@giz.de
I www.giz.de / www.gtz.de/mexico

Tabla de Contenido

1. Resumen Ejecutivo	17
1.1. Antecedentes	17
1.2. Objetivo y alcance:	18
1.3. Metodología:	18
1.4. Estructura del documento:.....	18
1.5. Resultados clave:	19
1.6. Conclusiones y recomendaciones:	19
2. Introducción	22
3. Producción y consumo de gas LP y gas natural	25
3.1. Producción nacional e importaciones de gas LP y gas natural	25
3.1.1. Gas licuado de petróleo.....	25
3.1.2. Gas natural.....	25
3.2. Consumo de energía del sector residencial.....	25
3.2.1. En el ámbito nacional	25
3.2.2. En el ámbito regional.....	26
3.2.2.1. Gas LP	26
3.2.2.2. Gas natural.....	27
3.2.3. Consumo estacional	28
3.2.4. Gasto por hogar	30
4. Población, vivienda, equipamiento y clima	32
4.1. Población y vivienda.....	32
4.2. Equipamiento	32
4.3. Clima.....	34
5. Consumo nacional de gas para calentamiento de agua	36
5.1. Estimado de consumo de gas para calentamiento de agua por deciles de ingreso	36
5.2. Nivel de consumo promedio de gas para calentamiento de agua por hogar para cada estado	36
6. Caracterización de las tecnologías para calentamiento de agua en los hogares ..	42
6.1. Calentador de agua de almacenamiento o de depósito	42
6.2. Calentador de agua de rápida recuperación.....	44
6.3. Calentador de agua de tipo instantáneo	46
6.4. Calentador de agua eléctrico.....	48
6.5. Calentador solar de agua	49

6.6. Eficiencia térmica en los calentadores de agua.....	51
6.6.1. Eficiencia de corto plazo.....	51
6.6.1.1. Equipos nuevos.....	51
6.6.2. Eficiencia de largo plazo.....	52
6.6.2.1. Antigüedad	52
6.6.2.2. Sobre-dimensionamiento de los equipos	53
6.6.2.3. Modos de operación	53
6.6.2.4. Clima	54
6.6.3. Eficiencia de los calentadores solares de agua	55
7. Consulta con actores de mercado.....	57
7.1. Relativos al uso de agua caliente	57
7.2. Relativos a la compra de equipos.....	57
7.3. Sobre instalación y mantenimiento.....	58
7.4. Relativos a cambio de tecnología y su instalación.....	58
7.5. Relativos al tamaño del mercado	59
7.6. Sobre barreras al programa	59
7.7. Elementos sugeridos para el programa.....	59
8. Comparación de las alternativas tecnológicas.....	60
8.1. Consumo de energía por tecnología y por región.....	60
8.2. Consumo de energía por tecnología y por región.....	62
8.3. Análisis económico por tecnología y región (desde la perspectiva del usuario).....	64
9. Escenarios de programa e impactos esperados	69
9.1. Escenarios	69
9.1.1. Línea base	69
9.1.2. Mayor ahorro de energía por usuario 1.....	69
9.1.3. Mayor ahorro de energía 2.	70
9.1.4. Mayor economía al usuario 1.	70
9.2. Costos unitarios de mitigación.....	71
9.3. Resultados de los escenarios.....	73
9.4. Ahorros anuales y retorno simple de la inversión para los usuarios	75
10. Conclusiones y recomendaciones para el diseño de un programa nacional.....	79
10.1. Conclusiones.....	79
10.1.1. Sobre el consumo de gas.....	79
10.1.2. Sobre la tecnología para el calentamiento de agua	79
10.1.3. Sobre las costumbres de recambio de equipo	80

10.1.4. Sobre los aspectos económicos que influyen en el potencial de recambio	80
10.1.5. Comparación de tecnologías desde la perspectiva de los usuarios	80
10.1.6. Evaluación de escenarios de un programa de recambio	82
10.2. Recomendaciones.....	82
Anexo 1: Herramienta para simular consumo de gas y electricidad en calentadores de agua	85
Anexo 2. Aspectos relativos a costos y precios	89
Anexo 3. Entrevistas para analizar la viabilidad y dimensionar el potencial de ahorros de un programa de sustitución de calentadores de agua.....	95
Anexo 4: Resultados de las entrevistas	101
Anexo 5: Los Grados-día	119
Anexo 6. Metodología para el cálculo del costo unitario de medidas de mitigación .	121
Bibliografía	126

Lista de Tablas

Tabla 1. Viviendas particulares habitadas en México que utilizan gas LP en 2013. (Miles de viviendas) .	26
Tabla 2. Ventas internas regionales de gas LP en el sector residencial 2014. (En miles de barriles diarios de gas LP equivalente)	27
Tabla 3. Consumo promedio ponderado de gas LP por hogar y por región 2013. (En kilogramos)	27
Tabla 4. Ventas internas regionales de gas natural en el sector residencial 2013. (En millones de pies cúbicos diarios)	28
Tabla 5. Consumos máximos y mínimos en las ventas de gas LP a nivel nacional, de 2005 a 2014. (En miles de barriles diarios)	29
Tabla 6. Consumo de gas por hogar por deciles de ingreso, 2014.	31
Tabla 7. Población total, hogares y promedio de habitantes por hogar por entidades federativas, México, 2013.....	32
Tabla 8. Equipamiento en hogares por entidades federativas, México, 2013. (En porcentajes).....	33
Tabla 9. Grados día de refrigeración (con referencia de 50°F) promedio por entidad federativa, México.	35
Tabla 10. Estimado de consumo de gas para calentamiento de agua por deciles de ingreso.....	36
Tabla 11. Relación de grados día de refrigeración promedio por entidad federativa respecto del valor de referencia (5,228 CDD50).	38
Tabla 12. Estimado de consumo de energía para calentamiento de agua por entidad federativa.	39
Tabla 13. Características de los calentadores de agua de almacenamiento para servicios de 1 a 7 personas.....	44
Tabla 14. Características de los calentadores de agua de rápida recuperación de 5 y 7.8 litros/minuto. .	46
Tabla 15. Características de los calentadores de agua instantáneos para servicios de 1 a 4 personas. .	48
Tabla 16. Características de los calentadores de agua de almacenamiento para servicios de 1 a 7 personas.....	49
Tabla 17. Pérdidas de eficiencia energética según el espesor de la incrustación.	53
Tabla 18. Aspectos que determinan la eficiencia del sistema de agua caliente en plazos largos.	54
Tabla 19. Entidades federativas por región.	60
Tabla 20. Consumo anual estimado por hogar de equipo nuevo, por tecnología y por región (kWh _t).	61
Tabla 21. Tasas de crecimiento anual estimadas del consumo de energía a largo plazo por tecnología y por región.	62
Tabla 22. Ahorro de energía por tecnología y por región para un cambio cada 10 años respecto de calentador de gas de depósito (para un ciclo de 20 años) (Miles de kWh _t).	63
Tabla 23. Ahorro de energía por tecnología y por región para un cambio cada 8 años respecto de calentador de gas de depósito (para un ciclo de 20 años) (Miles de kWh _t).	63
Tabla 24. Ahorro de energía por tecnología y por región para cambio de equipos cada 8 años vs. cambio cada 10 años (para un ciclo de 40 años) (Miles de kWh _t).	64
Tabla 25. Costo de inversión para las tecnologías consideradas (incluye instalación).	65
Tabla 26. Variables consideradas para el análisis económico.....	65
Tabla 27. Diferencia de valor presente neto (VPN) respecto del calentador de depósito para cambios de equipos cada 10 años (miles de pesos).	66
Tabla 28. Diferencia de valor presente neto respecto del calentador de depósito para cambios de equipos cada 8 años (miles de pesos).	67
Tabla 29. Diferencia de valor presente neto para cambios de equipos cada 8 años respecto cada 10 años (miles de pesos).	68
Tabla 30. Cambios de equipos para mayor ahorro de energía por usuario 1.	70
Tabla 31. Cambios de equipos para mayor ahorro de energía 2.	70
Tabla 32. Cambios de equipos para mayor economía al usuario 1.	71
Tabla 33. Valores considerados para calentador de gas de depósito.....	71
Tabla 34. Variables consideradas para el costo unitario de mitigación.	72
Tabla 35. Costos unitarios de mitigación de alternativas a calentador de gas de depósito.....	73
Tabla 36. Resultados globales por escenario.	74
Tabla 37. Diferencias de valores globales respecto de Escenario Base.	74

Tabla 38. Inversión vs. subsidio evitado.....	75
Tabla 39. Indicadores para escenarios.	75

Lista de Figuras

Figura 1. Consumo de energía por tipo de combustible en el Sector Residencial en 2013.	25
Figura 2. Ventas mensuales de gas LP (2005-2014).	29
Figura 3. Gasto en gas por deciles de hogares, según su ingreso en 2014 (en pesos).	30
Figura 4. Calentador de agua de almacenamiento.	42
Figura 5. Calentador de agua de almacenamiento.	45
Figura 6. Calentador de agua tipo instantáneo.	47
Figura 7. Calentador de agua tipo instantáneo.	48
Figura 8. Sistema de calentamiento solar de agua, con colector solar plano.	50
Figura 9. Sistema de calentamiento solar de agua con tubos evacuados.	51
Figura 10. Evolución de la eficiencia térmica por la aplicación de normas en los calentadores de agua para uso doméstico en México (1995-2010).	52
Figura 11. Ahorros anuales por usuario	76
Figura 12. Período simple de recuperación de la inversión.	77
Figura 13. Precios de calentadores de agua de almacenamiento, rápida recuperación e instantáneos (2010).	89
Figura 14. Precios promedio a nivel nacional del gas licuado de petróleo (2005-2015).	90
Figura 15. Relación del precio de referencia internacional (Mont Belvieu) vs	91
Figura 16. Tasas de interés promedio anual para créditos hipotecarios (2004-2015).	92
Figura 17. Tasa de interés anual en las tarjetas de crédito bancarias (2004-2015).	93

Listado de abreviaturas

CO ₂	Bióxido de carbono
Cp	Capacidad térmica específica del agua, igual a 4186 J/kg°C (1.1627 Wh/kg°C) para el intervalo de temperatura de 270,15 K a 360,15 K (-3 a 87°C).
Ef	Eficiencia térmica del calentador (%).
Ef1	Eficiencia térmica del calentador inicial en un periodo de tiempo de 1.5 hrs.
m	Masa del agua (kg).
Q	Calor (J o kWh _t).
t	Tonelada métrica.
T1	Temperatura inicial del agua (°C).
T2	Temperatura final del agua (°C).

Glosario

- Agua de la red pública
Sistema de suministro de agua por medio de una instalación de tuberías que abastece de agua a las viviendas.
- Agua fría
Agua de alimentación al calentador que proviene de una fuente común de abastecimiento.
- Calentador de agua
Aparato o equipo que está diseñado para calentar agua. Cuenta con una cámara de combustión, un cambiador de calor, un quemador y un piloto. Utiliza como combustible gas LP o gas natural, y puede tener un control de temperatura automático (termostato), semiautomático (válvula) o de presión, con o sin aislamiento térmico.
- Calentador de agua de almacenamiento (calentador de depósito)
Aparato para calentar el agua contenida en un depósito de almacenamiento.
- Calentador de agua instantáneo (calentador de paso)
Aparato para calentar agua de manera continua, a una temperatura uniforme, al paso del agua por un serpentín.
- Calentador de agua de rápida recuperación
Aparato para calentar agua de manera continua a una temperatura uniforme, al paso del agua por uno o más intercambiadores de calor.
- Calentador de agua eléctrico
Aparato para calentar agua, ya sea de almacenamiento o instantáneo, que en lugar de utilizar gas (gas LP o natural) funciona con energía eléctrica.
- Calentador solar de agua
Aparato para calentar agua que funciona con energía solar.
- Combustible
Material capaz de oxidarse rápidamente liberando energía en forma de calor y luz.
- Deciles de viviendas
Agrupación del total de viviendas del país en diez estratos con igual número de hogares, ordenados de acuerdo a su ingreso de menor a mayor.
- Eficiencia térmica
Es la relación existente entre el calor absorbido por el agua y el calor liberado por el combustible, expresado en por ciento.
- Excusado o sanitario
Taza de baño o retrete, cuya instalación está conectada a un sistema de tubería, que permite eliminar los desechos hacia el drenaje de la calle, a una fosa séptica o bien al suelo, río, lago, etc. Funciona por medio de agua.
- Gasto en energéticos
Gastos realizados por los integrantes del hogar a crédito o en efectivo, destinados

- durante el periodo de referencia, a los pagos de los servicios en energía eléctrica y combustibles de la vivienda.
- Gasto promedio
Ingreso destinado, durante el periodo de referencia establecido, para la adquisición de productos y servicios de consumo final y privado.
 - Hogar
Conjunto de personas, unidas o no por lazos de parentesco, que residen habitualmente en la misma vivienda y se sostienen de un mismo gasto para comer.
 - Ingreso promedio
Percepciones en efectivo que recibieron los miembros del hogar durante el periodo de referencia.
 - Interruptor por presión
Dispositivo de control para abrir o cerrar el suministro de combustible al quemador, dependiendo del cambio de presión del agua.
 - Interruptor por temperatura (termostato)
Dispositivo de control para abrir o cerrar el suministro de combustible al quemador, dependiendo de la temperatura del agua.
 - Piloto
Dispositivo donde se produce una flama pequeña que se utiliza para encender el quemador.
 - Vivienda
Espacio delimitado por paredes y techos de cualquier material de construcción, donde viven, duermen, preparan alimentos, comen y se protegen de las inclemencias del tiempo una o más personas.

Nomenclatura

A	Amperes
CDD50	Grados-día para refrigeración con referencia de 50° F
cm	Centímetros
Cp	Capacidad térmica específica del agua, igual a 4186 J/kg°C (1.1627 Wh/kg°C) para el intervalo de temperatura de 270,15 K a 360,15 K (-3 a 87°C)
Ef	Eficiencia térmica del calentador (%)
Ef1	Eficiencia térmica del calentador inicial en un periodo de tiempo de 1.5 hrs
Gas LP	Gas licuado de petróleo
hr	Hora
kg	Kilogramos
kWh	Kilowatt hora
kWh _t	Kilowatt hora térmico
m	Masa del agua (kg)
m ³	Metros cúbicos
mm	Milímetros
mbd	Miles de barriles diarios
mmpcd	Millones de pies cúbicos diarios
PJ	Petajoules
Q	Calor (Joules o kWh _t)
Qa	Calor absorbido por el agua
Qc	Calor liberado por el combustible
T1	Temperatura inicial del agua (°C)
T2	Temperatura final del agua (°C)
V	Voltaje
W	Watt

1. Resumen Ejecutivo

1.1. Antecedentes

En México existen 30.72 millones de viviendas.¹ De acuerdo con el Balance Nacional de Energía 2013, el consumo energético del sector residencial representó el 14.5% de la demanda nacional de energía.² Se estima que el 80% de las viviendas son urbanas y utilizan algún tipo de combustible fósil (gas LP, gas natural y querosenos) para la cocción de alimentos, el calentamiento de agua y la calefacción de interiores. Cinco de cada siete hogares mexicanos utilizan el gas LP como combustible, lo que origina que México sea el segundo lugar mundial de consumo de gas LP per cápita.³

Existen varios elementos que justifican el llevar a cabo el análisis de un posible programa de recambio de calentadores de agua en México:

- **Dependencia de importaciones.** La producción nacional de gas LP en 2013 ascendió a 207 miles de barriles diarios, satisfaciendo solamente 72% de las necesidades nacionales, por lo que se necesitó que se importaran 79 miles de barriles diarios. El valor de estas importaciones significó 1,558 millones de dólares (SENER 2013). Asimismo, la producción nacional de gas natural sólo cubrió 64% de las necesidades de este energético en el país (SENER 2013).
- **Alza de precios de gas.** Durante los últimos 5 años, el precio del gas LP se ha incrementado a razón de 8.9% anual (SENER 2015)⁴.
- **Gastos en compra.** Con base en la Encuesta Ingreso y Gasto de los Hogares 2014, el gasto en gas representa el 63% del gasto total en energéticos (ENIGH-2014).
- **Política de mitigación de cambio climático.** El mejorar la eficiencia energética en el uso del agua caliente cumple con los objetivos del Programa Especial de Cambio Climático y del Programa Nacional de Vivienda, tendiente a reducir emisiones de gases de efecto invernadero y realizar acciones desde el interior de las viviendas, logrando que éstas tengan un consumo eficiente de recursos, incorporando eco tecnologías; lo cual está alineado con las metas y líneas de acción del Plan Nacional de Desarrollo, el cual plantea impulsar y orientar un crecimiento verde incluyente y facilitador que preserve el patrimonio natural al mismo tiempo que genere riqueza, competitividad y empleo (Objetivo 4.4), a través del uso y consumo de productos amigables con el medio ambiente y de tecnologías limpias, eficientes y de bajo carbono (Líneas de acción de la Estrategia 4.4.1).

Es por ello que se acordó analizar la posibilidad de establecer un programa de calentamiento eficiente de agua dirigido al sector residencial mexicano, cuyo objetivo sea sustituir calentadores convencionales (boiler o calentador de almacenamiento / depósito) por calentadores de paso (instantáneos o de rápida recuperación) o agregar un sistema de calentamiento solar de agua a

¹ Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (Encuesta Nacional de Gastos de los Hogares-ENGASTO), 2013. Disponible en <http://www.inegi.org.mx>

² Secretaría de Energía (Balance Nacional de Energía 2013), 2013. Disponible en <http://www.sener.gob.mx>

³ 65 kg por habitante; en primer lugar se encuentra Ecuador. Secretaría de Energía (Prospectiva del Mercado de Gas Licuado de Petróleo 2014 – 2028). Disponible en <http://www.sener.gob.mx>

⁴ Dirección General de Gas LP de la Secretaría de Energía, Precios de gas L.P. a usuario final Disponible en <http://www.sener.gob.mx>

sistemas convencionales. México cuenta con amplia experiencia en programas de sustitución masiva de tecnologías en el sector eléctrico que sirven como punto de partida para el diseño de un primer programa masivo con un enfoque térmico.

1.2. Objetivo y alcance:

FIDE y la SMA cuentan con la información y las herramientas necesarias para evaluar la viabilidad de crear un programa de sustitución de calentadores de agua y diseñarlo.

1.3. Metodología:

El estudio parte de un análisis del mercado del gas en México y de los actuales niveles de equipamiento e incluye un conjunto de entrevistas a actores de mercado para confirmar algunos supuestos de los análisis y para tener sugerencias sobre el diseño de un posible programa de recambio.

Con esa información y considerando aspectos climáticos que afectan el nivel de consumo de agua caliente, se definieron niveles de consumo por hogar y por entidad federativa en las condiciones actuales. Con estos valores, haciendo uso de un algoritmo diseñado para este propósito, para las siete regiones que define CONAVI y considerando los factores que influyen en el consumo de energía de una tecnología en el largo plazo, se establecieron consumos unitarios anuales con equipos de mayor eficiencia.

De esta manera se obtienen valores de consumo de energía para equipos nuevos y tasas de aumento de ese consumo por pérdida de eficiencia para todas las tecnologías y regiones. Con estos valores se calculan, para cada combinación de tecnología y región, los consumos por hogar para 40 años.⁵

Con estos valores se hacen comparaciones, desde la perspectiva del usuario, de las tecnologías consideradas respecto de la tecnología más común (gas de depósito) para las siete regiones en términos del ahorro de energía y del valor presente neto de los flujos de gasto de los equipos (las inversiones y pagos de energía). Estas comparaciones incluyen dos escenarios de ciclos de cambio de equipos, uno de 8 y otro de 10 años.

Con base en los resultados obtenidos en reducción de consumos de energía y por economía de los usuarios en los análisis por tecnología y por región, se consideran cuatro escenarios (uno base y tres alternativos) a partir de los resultados obtenidos por tecnología en cuanto a mayor ahorro de energía y/o mejor valor presente neto. Los equipos nuevos se distribuyen proporcionalmente al tamaño de los mercados de cada región. El análisis se lleva a cabo para un programa de cambio de 1,000,000 de calentadores en un año y que operan durante 20 años con la misma tecnología durante este plazo.

Como resultado se obtienen, para cada uno de los cuatro escenarios alternativos y en comparación con el escenario base, los impactos globales de cambio de equipos de calentamiento de agua en cuanto a inversión, ahorro de energía y emisiones de gases de efecto invernadero, los cuales se comparan para hacer las recomendaciones finales en cuanto a las acciones más adecuadas.

1.4. Estructura del documento:

El presente estudio parte de una definición del mercado de gas LP y gas natural (Capítulo 3) y de aspectos relativos a población, vivienda, clima y equipamiento (Capítulo 4). Con consideraciones

⁵ Se consideran plazos de 40 años, porque es el mínimo común múltiplo de los dos plazos considerados para cambio de calentadores.

de los dos capítulos anteriores, se establece un consumo nacional de energía para calentamiento de agua (Capítulo 5). Entonces, muestra una caracterización de las tecnologías de calentamiento de agua en los hogares, que incluye aspectos relativos a su eficiencia instantánea y de largo plazo (Capítulo 6). En el capítulo 7 se muestran los resultados de una consulta a actores de mercado. Considerando los elementos definidos, se establece el potencial técnico económico de ahorro de energía en calentamiento de agua a nivel doméstico y a escala nacional (Capítulo 8). A partir de estos números generales, se establecen valores específicos para cuatro escenarios que consideran diferentes conjuntos de mezcla de tecnologías (Capítulo 9). Finalmente, en el Capítulo 10 se presentan las conclusiones y recomendaciones del estudio.

1.5. Resultados clave:

Los resultados clave del presente estudio son:

- Se estima que el 54% del consumo de gas en los hogares (92.3 miles de barriles diarios en 2013) corresponde al calentamiento de agua.
- A su vez, y según el Encuesta Nacional de Gastos de los Hogares (ENGASTO 2013), el 48.46 de los hogares cuenta con calentador de agua.
- De acuerdo a los resultados de las entrevistas realizadas el cambio de calentadores en un hogar ocurre, la gran mayoría de las veces, porque el equipo ya no sirve, ya sea porque deja de funcionar o porque no da las condiciones de temperatura esperadas.
- Los dos factores determinantes del nivel de consumo de energía para agua caliente son el nivel social del hogar y el clima.
- Las tecnologías de gas instantáneo sin piloto, de flujo variable y calentador solar son las mayor ahorro de energía respecto de los equipos más comunes (gas de depósito) y son, además, los más rentables.
- Llevar a cambio un programa de recambio es rentable desde la perspectiva de los usuarios para tecnologías de gas instantáneo sin piloto, de flujo variable y calentador solar.
- De acuerdo a las entrevistas realizadas, existe poca disposición de los usuarios al cambio de tecnología, por lo que un posible programa debe incluir aspectos que sirvan a aumentar esa disposición.
- De acuerdo a las entrevistas, es muy importante, en el diseño de un programa, que se genere confianza en los posibles compradores al cambio de tecnología, lo cual se puede lograr con información, normas técnicas y plomeros certificados para instalar nueva tecnología.

1.6. Conclusiones y recomendaciones:

En función de los análisis llevados a cabo en el presente estudio, se hacen las siguientes recomendaciones:

- Dado que los análisis muestran que el cambio de tecnología de gas de depósito a gas instantáneo sin piloto y/o de flujo variable y/o calentador solar más instantáneo de flujo variable conviene económicamente a los usuarios, se recomienda considerar llevara a cabo un programa de recambio.
- El programa estaría orientado a todos los usuarios que van a cambiar su calentador por haberse cumplido su vida útil.

- El programa de recambio debe estar orientado, para las regiones 4 y 5.
- En particular, y dado que las entrevistas llevadas a cabo identificaron resistencia al cambio tecnológico y cierto nivel de desconfianza a las acciones del gobierno, el programa debe considerar, obligadamente, los siguientes elementos:
 - Normas técnicas que aseguren la calidad y el desempeño de todos los equipos ofrecidos en el programa.
 - Un programa de capacitación a los vendedores para que puedan transmitir las ventajas a los compradores en términos que les sean comprensibles a una variedad de usuarios (las entrevistas señalan que las amas de casa son quienes, en el mayor número de casos, toman la decisión de compra)
 - Un programa de capacitación y certificación de plomeros que asegure y dé confianza en la instalación.
 - Una campaña de información sobre los beneficios económicos y ambientales del cambio tecnológico.
 - El menor número de trámites para participar.
- Para tener un conocimiento más preciso de las condiciones de los equipos actualmente en operación, realizar un estudio de campo que permita conocer, con mayor certidumbre, las características de los equipos actualmente instalados, sus condiciones de operación y los patrones de su uso.
- Finalmente, se sugiere aprovechar a las cadenas actuales de comercialización (tiendas especializadas y empresas de gas natural) para la implantación y operación del programa.

2. Introducción

En México el calentamiento de agua en los hogares es un servicio que tiene implicaciones económicas significativas para un número importante de viviendas, además de resultar en emisiones de gases de efecto invernadero.

De acuerdo con el Balance Nacional de Energía 2013, el consumo energético del sector residencial representó 14.5% de la demanda nacional de energía. Cinco de cada siete hogares mexicanos utilizan el gas LP como combustible para la cocción de alimentos, el calentamiento de agua y la calefacción de interiores, lo que origina que México sea el primer lugar mundial de consumo de gas LP per cápita (SENER 2015).

Igualmente, existen otros factores que reflejan la importancia de este consumo:

- **Dependencia de importaciones.** La producción nacional de gas LP en 2013 ascendió a 207 miles de barriles diarios, satisfaciendo solamente 72% de las necesidades nacionales, por lo que se necesitó que se importaran 79 miles de barriles diarios. El valor de estas importaciones significó 1,558 millones de dólares (SENER 2013). Asimismo, la producción nacional de gas natural sólo cubrió 64% de las necesidades de este energético en el país (SENER 2013).
- **Alza de precios de gas.** Durante los últimos 5 años, el precio del gas LP se ha incrementado a razón de 8.9% anual (SENER 2015)⁶.
- **Gastos en compra.** con base en la Encuesta Ingreso y Gasto de los Hogares 2014, el gasto en gas representa el 63% del gasto total en energéticos (ENIGH-2014).
- **Política de mitigación de cambio climático.** El mejorar la eficiencia energética en el uso del agua caliente cumple con los objetivos del Programa Especial de Cambio Climático y del Programa Nacional de Vivienda, tendiente a reducir emisiones de gases de efecto invernadero y realizar acciones desde el interior de las viviendas, logrando que éstas tengan un consumo eficiente de recursos, incorporando eco tecnologías; lo cual está alineado con las metas y líneas de acción del Plan Nacional de Desarrollo, el cual plantea impulsar y orientar un crecimiento verde incluyente y facilitador que preserve el patrimonio natural al mismo tiempo que genere riqueza, competitividad y empleo (Objetivo 4.4), a través del uso y consumo de productos amigables con el medio ambiente y de tecnologías limpias, eficientes y de bajo carbono (Líneas de acción de la Estrategia 4.4.1).

Es por ello que se acordó analizar la posibilidad de establecer un programa de calentamiento eficiente de agua, dirigido al sector residencial mexicano, cuyo objetivo sea sustituir calentadores convencionales (boiler o calentador de almacenamiento / depósito) por calentadores de paso (instantáneos o de rápida recuperación) o agregar un sistema de calentamiento solar de agua a sistemas convencionales.

El presente estudio parte de un dimensionamiento del mercado de energía para el calentamiento de agua en el sector residencial (Capítulo 2) y de aspectos relativos a población, vivienda, clima y equipamiento (Capítulo 3). Entonces, muestra una caracterización de las tecnologías de calentamiento de agua en los hogares, que incluye aspectos relativos a su eficiencia instantánea y de largo plazo (Capítulo 4). En el Capítulo 5 se definen los aspectos económicos a considerar: precios de los equipos, precios de la energía y tasas de interés. Considerando los elementos definidos, se establece el potencial técnico económico de ahorro de energía en calentamiento de

⁶ Dirección General de Gas LP de la Secretaría de Energía, Precios de gas L.P. a usuario final Disponible en <http://www.sener.gob.mx>

agua a nivel doméstico y a escala nacional (Capítulo 6). A partir de estos números generales, se establecen valores específicos para tres escenarios que consideran diferentes conjuntos de mezcla de tecnologías (Capítulo 7). En el capítulo 8 se muestran los resultados de una consulta a actores de mercado. Finalmente, en el Capítulo 9 se presentan las conclusiones y recomendaciones del estudio.

3. Producción y consumo de gas LP y gas natural

3.1. Producción nacional e importaciones de gas LP y gas natural

3.1.1. Gas licuado de petróleo

La producción nacional de gas LP en 2013 ascendió a 207 miles de barriles diarios, satisfaciendo solamente 72% de las necesidades nacionales (la demanda nacional fue de 286.6 miles de barriles diarios), por lo que se necesitó que se importaran 79 miles de barriles diarios. El valor de estas importaciones significó 1,558 millones de dólares (SENER 2010).

3.1.2. Gas natural

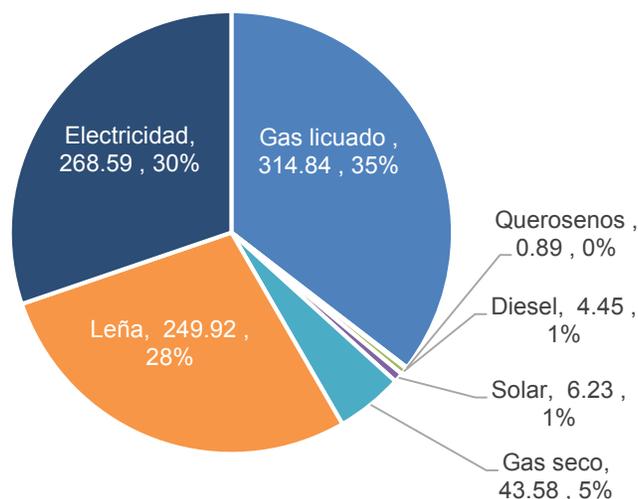
La producción nacional de gas natural durante 2013, ascendió a 2,045 petajoules, pero sólo cubrió 74% de las necesidades de este energético en el país, ya que la demanda nacional superó los 2,752 petajoules, motivos por los cuales se importaron 707 petajoules (SENER 2013).

3.2. Consumo de energía del sector residencial

3.2.1. En el ámbito nacional

De acuerdo con el Balance Nacional de Energía 2013, el sector residencial consumió 314.8 PJ de gas licuado de petróleo, 249.9 PJ en leña, 268.6 PJ de energía eléctrica, 43.58 PJ de gas natural, 6.23 PJ de energía solar y 0.89 PJ de kerosenos (Figura 1) (SENER 2015).

Figura 1. Consumo de energía por tipo de combustible en el Sector Residencial en 2013.



Fuente: Elaboraciones propias, con datos de Secretaría de Energía: "Balance Nacional de Energía 2013" México.

Para los efectos del presente análisis, solo se considera el consumo de gas LP y gas natural, que fue de 358.38 PJ en 2013, y se considera que es utilizado para satisfacer, fundamentalmente, las necesidades de cocción de alimentos y calentamiento de agua (tanto para higiene personal como para lavado de ropa y de utensilios de cocina).

Por su parte y de acuerdo con la Prospectiva del Mercado de Gas Licuado de Petróleo 2014-2028, en 2015 se presentará una disminución del consumo de gas LP (3.2 mbd) asociado a la utilización de calentadores solares. Para el 2028 se estima que la tasa media de crecimiento anual sea en promedio de -0.4 %⁷.

3.2.2. En el ámbito regional

3.2.2.1. Gas LP

Las regiones con mayor proporción de uso de gas LP son las del Centro y Centro-Occidente, con 13.3 millones de viviendas, que representan casi 60% del total de hogares que usan gas LP. A su vez, las regiones con menor proporción de viviendas que utilizan gas LP son la Noroeste y la Noreste del país, con 2.3 y 2.6 millones de viviendas, respectivamente (Tabla 1) (SENER 2013).⁸

Tabla 1. Viviendas particulares habitadas en México que utilizan gas LP en 2013.
(Miles de viviendas)

Región	2013		
	Total de viviendas	Viviendas que utilizan gas LP	Viviendas que usan gas LP (%) ⁹
Noroeste	3,134	2,757	88
Noreste	4,512	2,616	58
Centro-Occidente	6,585	5,399	82
Centro	9,445	7,367	78
Sur-Sureste	7,044	4,085	58
Nacional	30,720	22,224	72

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI ENGASTO (2014) y Secretaría de Energía: “Prospectiva del Mercado de Gas Licuado de Petróleo 2010-2024” México.

A nivel nacional, las ventas de gas LP en el sector residencial ascendieron a 170.6 miles de barriles diarios de gas LP equivalente (mbd) en 2013. La región Centro tuvo un consumo de 75.1

⁷ Secretaría de Energía (Prospectiva del Mercado de Gas Licuado de Petróleo 2014 – 2028), 2014. Disponible en <http://www.sener.gob.mx>

⁸ Noroeste: Baja California Sur, Sinaloa y Sonora/Noreste: Coahuila, Chihuahua, Durango, Nuevo León y Tamaulipas/Centro-Occidente: Aguascalientes, Colima, Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Querétaro, San Luis Potosí y Zacatecas/Centro: DF, Hidalgo, Estado de México, Morelos, Puebla y Tlaxcala/Sur-Sureste: Campeche, Chiapas, Guerrero, Oaxaca, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz y Yucatán.

⁹ Proporción de viviendas que utilizaban gas LP en el año 2010, de acuerdo a la Prospectiva del Mercado de Gas Licuado de Petróleo 2010-2024.

mbd, siendo ésta la de mayor consumo en el país; le sigue la región Centro-Occidente con 37 mbd, la Sur-Sureste con 22 mbd, la Noreste con 21 mbd y la Noroeste con 13 mbd (Tabla 2) (SENER 2014).

Tabla 2. Ventas internas regionales de gas LP en el sector residencial 2014.
(En miles de barriles diarios de gas LP equivalente)

Región	2013
Noroeste	13.46
Noreste	21.8
Centro-Occidente	37.4
Centro	75.1
Sur-Sureste	22.9
Total	170.6

Fuente: Elaboración propia con datos de (2014) Secretaría de Energía: “Prospectiva del Mercado de Gas Licuado de Petróleo 2014-2028” México.

Según estos valores, el promedio nacional de uso del energético en 2013 por hogar, fue de 220 kg/año, con variaciones de 140 kg en el Noreste hasta 293 kg/año en la región Centro (Tabla 3).

Tabla 3. Consumo promedio ponderado de gas LP por hogar y por región 2013.
(En kilogramos)

Región	kg gas LP/Hogar
Noroeste	140
Noreste	239
Centro-Occidente	199
Centro	293
Sur-Sureste	161
Nacional	220

Fuente: Elaboraciones propias con datos de la “Prospectiva del Mercado de Gas Licuado de Petróleo 2014-2028” México.

Esta variación regional hace evidente el impacto del clima en el consumo de gas en virtud de que, como se mostrará más adelante, las regiones Centro y Centro-Occidente tienen climas más templados, durante la mayor parte del año, que el resto del país.

3.2.2.2. Gas natural

En cuanto al consumo de gas natural en el sector residencial, éste ha presentado un incremento en su uso en los últimos 10 años, particularmente en las regiones Centro y Centro-Occidente, ya que en la primera región se incrementó su utilización en 4.3% anualmente y en la segunda región

en 5.1%; lo anterior, debido a que han logrado más conexiones de usuarios en las actuales zonas de distribución.

Las ventas internas de gas natural en el sector residencial en 2013, fueron de 86.7 millones de pies cúbicos diarios (mmpcd) (equivalentes a 34.4 Petajoules), esto representa apenas 13% de las ventas totales de gas LP en el sector. La región de mayor consumo fue la Noreste con 56 millones de pies cúbicos diarios, que constituye 64.6% del consumo total de los hogares de este tipo de energético; le sigue la región Centro con 23.6 millones de pies cúbicos diarios, región Centro-Occidente 5.9 mmpcd y la región Noroeste con 1.2 mmpcd. La región Sur-Sureste hasta ahora no cuenta con infraestructura para gas natural destinada al sector residencial (Tabla 4) (SENER 2014).

Tabla 4. Ventas internas regionales de gas natural en el sector residencial 2013.
(En millones de pies cúbicos diarios)

Región	2013 (mmpcd)	tmca ¹⁰ (%)
Noroeste	1.2	-2.8%
Noreste	56	-0.7%
Centro-Occidente	5.9	5.1%
Centro	23.6	4.3%
Sur-Sureste	-	-
Total	86.7	0.7%

Fuente: (2014) Secretaría de Energía: "Prospectiva del Mercado de Gas Licuado de Petróleo 2014-2028" México.

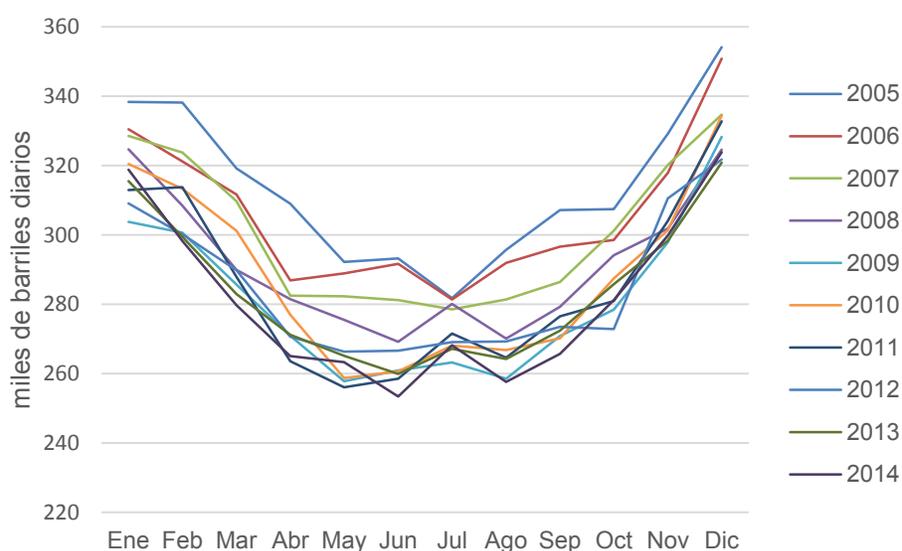
3.2.3. Consumo estacional

De acuerdo con información del Sistema de Información Estadística de la SENER, para los últimos últimos nueve años (2005 a 2014), las ventas de gas LP presentan variaciones sistemáticas e importantes a lo largo del año, con menor consumo en mayo, junio y julio (meses con clima y mayor consumo en diciembre y enero (meses con clima frío), lo cual evidencia el efecto del clima en el consumo de gas (

Figura 2) (SENER 2014).

¹⁰ Tasa media de crecimiento anual de los últimos 10 años (2003-2013).

Figura 2. Ventas mensuales de gas LP (2005-2014).



Fuente: Elaboraciones propias con datos del Sistema de Información Energética de la Secretaría de Energía.

Las diferencias encontradas entre los consumos máximos de gas LP y las mínimas, van desde 19% y hasta 29% por el patrón estacional (Tabla 5).

Tabla 5. Consumos máximos y mínimos en las ventas de gas LP a nivel nacional, de 2005 a 2014. (En miles de barriles diarios)

Año	Consumo máximo (mbd)	Consumo mínimo (mbd)	Diferencia mbd	%
2005	354	282	72	20%
2006	351	281	69	20%
2007	335	279	56	17%

2008	325	269	55	17%
2009	328	258	71	21%
2010	334	259	76	23%
2011	333	256	77	23%
2012	322	266	55	17%
2013	321	260	61	19%
2014	324	253	70	22%

Fuente: Elaboraciones propias con datos del Sistema de Información Energética de la Secretaría de Energía.

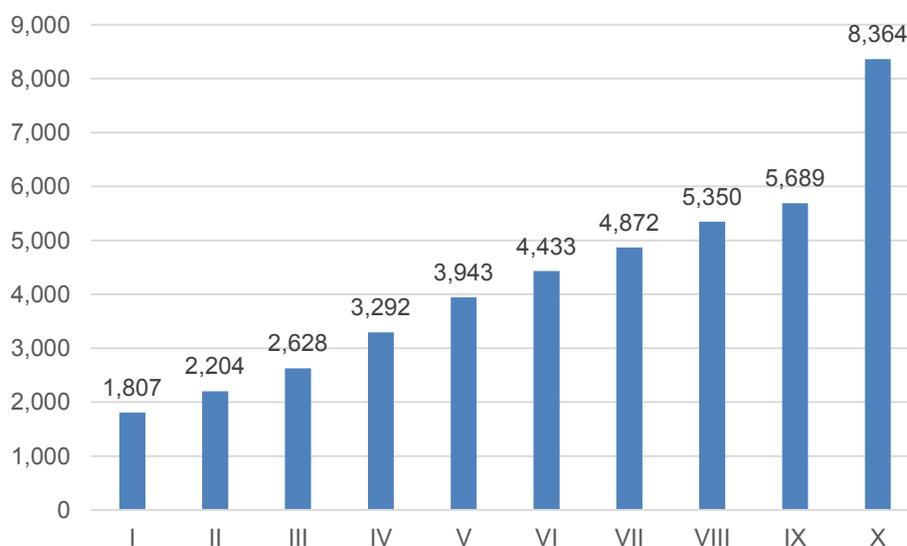
3.2.4. Gasto por hogar

El valor más reciente de gasto en energéticos por viviendas se encuentra en la Encuesta Ingreso y Gasto de los Hogares 2014 (ENIGH-2014), que refiere que el ingreso promedio por hogar para ese año fue de \$158,969.00 y el gasto promedio por hogar de \$106,027.00, y que las familias desembolsan, en promedio para todo el país, \$5,048.00 para energía eléctrica y combustibles (5% del gasto total por hogar), aunque no desglosa los gastos por tipo de energético (INEGI 2014).

Por su parte, la Encuesta Ingreso y Gasto de los Hogares 2014 (ENIGH-2014) sí incluye datos por consumo de gas, y señala que sólo 57% de los hogares hacía un desembolso para la compra de gas (ya sea gas licuado de petróleo –GLP— o gas natural –GN—) con un gasto promedio por hogar de \$2,877.36, representando 63% de su gasto total en energéticos (INEGI 2007).

El que menos gastó en este energético fue el primer decil, que necesitó \$1,810 pesos, y el que más dinero utilizó para cubrir esta erogación fue el decil de mayor nivel de ingresos, cuyo gasto en gas ascendió en ese año a 8,360 pesos (Figura 3).

Figura 3. Gasto en gas por deciles de hogares, según su ingreso en 2014 (en pesos).



Fuente: Elaboraciones propias con datos de INEGI: “Encuesta Ingreso y Gasto de los Hogares 2014”.

También, los datos de la ENIGH-2014 permiten establecer valores promedio de consumo de gas LP para cada decil, con valores que van de 0.4 a 1.6 kg por día (Tabla 6).

Tabla 6. Consumo de gas por hogar por deciles de ingreso, 2014.

Concepto	Deciles de ingreso									
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Consumo anual (kg/año)	127.6	155.6	185.6	232.5	278.4	313.1	344.0	377.8	401.8	590.7
Consumo diario (kg/día)	0.4	0.4	0.5	0.6	0.8	0.9	1.0	1.0	1.1	1.6

Fuente: Elaboraciones propias con datos de INEGI: "Encuesta Ingreso y Gasto de los Hogares 2014."

4. Población, vivienda, equipamiento y clima

4.1. Población y vivienda

Los datos más recientes del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) sobre población y vivienda, se ubican en el Censo de Población y Vivienda 2010, donde se refiere que para ese año el país contaba con 118.31 millones de habitantes y 30.7 millones de hogares, con un promedio de habitantes por hogar de 3.85 (Tabla 7) (INEGI 2013).

Específicamente, el estado con mayor número de habitantes por hogar es Chiapas (con 4.3), mientras que Sonora tiene el menor número (3.23).

4.2. Equipamiento

Según la Encuesta Nacional de Gastos de los Hogares (ENGASTO), el 48.46% de los hogares cuenta con calentador de agua (INEGI 2013).

La mayor saturación de calentadores de agua por hogar se registra en Chihuahua (80.6%) y el DF (75.6%) mientras que Chiapas (6.1%) y Tabasco (5.8%) tienen la menor saturación (Tabla 8).

Estos números contrastan con los de otros equipamientos, que tienen valores significativamente más altos. Resalta que se tenga prácticamente tres cuartas partes más (67.4%) en equipamiento de equipo de baño, como el excusado (que implica una instalación sanitaria en el hogar con descarga directa) y 83.3% de refrigeradores (equipos de un costo mayor al de los calentadores). Inclusive, en Tabasco, que es el estado con menor saturación de calentadores de agua (5.8%), su nivel de saturación de refrigeradores es significativamente superior (87.8%). Esto refleja, de alguna manera, que el uso de equipo de calentamiento de agua no sólo está relacionado con el nivel de ingresos, sino también influido fuertemente por otros factores.

En particular, resalta que estados donde hace calor prácticamente todo el año (como Sinaloa, Campeche, Chiapas, Guerrero, Tabasco y Yucatán), se tengan valores de saturación de calentadores de agua cercanos o menores al 20%. Por lo mismo, aparte del efecto que tiene el nivel de ingresos promedio de estos estados de la parte sur de México, lo que se hace evidente es el efecto del clima en las necesidades de agua caliente de la población.

Tabla 7. Población total, hogares y promedio de habitantes por hogar por entidades federativas, México, 2013.

Estado	Población total	Hogares	Promedio de habitantes por hogar
Aguascalientes	1,250,691	315,534	3.96
Baja California	3,381,334	952,351	3.55
Baja California Sur	718,547	215,136	3.34
Campeche	879,698	232,803	3.78
Coahuila	5,110,650	1,188,540	4.30
Colima	3,633,246	1,053,867	3.45
Chiapas	2,891,367	772,531	3.74
Chihuahua	698,438	190,881	3.66
Distrito Federal	8,863,816	2,455,581	3.61
Durango	1,729,885	435,881	3.97
Guanajuato	5,719,137	1,372,302	4.17

Tabla 7. Población total, hogares y promedio de habitantes por hogar por entidades federativas, México, 2013. (Continuación)

Guerrero	3,521,260	902,624	3.90
Hidalgo	2,807,783	702,336	4.00
Jalisco	7,753,546	1,959,188	3.96
Estado de México	16,371,626	3,996,252	4.10
Michoacán	4,528,160	1,147,624	3.95
Morelos	1,875,414	479,446	3.91
Nayarit	1,178,479	325,993	3.62
Nuevo León	4,943,532	1,305,095	3.79
Oaxaca	3,955,706	1,039,996	3.80
Puebla	6,054,231	1,518,060	3.99
Querétaro	1,938,951	496,226	3.91
Quintana Roo	1,483,508	413,038	3.59
San Luis Potosí	2,698,684	699,920	3.86
Sinaloa	2,925,046	757,678	3.86
Sonora	2,850,077	882,793	3.23
Tabasco	2,324,468	600,162	3.87
Tamaulipas	3,438,771	944,010	3.64
Tlaxcala	1,243,738	293,922	4.23
Veracruz	7,934,794	2,111,303	3.76
Yucatán	2,061,271	556,266	3.71
Zacatecas	1,550,141	402,743	3.85
Estados Unidos Mexicanos	118,315,995	30,720,082	3.85

Fuente: Elaboraciones propias con datos de (2013) INEGI ENGASTO México.

Tabla 8. Equipamiento en hogares por entidades federativas, México, 2013. (En porcentajes)

Estado	Agua de la red pública	Excusado o sanitario	Lavadora	Refrigerador	Calentador de agua
Aguascalientes	94.3	98.7	80.3	90.4	59.1
Baja California	89.3	99.9	78.5	92.8	62.0
Baja California Sur	84.8	99.5	69.9	88.0	46.0
Campeche	61.9	95.2	75.1	81.9	15.1
Coahuila	88.1	98.6	83.9	96.2	62.0
Colima	87.6	99.5	73.6	92.7	31.2
Chiapas	25.9	98.3	32.3	53.3	6.1
Chihuahua	92.0	98.2	80.9	93.3	80.6
Distrito Federal	83.3	99.8	73.0	89.6	75.6
Durango	76.8	95.5	69.7	90.3	71.6
Guanajuato	77.6	94.4	70.8	85.9	57.1
Guerrero	32.4	90.4	40.4	79.2	7.3
Hidalgo	52.9	94.9	44.2	70.4	48.2
Jalisco	90.5	98.8	78.5	92.4	63.6

Tabla 8. Equipamiento en hogares por entidades federativas, México, 2013.
(En porcentajes) (Continuación)

Estado de México	65.9	98.9	64.2	81.9	62.3
Michoacán	69.7	96.5	62.8	80.7	50.2
Morelos	55.2	98.1	56.1	86.2	40.9
Nayarit	66.7	96.4	72.3	89.1	31.7
Nuevo León	92.7	99.7	85.4	95.6	57.0
Oaxaca	35.3	98.2	46.8	72.5	22.4
Puebla	52.2	98.5	50.7	64.1	52.9
Querétaro	71.7	97.0	61.9	83.8	50.5
Quintana Roo	81.1	98.6	75.6	87.0	21.9
San Luis Potosí	64.3	96.1	66.0	80.6	47.8
Sinaloa	74.9	95.4	71.0	92.5	19.9
Sonora	88.3	98.8	66.4	86.0	40.8
Tabasco	55.5	96.9	74.3	87.9	5.8
Tamaulipas	79.2	99.5	74.8	93.2	34.4
Tlaxcala	60.9	96.6	44.8	67.5	61.2
Veracruz	58.8	97.0	63.1	77.9	30.8
Yucatán	79.3	86.9	73.1	81.8	19.4
Zacatecas	81.3	92.7	74.7	86.7	70.6
Estados Unidos Mexicanos	70.1	97.5	66.2	83.4	48.5

Fuente: Elaboraciones propias a partir de datos obtenidos, por estado, de la ENGASTO disponible en www.inegi.gob.mx

4.3. Clima

Como muestran los valores de saturación de equipos para calentamiento de agua en estados con calor todo el año, el clima es un factor que determina la saturación de equipos para calentamiento de agua y el nivel de su consumo de energía.

Para ponderar el efecto del clima en el uso del gas por región, para este caso se utilizan los Grados-día, los cuales son una medida de las necesidades de refrigeración o calefacción de una localidad dada, y se establecen a partir de las variaciones de la temperatura exterior a lo largo del día con relación a una temperatura de referencia.

En particular, se hace uso de los Grados-día para refrigeración con referencia de 50° F (CDD50, por sus siglas en inglés); esto, porque reflejan las condiciones de temperaturas altas de una localidad (y bajo una temperatura de referencia utilizada en el ámbito internacional). Estos datos fueron obtenidos de la base de datos que maneja la Asociación de Empresas para el Ahorro de Energía en Edificación (AEAAE) (AEAAE 2006).¹¹

La Tabla 9 muestra los valores promedio de CDD50 para las entidades federativas de México. Los mayores valores se ubican en las regiones donde se tiene calor todo el año (como Colima, Campeche, Guerrero, Quintana Roo, Tabasco y Yucatán), mientras que los menores valores corresponden a entidades federativas del Altiplano (como el DF, Estado de México, Tlaxcala y Zacatecas).

¹¹ Para ver una explicación sobre el concepto de Grados-día y la forma en la que se han calculado para México, consulte el ANEXO 3.

Cabe hacer notar que las entidades con mayores niveles de temperatura (como Baja California y Sonora) no son las que tienen los mayores niveles de CDD50; esto, en virtud de que las altas temperaturas sólo ocurren en el verano.

Tabla 9. Grados día de refrigeración (con referencia de 50°F) promedio por entidad federativa, México.

Estado	Grados-día para refrigeración con referencia de 50° F (CDD50) ¹²
Aguascalientes	5,228
Baja California	7,657
Baja California Sur	5,740
Campeche	10,791
Coahuila	7,200
Colima	10,034
Chiapas	9,422
Chihuahua	5,440
Distrito Federal	4,194
Durango	6,351
Guanajuato	5,409
Guerrero	9,743
Hidalgo	4,335
Jalisco	7,089
Estado de México	3,712
Michoacán	7,171
Morelos	7,935
Nayarit	9,463
Nuevo León	7,165
Oaxaca	8,326
Puebla	5,579
Querétaro	6,017
Quintana Roo	10,270
San Luis Potosí	6,285
Sinaloa	9,449
Sonora	8,108
Tabasco	10,571
Tamaulipas	8,625
Tlaxcala	3,278
Veracruz	8,972
Yucatán	10,388
Zacatecas	2,515

Fuente: Elaboraciones propias a partir de datos obtenidos, por estado, de la base de datos de la AEAE.

¹² Este valor se obtuvo como un promedio de los valores de las estaciones meteorológicas ubicadas en el estado.

5. Consumo nacional de gas para calentamiento de agua

5.1. Estimado de consumo de gas para calentamiento de agua por deciles de ingreso

Para estimar la cantidad de energía que se utiliza para calentar agua en los hogares, es necesario establecer un cálculo de lo que se consume para la cocción de alimentos (el cual es el otro uso importante de gas en los hogares).

Según la Estrategia Local de Acción Climática, elaborada por el Gobierno del Distrito Federal en 2003, los hogares del país consumen, en promedio, 9 GJ/hogar de energía para la cocción de alimentos al año (SMA-GDF 2004). Esto supone un consumo de 184 kg de gas LP por año y por hogar.

Con este dato, asumiendo que el consumo de gas para cocción no varía por hogar promedio para todos los deciles de ingreso y a partir de los valores obtenidos por deciles para el consumo total de gas, podemos obtener una estimación de los consumos de gas para calentamiento de agua por deciles, lo que refleja un rango de gasto en combustible para agua caliente de 949 a 4,165 pesos por año (Tabla 10).¹³

Tabla 10. Estimado de consumo de gas para calentamiento de agua por deciles de ingreso.

Concepto	Deciles de ingreso									
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Consumo total (kg/año)	312	340	370	416	462	497	528	562	586	775
Consumo por cocción (kg/año)	184	184	184	184	184	184	184	184	184	184
Consumo por calentamiento de agua (kg/año)	128	156	186	232	278	313	344	378	402	591
Costo anual por calentamiento de agua (\$/año)	1,807	2,204	2,628	3,292	3,943	4,433	4,872	5,350	5,689	8,364

Fuente: Elaboraciones propias con datos de INEGI: "Encuesta Ingreso y Gasto de los Hogares 2014".

Si consideramos que el 58.5% (14.5 millones) de los hogares del país en 2013 hacían un gasto para la compra de gas, el consumo unitario señalado arriba representa 78 miles de barriles diarios, que son usados para la cocción de alimentos, lo que, a su vez, representa un consumo de 92 miles de barriles diarios (54% del total) para calentamiento de agua.

5.2. Nivel de consumo promedio de gas para calentamiento de agua por hogar para cada estado

Este análisis se lleva a cabo haciendo uso de información que nos puede permitir acercarnos a los patrones de uso de energía para calentamiento de agua en hogares de México, la cual incluye:

- *Datos de población y vivienda.* Esto nos define el universo mayor de viviendas y nos permite identificar el número de habitantes por hogar.

¹³ Se considera un precio de 14.46 pesos por kg de gas LP, el cual es el promedio nacional para 2015 (SENER. (2015).

- *Datos de saturación de equipos de calentamiento de agua por entidad federativa.* Nos acercan a un mayor nivel de desagregación.
- *Datos climáticos.* El clima, en particular la temperatura exterior, es un elemento que tiene un efecto importante en (1) la propia necesidad del agua caliente y (2) el diferencial de temperatura que es necesario para que el agua se utilice en el hogar. En particular, las que más interesan son las condiciones de la temperatura exterior.

Estos factores son integrados como datos de entrada a un algoritmo que nos permite llegar a una estimación por entidad federativa.

En este sentido, el algoritmo se basa en tres hipótesis sobre el uso de agua caliente en México, en función de las características del clima:

- Que, en zonas templadas, la población se baña todos los días, utiliza gas y sólo una fracción lo hace con otros combustibles o con menor frecuencia por sus condiciones económicas.
- Que, en zonas cálidas y durante todo el año, la gran mayoría de la población no calienta el agua para baño. En este caso, se supone que sólo los hogares de mayores ingresos lo hacen.
- Que en zonas que son cálidas, durante el verano y frías en invierno (como buena parte del norte de México), la gran mayoría tiene calentador, aunque su uso se suspende en los meses de calor.

Como factor de calibración del algoritmo se utiliza el valor estimado arriba de consumo de gas para calentamiento de agua del sector residencial en 2013 (92 miles de barriles diarios).

Para realizar el cálculo del consumo de energía para calentar agua, por entidad federativa y a nivel nacional, se utilizan los siguientes parámetros:

- La energía utilizada en un “baño promedio diario equivalente”
- El valor inverso de un índice de ponderación por clima por entidad federativa
- Habitantes promedio por hogar y por entidad federativa
- Número de viviendas por entidad federativa.

Un “baño diario equivalente” es igual a la energía que se estima se consume en un regaderazo en una zona de clima templado (la que eleva un volumen de 75 litros en 25°C) en un calentador con una eficiencia de 60%, lo que representa 13 MJ.¹⁴

El valor inverso de un índice de ponderación por clima y por entidad federativa se establece a partir de definir como referencia un nivel de grados día. Este valor es usado para calibrar los resultados e igualar la suma de consumos estimados por estado con el estimado de consumo nacional. En este sentido, se ha tomado como referencia inicial a Aguascalientes con un CDD50 promedio de 5,228 (Tabla 11).

¹⁴ Los 75 litros se tomaron considerando un baño de 10 minutos con gasto de 7.5 litros/minuto; los 25°C se basan en subir a 40 °C agua originalmente a 15 °C; y el 60% de eficiencia es un valor que considera un equipo con más de dos años de uso (donde, originalmente, la eficiencia es de 74%).

Tabla 11. Relación de grados día de refrigeración promedio por entidad federativa respecto del valor de referencia (5,228 CDD50).

Entidad federativa	Índices de ponderación por clima
Aguascalientes	1.00
Baja California	1.10
Baja California Sur	1.46
Campeche	2.06
Coahuila	1.38
Colima	1.92
Chiapas	1.80
Chihuahua	1.04
Distrito Federal	0.80
Durango	1.21
Guanajuato	1.03
Guerrero	1.86
Hidalgo	0.83
Jalisco	1.36
Estado de México	0.71
Michoacán	1.37
Morelos	1.52
Nayarit	1.81
Nuevo León	1.37
Oaxaca	1.59
Puebla	1.07
Querétaro	1.15
Quintana Roo	1.96
San Luis Potosí	1.20
Sinaloa	1.81
Sonora	1.55
Tabasco	2.02
Tamaulipas	1.65
Tlaxcala	0.63
Veracruz	1.72
Yucatán	1.99
Zacatecas	1.01

Fuente: Elaboraciones propias a partir de datos obtenidos, por estado, de la base de datos de la AEAEE.

Para obtener el valor anual de consumo de energía para calentamiento de agua por entidad federativa, se multiplican primero entre sí el valor inverso de un índice de ponderación por clima y por entidad federativa, y los habitantes promedio por hogar y por entidad federativa, para dar

un número de baños equivalentes por hogar. Ese valor es multiplicado por la energía utilizada en un “baño promedio diario equivalente”, lo que nos da un consumo promedio diario por hogar. Finalmente, se multiplica este último valor por 365 días y por el número de viviendas en la entidad, lo que nos da el consumo de energía para el calentamiento de agua por entidad federativa (Tabla 12).

Tabla 12. Estimado de consumo de energía para calentamiento de agua por entidad federativa.

Estado	Baños diarios equivalentes por hogar	Consumo por día por hogar (kJ)	Consumo anual por entidad federativa (Pjoules)
Aguascalientes	2.77	36,251	2.48
Baja California	2.25	29,371	5.77
Baja California Sur	1.66	21,724	0.67
Campeche	1.27	16,586	0.19
Coahuila	1.87	24,399	3.79
Colima	1.28	16,714	0.41
Chiapas	1.66	21,700	0.74
Chihuahua	2.36	30,833	8.02
Distrito Federal	3.06	40,002	28.37
Durango	2.24	29,326	2.93
Guanajuato	2.82	36,949	9.69
Guerrero	1.53	19,959	0.50
Hidalgo	3.26	42,709	5.50
Jalisco	2.01	26,344	11.42
Estado de México	3.88	50,705	41.35
Michoacán	1.99	26,066	4.85
Morelos	1.70	22,209	1.94
Nayarit	1.40	18,318	0.66
Nuevo León	1.91	24,947	5.99
Oaxaca	1.72	22,552	1.27
Puebla	2.65	34,612	7.97
Querétaro	2.38	31,099	2.94
Quintana Roo	1.24	16,256	0.57
San Luis Potosí	2.29	29,934	3.14
Sinaloa	1.46	19,099	1.14
Sonora	1.64	21,444	2.41
Tabasco	1.33	17,361	0.36
Tamaulipas	1.49	19,553	2.15
Tlaxcala	4.27	55,814	3.32
Veracruz	1.50	19,665	3.56
Yucatán	1.32	17,260	0.63
Zacatecas	2.67	34,954	8.97
TOTAL NACIONAL			174

Fuente: Elaboraciones propias a partir de datos obtenidos, por estado, de la base de datos de la AEAE.

6. Caracterización de las tecnologías para calentamiento de agua en los hogares

Existen en el mercado mexicano diversas tecnologías para calentamiento de agua y que utilizan como combustible el gas, aunque también se comercializan en el país, pero en una proporción significativamente menor, los calentadores de agua que utilizan energía eléctrica.

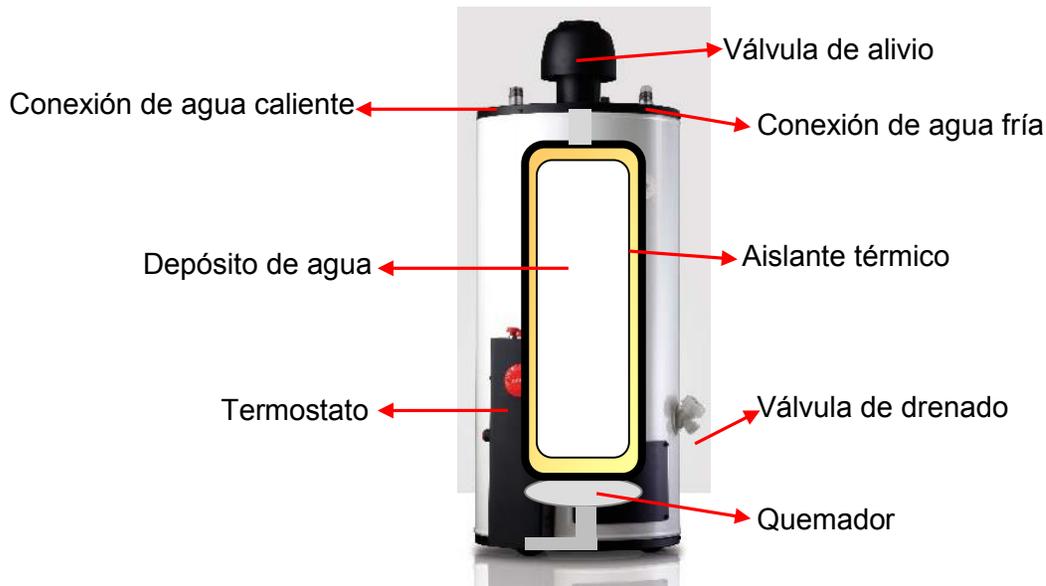
Los calentadores de agua que utilizan gas son los de uso más común en el país, debido a sus costos accesibles, la facilidad de encontrarlos y a que el combustible que utilizan (el gas LP o natural) tiene una distribución en casi todo el país.

Existen tres tipos de calentadores de agua que utilizan gas (ya sea gas LP o gas natural): de almacenamiento o depósito, de rápida recuperación e instantáneos (conocidos también como de paso). De estos tres, el de depósito es el más común.

6.1. Calentador de agua de almacenamiento o de depósito

Este calentador se compone de: un tanque de almacenamiento, que tiene un recubrimiento térmico para mantener caliente el agua; un quemador; un sistema de encendido piezoeléctrico, con llama piloto; y un termostato (Figura 4).

Figura 4. Calentador de agua de almacenamiento.



Fuente: Elaboración propia de ENTE con imagen base de (2010) "Catálogo de productos 2010-2011" Cal-o-Rex.

El calentador de agua de almacenamiento funciona con un piloto de flama continua que enciende, respondiendo a una señal del termostato, el quemador que calienta el fondo del tanque de almacenamiento; éste, a su vez, transmite el calor al agua. El encendido del quemador ocurre cuando se presenta una diferencia de temperatura entre la temperatura del agua dentro del tanque y la fijada por el usuario en el termostato, lo cual sucede regularmente al demandar agua caliente o cuando la temperatura del agua contenida en el tanque de almacenamiento se

encuentra por debajo de la marcada en el termostato. El quemador se apaga al alcanzar la temperatura establecida.

Las características de un calentador de agua de almacenamiento incluyen:

- La capacidad, que tiene que ver directamente con el número de servicios para el que se puede utilizar, esto es, la cantidad de duchas que este calentador sostendrá simultáneamente; así, por ejemplo, un calentador con capacidad de 38 litros ofrece agua caliente únicamente para un servicio al mismo tiempo.
- El aislante térmico, que es el material que se coloca en los calentadores de almacenamiento para cubrir el tanque o depósito de agua, a fin de mantener durante más tiempo el agua caliente; para estos equipos se utiliza mayoritariamente el laminado o la espuma de poliuretano. Sin embargo por la chimenea no está aislado y pierde mucha energía por la convección.
- El tamaño del equipo: altura, diámetro y peso. Depende principalmente de la capacidad: entre más capacidad, mayor será el tamaño del calentador.
- El tiempo de recuperación entre servicios, que al igual que la mayoría de las características, depende de la capacidad del calentador.
- La eficiencia en el periodo de la prueba que establece la NOM-003-ENER-2011 es del 76 a 82%, pero se pueden encontrar equipos que ofrezcan una mayor eficiencia. Se tiene que considerar que esta eficiencia no considera la operación normal del calentador, si se considera, la eficiencia sería menor.
- El consumo de energía promedio, que depende de la capacidad, el tipo de aislante térmico y la eficiencia del equipo.

De esta manera, en el mercado se ofrecen calentadores de agua de almacenamiento, que van de 1 a 7 servicios, con capacidades de 38 a 132 litros, con consumos de gas de 0.5 a 0.7 kg gas LP/hora, con tiempos de recuperación de 19 a 53 minutos y con eficiencias de 74 a 76% (Tabla 13).

Tabla 13. Características de los calentadores de agua de almacenamiento para servicios de 1 a 7 personas.

Marca		Calorex Cinsa Depsa Rheem IUSA Optimus	Calorex Cinsa Depsa Rheem IUSA	Calorex Cinsa Depsa IUSA	Calorex Cinsa Depsa	Calorex Cinsa
Número de servicios recomendados		1 a 2	1.5 a 3	2 a 4	3 a 6	4 a 7
Capacidad (litros)		38	58 a 62	72 a 78	96 a 103	120 a 132
Tamaño	Altura total (cm)	93 a 100	123 a 130	116 a 143	132 a 152	134 a 182
	Diámetro (cm)	33 a 37	33 a 37	37 a 41.5	41.5 a 43	43 a 46
	Peso (kg)	20 a 21	29	32 a 35	40 a 51	45 a 59
Consumo de gas	Gas LP (kg/hr)	0.4967 *	0.4967 *	0.6822 ^a	0.6822 ^a	0.6822 ^a
	Gas natural (m ³ /hr)	0.761 *	0.761 *	0.846 ^a	0.846 ^a	0.846 ^a
Tipo de aislante térmico		Poliuretano laminado© Espuma de poliuretano ^a	Espuma de poliuretano ^a			
Tiempo de recuperación (min)		19 *	27 ^a	39 ^a	39 ^a	53 ^a
Eficiencia (%)		76 ^a	77 ^a	79 ^a	82 ^a	82 ^a

* Especificaciones para calentadores de almacenamiento marca Guardián y Kalotron.

^a Especificaciones para calentadores de almacenamiento marca Kalotron.

© Especificaciones para calentadores almacenamiento marca Guardián.

Fuentes: Calentadores “Kalotron”, de <http://www.depsa.com.mx/clientes/calentador-almacenamiento-kalotron> y <http://www.depsa.com.mx/clientes/calentador-eco-heat-kalotron>, Calentadores “Guardián” <http://www.depsa.com.mx/clientes/calentador-almacenamiento-guardian> y (2010) Cal-o-Rex “Catálogo de productos 2010-2011”.

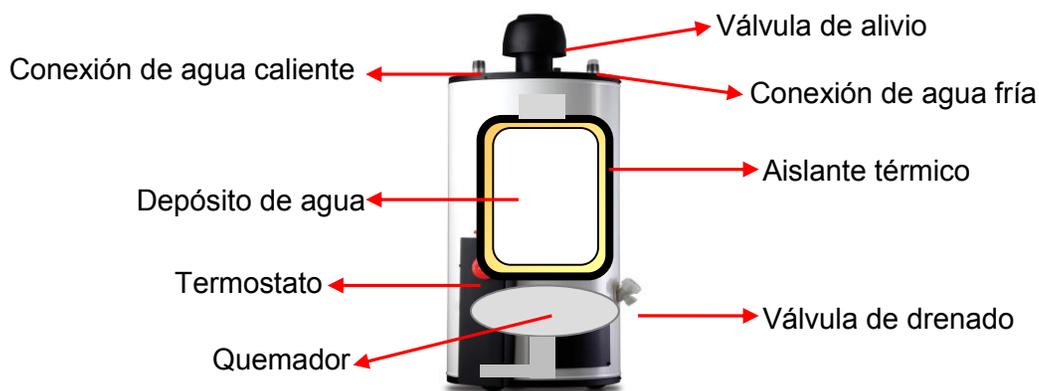
6.2. Calentador de agua de rápida recuperación

El calentador de agua de rápida recuperación tiene los mismos componentes que un calentador de almacenamiento (tanque de almacenamiento con un recubrimiento térmico, que mantiene caliente el agua, un quemador, un sistema de encendido piezoeléctrico con llama piloto y un termostato), pero dispone de un tanque de almacenamiento mucho más pequeño y un quemador más grande, por lo que calienta el agua en un menor tiempo (Figura 5).

Las características del calentador de agua de rápida recuperación difieren de las del calentador de almacenamiento en lo siguiente:

- En la capacidad, o sea la cantidad de agua caliente que ofrece por minuto. Entre más agua caliente ofrezca por minuto, más servicios puede sostener de manera simultánea.
- El aislante térmico que se utiliza para este tipo de calentadores, comúnmente es de fibra de vidrio, aunque cada vez hay más opciones.
- El consumo de energía puede llegar a ser mayor que en los equipos de almacenamiento, sobre todo en climas fríos.
- En su operación, se debe considerar que si no está bien regulado el flujo de agua caliente y la temperatura, provoca que haya variaciones de temperatura considerables, afectando el confort del usuario.

Figura 5. Calentador de agua de almacenamiento.



Fuente: Elaboración propia de ENTE con imagen base de (2010) "Catálogo de productos 2010-2011" Cal-o-Rex.

En esta perspectiva, en el mercado se ubican calentadores de agua de rápida recuperación con capacidades de 5 a 7.8 litros por minuto, con consumos de gas de 0.94 a 1.7 kg gas LP/hora, y con eficiencias de 82% (Tabla 14).

Tabla 14. Características de los calentadores de agua de rápida recuperación de 5 y 7.8 litros/minuto.

Marca y modelo		Calorex Cinsa Hesa Depsa lusa	Calorex Cinsa Hesa Depsa lusa
Capacidad (litros/minuto)		9	9 o más
Número de servicios recomendados		1	2
Tamaño	Altura total (cm)	74	94
	Diámetro (cm)	33	33
	Peso (kg)	24	27
Consumo de gas	Gas LP (kg/hr)	0.943	1.6974
	Gas natural (m ³ /hr)	1.028	1.89
Tipo de aislante térmico		Fibra de vidrio	Fibra de vidrio
Eficiencia (%) de norma		82	82

Fuentes: Calentadores "Guardián" <http://www.depsa.com.mx/construtores/fichas/altarecuperacion-guardian-40056.pdf> y <http://www.depsa.com.mx/construtores/fichas/altarecuperacion-guardian-40090.pdf>

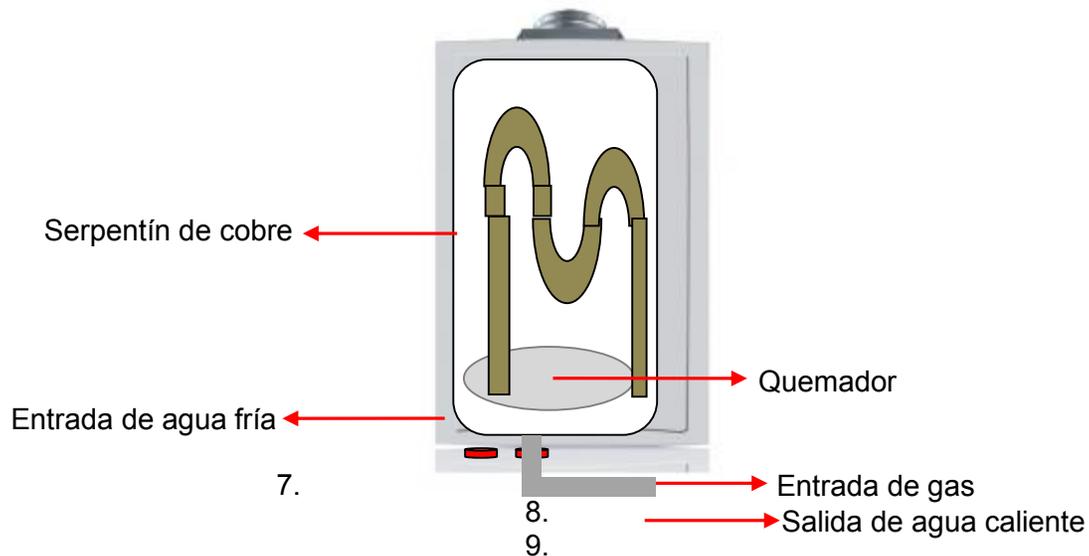
6.3. Calentador de agua de tipo instantáneo

El calentador de agua instantáneo está compuesto por un serpentín de tubos de cobre, un quemador y un termostato; algunos modelos tienen piloto y otros funcionan con encendido electrónico sin llama piloto; este tipo de calentador no tiene un tanque de almacenamiento de agua (Figura 6).

Este calentador funciona al abrir la llave de agua caliente conectada al dispositivo, respondiendo al flujo de agua que recorre el tubo y que ocasiona un cambio en la presión del agua, que acciona una válvula en el interior del calentador. El encendido del quemador se da por el contacto del gas con la llama piloto o bien mediante una ignición en el componente electrónico. Los serpentines absorben el calor generado por el quemador y lo transfieren al agua. Cuando la llave del agua caliente se cierra, la válvula de gas se cierra automáticamente y el quemador se apaga.

Una variable del calentador instantáneo es el instantáneo de flujo variable o de flujo constante, el cual va a regular la intensidad de la flama para calentar un flujo de agua constante y considera la variación de temperaturas a la entrada del calentador.

Figura 6. Calentador de agua tipo instantáneo.



Fuente: Elaboración propia con imagen base de (2010) "Catálogo de productos 2010-2011" Cal-o-Rex.

Los calentadores de agua instantáneos son más pequeños en tamaño que los calentadores de almacenamiento y que los de rápida recuperación, debido a que, como se dijo con anterioridad, carecen de tanque de almacenamiento de agua.

En este tipo de equipos, la capacidad se expresa como la cantidad de litros de agua caliente que pueden ofrecer por minuto. Los hay desde 6 hasta 30 litros por minuto; a mayor cantidad de agua caliente por minuto, más servicios simultáneos puede sostener (Tabla 15).

Tabla 15. Características de los calentadores de agua instantáneos para servicios de 1 a 4 personas.

Marca y modelo		ASCOT HOT Bosch Calorex Cinsa Depsa Energas Kuger Mabe	ASCOT HOT Bosch Calorex Cinsa Depsa Energas Kuger Mabe	Bosch Kuger
Numero de servicios recomendados		1	2	4
Capacidad (litros/minuto)		5 a 6	7.8 a 10	20 o más
Tamaño	Altura total (cm)	68 a 74	94 a 96	112
	Diámetro (cm)	33 ^a	33 ^a	-
	Ancho (cm)	30x30 ®	36x36 ®	68x36 ®
	Peso (kg)	22 a 24	27 a 31	92
Eficiencia (%) de norma		84 ^a	84 ^a	84

^a Especificaciones para calentadores de paso marca Kalotron.

® Especificaciones para calentadores de paso marca Calorex.

n.d. Información no disponible en las especificaciones técnicas.

Fuentes: Calentadores “Kalotron” <http://www.depsa.com.mx/constructores/calentador-paso-kalotron> y (2010) Cal-o-Rex “Catálogo de productos 2010-2011”.

6.4. Calentador de agua eléctrico

Este dispositivo tiene un uso menos común. Existen dos tipos de calentadores de agua que funcionan con energía eléctrica: de almacenamiento e instantáneos (Figura 7).

Figura 7. Calentador de agua tipo instantáneo.



Fuente: <http://www.h2otek.com.mx/tienda/img/p/491-1225-home.jpg>

Su funcionamiento y componentes son iguales a los que funcionan con gas, con la diferencia de que en lugar de tener un quemador, cuentan con una resistencia eléctrica.

Las características de un calentador de agua eléctrico son (Tabla 16):

- La capacidad del equipo, o sea el número de servicios que sostendrá de manera simultánea (de 1 a 7 servicios o de 20 a 285 litros).
- La potencia del calentador (de 1,500 a 4,500 watts).
- El tamaño: altura, diámetro y peso.
- El número de resistencias.
- El tiempo de recuperación (de 23 a 128 minutos).

Tabla 16. Características de los calentadores de agua de almacenamiento para servicios de 1 a 7 personas.

Marca y modelo	Kalotron Calorex	Calorex					
Número de servicios recomendados	1	1	2 a 3	3 a 4	4 a 6	7	
Capacidad (litros)	20	40	60 a 76	80 a 110	140 a 210	285	
Potencia (W)	1,500 ^a 2,000 [®]	1,500 ^a 2,000 [®]	1,500 ^a 4,500 [®]	1,500 ^a 4,500 [®]	1,500 ^a 4,500 [®]	4,500	
Voltaje (V)	120 a 127	120 a 127	220 a 240	220 a 240	220 a 240	240	
Amperaje (A)	11.8	11.8	6.8	6.8	6.8	n.d.	
Tamaño	Altura total (cm)	39 ^a 71 [®]	60 ^a 102 [®]	81 ^a 113 [®]	102 ^a 119 [®]	102 ^a 142-149 [®]	149
	Diámetro (cm)	38 a 40	38 a 40	38 a 40	40 a 44	40 a 54	63
	Peso (kg)	20-21	26-29	31 a 34	40-41	45-75	112
Resistencias	1 [®]	1 [®]	2 [®]	2 [®]	2 [®]	2	
Tiempo de recuperación (minutos)	23	47	70	93	128	n.d.	

^a Especificaciones para calentadores eléctricos marca Kalotron.

[®] Especificaciones para calentadores eléctricos marca Calorex.

n.d. Información no disponible en las especificaciones técnicas.

Fuentes: Calentadores "Kalotron" de <http://www.depsa.com.mx/construtores/calentador-electrico-kalotron> y (2010) Cal-o-Rex "Catálogo de productos 2010-2011".

6.5. Calentador solar de agua

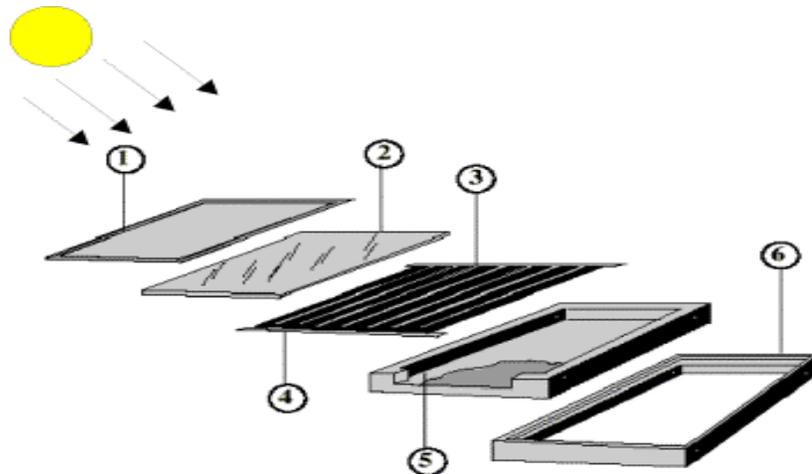
El sistema de calentamiento solar de agua se compone de un calentador solar de agua y un depósito térmico.

Generalmente, el depósito térmico se encuentra arriba del calentador solar, para que circule el agua por el efecto termosifón¹⁵ y no requiera de bombeo.

Los calentadores solares de agua son dispositivos que captan la radiación solar, la transforman en energía térmica y la transfieren al agua. Existen dos tipos de calentadores solares de agua para uso doméstico: los colectores solares planos y los calentadores solares de tubos evacuados.

- **El colector solar plano** está conformado por: (1 y 2) una cubierta transparente (de vidrio); (3 y 4) un conjunto de tubos con aletas, que pueden ser de distintos materiales (cobre o aluminio); (5) en la parte inferior del colector se encuentra un aislante, donde descansan los tubos para que mantengan el calor, y (7) un marco de aluminio (Figura 8).

Figura 8. Sistema de calentamiento solar de agua, con colector solar plano.



Fuente: Esquema obtenido de <http://www.aguamarket.com/sql/productos/productos.asp?producto=15035&nombreproducto=Calentador+Solar+de+Agua+150+litros+>

Estos equipos funcionan captando la energía solar en las aletas, que están conectadas térmicamente a los tubos por donde circula el agua. Los tubos generalmente corren en paralelo y comienzan y terminan en un cabezal común.

- **El calentador de agua de tubos evacuados** consta de varios tubos conectados en paralelo al depósito térmico. La principal característica de este tipo de calentadores es que el absorbedor de energía solar se encuentra dentro de una cámara al vacío, con el objetivo de minimizar pérdidas térmicas por conducción y convección (Figura 9).

¹⁵ El efecto “termosifón” se lleva a cabo por diferencias de temperatura. El agua caliente, que es más ligera que la fría, tiende a subir, por lo que el depósito térmico se coloca un poco más arriba que los calentadores; así, el agua caliente sube hacia éste y establece una circulación natural, sin requerir de equipo de bombeo.

Figura 9. Sistema de calentamiento solar de agua con tubos evacuados.



Fuente: Judith Navarro

Los calentadores de tubos evacuados son de vidrio en el exterior y de cobre o vidrio en el interior.

6.6. Eficiencia térmica en los calentadores de agua

La eficiencia térmica es la relación entre el calor absorbido por el agua y el calor liberado por el combustible, expresado en por ciento (CONAE 2011).

Para los propósitos del presente estudio, esta definición tiene dos alcances: el que establece la propia norma (y que está limitada por el período de la prueba, que es de unas horas), que se puede denominar como de “corto plazo”, y el que corresponde a un ciclo anual (que depende de la forma de operación de los equipos), que se puede denominar como de “largo plazo”.

6.6.1. Eficiencia de corto plazo

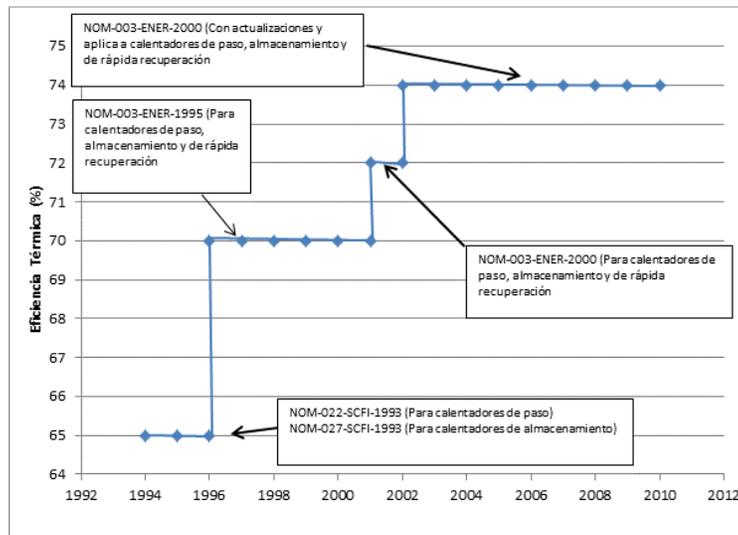
6.6.1.1. Equipos nuevos

Las primeras normas de cumplimiento obligatorio en los calentadores de agua fueron elaboradas por la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial –NOM-027-SCFI-1993, para los de tipo almacenamiento y la NOM-022-SCFI-1993 para los de paso—; entraron en vigor en 1994 y exigían que todos los calentadores de agua nuevos, tipo almacenamiento y de paso, a comercializarse en el país a partir de ese año cumplieran con una eficiencia térmica del 65%. Luego entro en vigor la NOM-003-ENER-2000, que establecía un mínimo de eficiencia de 74%.

Esta norma fue reemplazada por la NOM-003-ENER-2011, que entró en vigor en 2011 y exigía un aumento en la eficiencia en 2% (al 74%), además de ampliar su alcance a los calentadores de agua de rápida recuperación.

La norma se actualiza en el 2011, como NOM-003-ENER “Eficiencia térmica de calentadores de agua para uso doméstico y comercial”, expedida por la Secretaría de Energía, elevando la eficiencia térmica mínima al 76% y definiendo que, a partir del 2011, la eficiencia térmica mínima en los equipos a comercializarse fuese del 74%, la cual es la eficiencia mínima exigida hasta la fecha (Figura 10) (CONAE 2011).

Figura 10. Evolución de la eficiencia térmica por la aplicación de normas en los calentadores de agua para uso doméstico en México (1995-2010).



Fuente: Elaboración propia de ENTE con base en las NOM-022-SCFI-SCFI-1993, NOM-027-SCFI-1993, NOM-003-ENER-1995 y NOM-003-ENER-2000.

6.6.2. Eficiencia de largo plazo

En términos sencillos, la eficiencia se establece al calcular la fracción de la energía liberada por el combustible, que es aprovechada por el agua para elevar su temperatura. En los métodos de prueba de las normas de eficiencia energética, esto se logra en períodos de horas y en condiciones controladas.

En la práctica, la eficiencia de etiqueta de un sistema de calentamiento de agua de uso doméstico puede ser significativamente distinta a la eficiencia de operación para un plazo de días, semanas o meses. Esta eficiencia de operación en períodos largos se establece, de manera simple, como el coeficiente de la energía entregada en un periodo de tiempo en forma de agua caliente para su uso final, entre la energía aportada en forma de combustible en el mismo periodo.

De manera general, el que la eficiencia energética de un equipo en operación sea distinta al de la etiqueta se debe a varios aspectos que se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Antigüedad
- Sobredimensionamiento
- Modos de operación
- Clima

6.6.2.1. Antigüedad

En general, son tres los factores que determinan la pérdida de eficiencia energética de los calentadores de agua en general:

- Con el paso del tiempo, los quemadores se hacen menos eficientes.
- Al no ser drenados y dejarles de dar mantenimiento, los equipos disminuyen su eficiencia.
- Las incrustaciones, debidas a la calidad del agua, influyen drásticamente en la pérdida de eficiencia.

No se ubicó en la literatura estudio alguno que permitiera asociar la disminución de la eficiencia con el tiempo. Sin embargo, se pudo obtener una tabla que relaciona la pérdida de eficiencia con el espesor de las incrustaciones en la tubería. De acuerdo con esta información, el espesor de la incrustación determina el valor de la pérdida de eficiencia en el sistema donde ocurre, la cual puede llegar al 80% para incrustaciones cercanas a los dos centímetros (Tabla 17).¹⁶

Tabla 17. Pérdidas de eficiencia energética según el espesor de la incrustación.

Espesor de la incrustación (mm)	Pérdida de eficiencia energética (%)
0.38	4
0.79	7
1.58	11
3.15	17
6.35	37
9.45	47
12.50	61
15.50	75
19.00	89

Fuente: <http://www.sanymax.com/noticiaincrustacion.htm>

6.6.2.2. Sobre-dimensionamiento de los equipos

El tener un equipo de mayor capacidad al requerido se refleja en una menor eficiencia de largo plazo; esto ocurre de diversas maneras, entre las que se identifican las siguientes:

- En los calentadores de depósito, tener un volumen de agua caliente mayor al necesario implica calentar un volumen de líquido que va a estar perdiendo temperatura, por lo que el consumo energético será mayor.
- En los calentadores instantáneos sin control de flama y de rápida recuperación es aún más visible la disminución de la eficiencia. Al encenderse los quemadores por el paso del agua, éstos quemarán la cantidad de combustible necesario para calentar el flujo de agua de diseño, pero al haber sobre-dimensionamiento, se estará quemando más combustible del que se necesita.

6.6.2.3. Modos de operación

A su vez, hay elementos de calentadores que, de acuerdo con los modos de operación de los sistemas, influyen en la eficiencia de largo plazo de los calentadores (Tabla 18).

Estos aspectos se reflejan de la siguiente manera:

- Algunos calentadores de depósito, de rápida recuperación y algunos de paso mantienen una flama encendida como piloto, por lo que consumen energía, pero ésta no tiene la finalidad de calentar agua.

¹⁶ Una incrustación es una costra de sustancia mineral abandonada por el agua que la contiene en disolución. Las incrustaciones calcáreas son las que contienen elevadas cantidades de calcio. Éstas forman un depósito muy adherente a la superficie interna de los conductos y se traducen en la pérdida de eficiencia del sistema por reducción de la capacidad de transferencia de calor.

- El dejar de usar un calentador de depósito en modo automático por un periodo prolongado de tiempo disminuye su eficiencia, ya que continuamente se calienta agua que no se usa.
- En un calentador de almacenamiento se pierde calor mayormente por la chimenea y en menor medida por las paredes exteriores.
- En los calentadores de paso sin control de flama y rápida recuperación, disminuir la temperatura de mezcla de agua en el baño, reduce la eficiencia, es un caso similar a sobredimensionar un equipo. Esto ocurre en equipos instalados en climas cálidos. Siempre y cuando no se regule de manera correcta.

Tabla 18. Aspectos que determinan la eficiencia del sistema de agua caliente en plazos largos.

Tipo de calentador	Eficiencia por Norma	Forma de encendido del quemador	Piloto	Depósito	Pérdida de eficiencia relacionado con la tecnología
De depósito	76 a 82%	Termostato	Si	Si	Pérdida de calor en el depósito y consumo de gas en el piloto
Instantáneo con piloto	84%	Flujo de agua	Si	No	Consumo de gas en el piloto
De paso sin piloto de flujo variable	84%	Flujo de agua	No	No	NA
Rápida recuperación	82%	Flujo de agua	Si	Si	Pérdida de calor en el depósito y consumo de gas en el piloto
Eléctrico de depósito	NA	Termostato	No	Si	Pérdida de calor en el depósito
Eléctrico de paso	NA	Flujo de agua	No	No	NA

6.6.2.4.Clima

El clima tiene una influencia importante en el consumo de largo plazo de los calentadores de agua:

- En las zonas cálidas, los calentadores de depósito pierden menos energía por transferencia de calor, por lo que son más eficientes que los mismos calentadores instalados en una región fría.
- Los calentadores instantáneos y de rápida recuperación son relativamente más eficientes en climas templados.
- La pérdida de calor y, por lo tanto, de eficiencia, es mayor cuando el agua del depósito es más elevada y cuando la temperatura exterior es baja, y menor cuando la temperatura del depósito es baja y la temperatura exterior más elevada.

6.6.3. Eficiencia de los calentadores solares de agua

Para el caso de los calentadores de agua solares, la eficiencia térmica es la relación entre la energía que se aprovecha para calentar agua y la que incide sobre el área de captación del dispositivo.

Estos equipos tienen “rendimiento térmico” va desde 40% y puede llegar hasta 60%, dependiendo de la calidad del calentador de agua, la instalación, la operación del equipo y la cantidad de radiación solar. Como factores que afectan la eficiencia se identifican los siguientes (Rincón E. 2005):

- La eficiencia depende de la calidad del calentador, de qué tan bueno sea el diseño del equipo y de la calidad de los materiales con que ésta hecho; para mayor eficiencia se necesita mayor calidad y esto repercute en el costo, ya que un aumento del 8% en la calidad de un equipo de calentamiento solar de agua puede duplicar su costo.
- La eficiencia térmica del equipo depende directamente de la radiación solar: a mayor radiación solar, mayor eficiencia; además, entre más alta sea la temperatura ambiente exterior, menores serán las pérdidas de calor del equipo y, por ende, tendrá una mayor eficiencia.
- La instalación y operación adecuadas, ya que si el calentador solar es instalado de forma inadecuada o es mal operado, no tendrá la eficiencia esperada. Se debe orientar hacia el sur e inclinar con respecto a la latitud del lugar.

7. Consulta con actores de mercado

Como parte del trabajo de investigación del proyecto, se buscaron y llevaron a cabo entrevistas con representantes de diversas organizaciones relacionadas con el mercado de los calentadores de agua.

Las entrevistas versaron sobre un conjunto de temas, en particular las relacionadas con costumbres de uso del agua caliente, compra de equipos nuevos, instalación de los equipos, aceptación de nueva tecnología, barreras de mercado, elementos para un posible programa gubernamental, papel de las normas técnicas y, para los fabricantes, información sobre el mercado.

En total, se llevaron a cabo 22 entrevistas (ANEXO 3):

7.1. Relativos al uso de agua caliente

Sobre este aspecto se hicieron preguntas relativas a la temperatura del baño, la duración del mismo y el momento de día en que se realiza:

- **Duración del baño.** Las respuestas a la pregunta sobre la duración del baño se dieron como valores únicos o como rangos. El promedio de los mínimos fue de 13 minutos, el de máximos, de 16.4, y el global, de 14.2 minutos.
- **Temperatura del baño.** Al igual que con la duración del baño, las respuestas a la pregunta sobre la duración del baño se dieron como valores únicos o como rangos. El promedio de los mínimos fue de 36.5°C, el de máximos, de 40.8°C, y el global, de 37.3°C.
- **Hora del baño.** La pregunta sobre la hora del baño obtuvo los siguientes valores promedio: 61.2% para la mañana, 17.5% para la tarde y 28.7% para la noche.

7.2. Relativos a la compra de equipos

Sobre este aspecto se hicieron preguntas relativas a la temperatura del baño, la duración del mismo y el momento de día en que se realiza:

- **Frecuencia de compra de equipos nuevos.** El promedio de los mínimos fue de 7.6 años, el de máximos, de 10 años, y el global, de 8.3 años.
- **Razones de compra.** La respuesta más frecuente fue que la gente compra equipos nuevos porque el que actualmente tienen ya no funciona y con una valoración de 83.2%. En segundo lugar, se ubicó el que no funciona bien, dando mayor importancia a que los equipos “no dan la temperatura” (respuesta común entre los plomeros entrevistados). También se dio relativa importancia al cambio por un aparato más grande.
- **Quién decide la compra.** En este punto los valores no variaron significativamente entre las alternativas presentadas, pero el valor más alto se dio a la señora de la casa (69.3%), seguido por el plomero (54.3%), el señor de la casa (53.8 %) y el vendedor (44.5%).
- **Parámetros de compra.** Sobre estos aspectos tuvo más menciones el consumo de energía (13), seguido por confort y tamaño (9 menciones).

- **Forma de pago.** La opción tarjeta de crédito tuvo un peso mayor (59.4%) que el de efectivo (59.4%).¹⁷

Igualmente hicieron comentarios sobre este tema:

- La compra de un calentador de agua no es determinada por aspectos de estatus (como puede ocurrir con otros equipos).
- Es muy importante que el calentador dé el servicio que se espera.
- El precio del equipo nuevo es un parámetro fundamental.
- También es muy importante la expectativa de ahorro:
 - Los lugares de compra y las formas de pago varían, según el contexto socio-económico.
 - Los parámetros de la decisión de compra del calentador varían según quien la tome o quien influya en la decisión.
 - Hay otros aspectos que pesan en la decisión, en particular la garantía y seguro de mantenimiento.

7.3. Sobre instalación y mantenimiento

Sobre este punto los entrevistados refirieron:

- Quién lleva a cabo la instalación depende del lugar donde se compra
- El costo de instalación es variable y depende de las condiciones actuales de instalación y del equipo a instalar
- Cuando instala el plomero, se busca al de confianza
- No se acostumbra dar mantenimiento a los calentadores
- La capacitación a plomeros y a vendedores es muy limitada.

7.4. Relativos a cambio de tecnología y su instalación

Sobre este tema se obtuvieron los siguientes resultados:

- **Interés en cambio de tecnología.** A esta pregunta la mayoría respondió “poco” (12 menciones) y solo se tuvieron 5 menciones a “mucho”.
- **Quién instala.** La respuesta con mayor ponderación fue “plomero” (72.0%) seguida de distribuidor (55.4%).¹⁸ Hubo también menciones a la instalación por el usuario (3), por el fabricante (1 mención) y por el constructor (1 mención).
- **Costo de cambiar un calentador viejo por uno nuevo (además del costo del equipo).** Las respuestas a esta pregunta se dieron en un rango amplio de 500 a 3,500 pesos, con un promedio de 1,358.¹⁹ Igualmente, se tuvo un valor promedio de 54.8% de proporción de mano de obra sobre costo total.

¹⁷ Los valores que se presentan no son una porción del universo de respuestas sino que son los promedios de los porcentajes referidos por los entrevistados para una alternativa particular de respuesta solicitada en términos de porcentaje.

¹⁸ Los valores que se presentan no son una porción del universo de respuestas sino que son los promedios de los porcentajes referidos por los entrevistados para una alternativa particular de respuesta solicitada en términos de porcentaje.

¹⁹ Para los cálculos en el reporte se usó un valor de 1,000 pesos.

- **Requisitos de alguna condición especial para la instalación.** La gran mayoría de los entrevistados refirieron que los equipos instantáneos requieren de condiciones especiales de instalación, en particular de presión y de aditamentos especiales, lo cual implica un costo adicional de, en promedio 1,100 pesos.

También sobre este punto los entrevistados refirieron lo siguiente:

- Es muy importante la información y el vendedor.
- El costo de instalación es variable.
- El calentador solar es de interés, pero no generalizado.

7.5. Relativos al tamaño del mercado

Se obtuvo poca información de fabricantes, distribuidores y gobierno en cuanto al tamaño del mercado.

7.6. Sobre barreras al programa

En general, se establecieron los siguientes aspectos como barreras importantes a ser consideradas en el diseño del programa:

- El costo del equipo.
- Altos costos de transacción para el usuario.
- La resistencia de los usuarios a cambiar de tecnología.
- El desconocimiento de los usuarios sobre las nuevas tecnologías.
- La desconfianza en los actores, particularmente en el gobierno.
- La falta de capacitación de los plomeros para manejar nuevas tecnologías.

7.7. Elementos sugeridos para el programa

Finalmente, se anotaron los siguientes puntos como recomendaciones para el diseño del programa:

- Buscar el menor costo al usuario.
- Asegurar calidad de los equipos y su instalación.
- Sectorizar en términos socioeconómicos y geográficos.
- Incluir en el programa acciones de capacitación a plomeros y a vendedores.
- Incluir financiamiento para la compra.
- Aprovechar medios existentes de comercialización (como la de gas natural o de las tiendas que venden los equipos).
- Proveer de mucha información al usuario sobre aspectos tecnológicos, económicos y de carácter ambiental positivo.
- Con oferta tecnológica que incluya todas las alternativas tecnológicas para el calentamiento de agua.
- Incluir un plan de destrucción de los calentadores viejos.

8. Comparación de las alternativas tecnológicas

En este capítulo se lleva a cabo una comparación entre las tecnologías consideradas en términos del potencial de ahorro de energía por recambio y por la rentabilidad de los recambios en función del costo de la tecnología y de los costos de la energía consumida.

Para hacer esto, se hace uso de la herramienta anotada en el Anexo I, a partir del nivel de consumo promedio por hogar para calentamiento para cada entidad federativa (establecido arriba). Considerando los factores que influyen en el consumo de energía de una tecnología en el largo plazo, para las condiciones de temperatura exterior de una localidad dada, se establecen consumos anuales en función de los años de operación de los equipos para un período de 40 años.²⁰

Para comparar tecnologías en términos del ahorro de energía y del valor presente neto de los flujos de gasto de los equipos (las inversiones y pagos de energía), se considera la tecnología más común (gas de depósito) como la referencia para las comparaciones, lo cual se hace en términos de consumo de energía y de valor presente neto.

8.1. Consumo de energía por tecnología y por región

La Tabla 19 muestra las entidades federativas consideradas para el análisis por región, (Tabla 19).²¹

Tabla 19. Entidades federativas por región.

Región	Estados
1	Tamaulipas
2	Baja California Sur, Coahuila, Chihuahua, Durango, Nuevo León y Sonora
3	Baja California
4	Aguascalientes, Guanajuato, Jalisco, Querétaro, San Luis Potosí y Zacatecas
5	Distrito Federal, Hidalgo, Estado de México, Michoacán, Puebla y Tlaxcala
6	Colima, Chiapas, Guerrero, Morelos, Oaxaca, Sinaloa, Veracruz y Yucatán
7	Campeche, Nayarit, Quintana Roo y Tabasco

Fuente: CONAVI

²⁰ Se consideran plazos de 40 años, porque es el mínimo común múltiplo de los dos plazos considerados para cambio de calentadores.

²¹ Esta regionalización se basa en la que utiliza CONAVI.

Las alternativas tecnológicas a considerar en los calentadores son doce:

1. Gas de depósito (considerado como el más común y, por lo tanto, como tecnología de referencia).
2. Gas instantáneo sin piloto.
3. Gas instantáneo de flujo variable.
4. Gas de rápida recuperación.
5. Eléctrico de depósito.
6. Eléctrico de paso.
7. Gas de depósito, más solar.
8. Gas instantáneo con piloto, más solar.
9. Gas instantáneo sin piloto, más solar.
10. Gas de rápida recuperación, más solar.
11. Eléctrico de depósito, más solar.
12. Eléctrico de paso, más solar.

Como se ha referido arriba, se parte del nivel de consumo promedio por hogar para calentamiento estimado para cada entidad federativa y, con esos datos, se hace uso de un algoritmo que permite tener los valores de consumo para el primer año de uso de un equipo nuevo y su proyección a lo largo de 40 años de uso.

Los consumos estimados por hogar y por equipo nuevo se muestran en la Tabla 20. Como se puede observar, además de las variaciones por regiones, los niveles de consumo dependen del tipo de tecnología, resaltando por su bajo consumo los calentadores de gas instantáneos de flujo variable y con calentador solar, mientras que los valores más altos se ubican, precisamente, en calentador de gas de depósito.

Tabla 20. Consumo anual estimado por hogar de equipo nuevo, por tecnología y por región (kWh_t)²².

Tecnología	Consumos por región (kWh _t)						
	1	2	3	4	5	6	7
Gas de depósito	1,882	2,293	2,612	2,813	3,532	1,866	1,720
Gas instantáneo sin piloto	403	1,058	1,380	1,558	2,068	513	172
Gas instantáneo de flujo variable	244	569	850	1,054	1,670	270	105
Gas de rápida recuperación	1,717	2,407	2,691	2,854	3,314	1,819	1,490
Eléctrico de depósito	1,345	2,189	2,846	3,258	4,736	1,313	1,011
Eléctrico de paso	555	1,293	1,932	2,395	3,796	613	239
Gas de depósito, más solar	1,677	1,815	1,898	1,928	2,201	1,640	1,632
Gas instantáneo sin piloto, más solar	198	580	666	673	737	286	84
Gas instantáneo de flujo variable, más solar	39	91	136	169	339	43	17
Gas de rápida recuperación, más solar	1,512	1,929	1,976	1,969	1,983	1,592	1,401
Eléctrico de depósito, más solar	1,140	1,711	2,131	2,373	3,405	1,086	923
Eléctrico de paso, más solar	350	815	1,218	1,510	2,465	386	150

Fuente: Estimaciones de los autores.

²² Para los equipos eléctricos, solo se considera el consumo de electricidad del usuario y no el consumo de energía primaria para generarla.

Para hacer una estimación del consumo de energía a largo plazo, el propio algoritmo señalado nos da valores de crecimiento del consumo de energía a largo plazo por tecnología (para los equipos sin calentador solar) y por región (Tabla 21). En este caso, resalta que hay variaciones por regiones y por tecnologías; las menores variaciones se dan para las zonas más cálidas y con menor consumo.

Tabla 21. Tasas de crecimiento anual estimadas del consumo de energía a largo plazo por tecnología y por región.

Tecnología	Región						
	1	2	3	4	5	6	7
Gas de depósito	1.37%	1.77%	1.98%	2.09%	2.36%	1.35%	1.15%
Gas instantáneo sin piloto	4.12%	4.15%	4.12%	4.12%	4.09%	4.13%	4.12%
Gas instantáneo de flujo variable	2.98%	2.98%	2.98%	2.98%	2.98%	2.98%	2.98%
Gas de rápida recuperación	1.41%	2.28%	2.49%	2.59%	2.80%	1.59%	0.87%
Eléctrico de depósito	6.76%	6.76%	6.76%	6.76%	6.76%	6.76%	6.76%
Eléctrico de paso	6.76%	6.76%	6.76%	6.76%	6.76%	6.76%	6.76%

Fuente: Estimaciones de los autores.

8.2. Consumo de energía por tecnología y por región

Como se ha referido arriba, el ahorro de energía se establece con relación a la tecnología más común (de gas de depósito).

El análisis se realiza considerando ciclos de cambio de equipos de 8 y 10 años; se maneja un análisis a 40 años.²³

En el análisis para cambios de equipos cada 10 años se obtienen resultados positivos (de ahorro) en todas las tecnologías para las regiones 1 y 7 (Tabla 22).

A su vez, los mayores ahorros se presentan para:

- los equipos de gas instantáneo con piloto y de flujo variable (sin y con calentador solar), y
- para eléctrico de paso con energía solar en todas las regiones.

Los ahorros para los primeros se dan en las regiones menos cálidas (y de mayor consumo de agua caliente), mientras que la última tecnología tiene sus mayores ahorros en zonas cálidas (y de menor consumo de agua caliente).

²³ Se utiliza 40 años porque los análisis de ingeniería económica para dos alternativas con diferentes ciclos de vida deben manejar períodos iguales al menor denominador común de los dos períodos (en este caso 8 y 10).

Tabla 22. Ahorro de energía por tecnología y por región para un cambio cada 10 años respecto de calentador de gas de depósito (para un ciclo de 20 años) (Miles de kWh).

Tecnología	Región						
	1	2	3	4	5	6	7
Gas instantáneo sin piloto	30.32	24.10	23.82	24.22	28.73	27.29	32.08
Gas instantáneo de flujo variable	34.46	36.66	37.69	37.70	40.36	33.50	33.83
Gas de rápida recuperación	3.46	-3.68	-3.09	-2.35	3.33	0.58	5.24
Eléctrico de depósito	3.30	-10.13	-20.60	-27.18	-50.81	3.81	8.59
Eléctrico de paso	24.89	14.35	4.35	-3.62	-25.13	22.93	29.71
Gas de depósito, más solar	4.36	10.36	15.63	19.46	29.63	4.82	1.86
Gas instantáneo sin piloto, más solar	35.27	35.66	41.07	45.59	60.83	32.76	34.21
Gas instantáneo de flujo variable, más solar	39.16	47.61	54.04	57.97	70.84	38.69	35.85
Gas de rápida recuperación, más solar	7.83	6.92	12.90	17.56	33.56	5.45	7.08
Eléctrico de depósito, más solar	8.91	2.93	-1.09	-3.00	-14.44	10.00	11.00
Eléctrico de paso, más solar	30.50	27.42	23.87	20.57	11.24	29.12	32.12

Fuente: Estimaciones de los autores.

Por su parte, los ahorros estimados de energía para cambio de equipo cada 8 años se presentan en la Tabla 23.

Tabla 23. Ahorro de energía por tecnología y por región para un cambio cada 8 años respecto de calentador de gas de depósito (para un ciclo de 20 años) (Miles de kWh).

Tecnología	Región						
	1	2	3	4	5	6	7
Gas instantáneo sin piloto	30.88	25.58	25.74	26.38	31.58	28.00	32.32
Gas instantáneo de flujo variable	34.70	37.20	38.50	38.70	41.95	33.76	33.93
Gas de rápida recuperación	4.18	-1.99	-1.00	-0.03	6.27	1.45	5.62
Eléctrico de depósito	6.74	-4.53	-13.33	-18.86	-38.70	7.17	11.18
Eléctrico de paso	26.31	17.66	9.29	2.51	-15.42	24.49	30.32
Gas de depósito, más solar	5.05	11.33	16.78	20.70	31.24	5.48	2.41
Gas instantáneo sin piloto, más solar	35.55	36.48	41.99	46.52	61.85	33.16	34.32
Gas instantáneo de flujo variable, más solar	39.20	47.70	54.17	58.13	71.16	38.73	35.86
Gas de rápida recuperación, más solar	8.46	8.28	14.44	19.16	35.32	6.21	7.43
Eléctrico de depósito, más solar	11.82	7.31	4.36	3.07	-5.73	12.78	13.36
Eléctrico de paso, más solar	31.39	29.50	26.98	24.43	17.54	30.11	32.51

Fuente: Estimaciones de los autores a partir de información de mercado.

Los resultados para cambio de equipo cada 8 años son muy similares (no presentan variaciones significativas) a los que se obtienen para cambios cada 10 años, con la particularidad de que para el calentador eléctrico de paso con energía solar no se tienen ahorros en la región 5.

Finalmente, al calcular las diferencias de consumo de energía para cambios de equipos cada 8 vs. 10 años se presenta un ahorro de energía en todas las tecnologías a favor del cambio cada 8

años (excepto en el eléctrico de paso más solar, donde los mayores ahorros se dan para los calentadores eléctricos, en particular en zonas templadas) (Tabla 24).

Sin embargo, para los equipos que tienen menores consumos (gas de depósito, gas instantáneo con piloto y de flujo variable, y gas de rápida recuperación) se tienen ahorros que vale la pena ponderar en los análisis económicos (y que se presentan más adelante).

Tabla 24. Ahorro de energía por tecnología y por región para cambio de equipos cada 8 años vs. cambio cada 10 años (para un ciclo de 40 años) (Miles de (kWh_t)).

Tecnología	Región						
	1	2	3	4	5	6	7
Gas de depósito	0.64	1.65	2.06	2.30	2.94	0.81	0.28
Gas instantáneo sin piloto	0.23	0.54	0.81	1.00	1.59	0.26	0.10
Gas instantáneo de flujo variable	0.72	1.70	2.09	2.32	2.94	0.87	0.38
Gas de rápida recuperación	3.44	5.60	7.27	8.33	12.11	3.36	2.59
Eléctrico de depósito	1.42	3.31	4.94	6.12	9.71	1.57	0.61
Eléctrico de paso	0.68	0.97	1.15	1.24	1.61	0.66	0.55
Gas de depósito, más solar	0.56	1.30	1.48	1.55	1.70	0.71	0.26
Gas instantáneo sin piloto, más solar	0.04	0.09	0.13	0.16	0.32	0.04	0.02
Gas instantáneo de flujo variable, más solar	0.63	1.36	1.54	1.60	1.76	0.76	0.36
Gas de rápida recuperación, más solar	2.91	4.37	5.45	6.07	8.71	2.78	2.36
Eléctrico de depósito, más solar	0.89	2.08	3.11	3.86	6.30	0.99	0.38
Eléctrico de paso, más solar	0.64	1.65	2.06	2.30	2.94	0.81	0.28

8.3. Análisis económico por tecnología y región (desde la perspectiva del usuario)

Para hacer el análisis económico del cambio de tecnología desde la perspectiva del usuario, se establece el Valor Presente Neto (VPN) de las alternativas por región y por tecnología, por lo que se establecen valores de los parámetros que se requieren para hacer la evaluación económica.

Para esto, se consideran los costos de inversión (incluyendo instalación) que se muestran en la Tabla 25 y que están basados en los valores que se muestran en el Anexo 2.

Tabla 25. Costo de inversión para las tecnologías consideradas (incluye instalación)²⁴.

Tecnología	Sin calentador solar	Con calentador solar
Gas de depósito	\$ 3,580	\$ 14,580
Gas instantáneo sin piloto	\$ 3,350	\$ 14,350
Gas instantáneo de flujo variable	\$ 6,200	\$ 17,200
Gas de rápida recuperación	\$ 3,980	\$ 14,980
Eléctrico de depósito	\$ 3,270	\$ 14,270
Eléctrico de paso	\$3,430	\$14,430

Fuente: Estimaciones de los autores a partir de información de mercado.

Igualmente, se definen los costos de energía actuales (gas LP y electricidad), sus tasas de crecimiento (inflación), las tasas de crecimiento consideradas para los precios de los equipos y la tasa de descuento utilizada para obtener el valor presente neto (Tabla 26).

Tabla 26. Variables consideradas para el análisis económico.

Concepto	Valor	Unidades
Precio del gas ²⁵	14.46	\$/kg
Precio de la electricidad ²⁶	1.44	\$/kWh
Tasa de crecimiento del precio del gas ²⁷	8.9%	% Anual
Tasa de crecimiento del precio de la electricidad ²⁸	5.80%	% Anual
Tasa de inflación de equipos ²⁹	4.12%	% Anual
Tasa de descuento ³⁰	12.00%	% Anual

Como se ha referido, el análisis se hace considerando un ciclo de 40 años, para poder comparar los casos en los que los usuarios cambian sus calentadores de agua cada 8 y 10 años (con una vida útil de los calentadores solares de veinte años).

Con estas consideraciones se calcula el VPN para las distintas tecnologías y regiones, para cambios cada 8 y 10 años. Con esos resultados, se hacen comparaciones entre tecnologías respecto a la de referencia (gas de depósito) para esos dos períodos por separado y para las tecnologías en los dos ciclos de cambio considerados (8 y 10 años).

²⁴ Las encuestas realizadas dieron costos muy variables de instalación. Para este análisis se considera un costo de 1,000 pesos.

²⁵ Promedio nacional de 2015 SENER. (2015). disponible en <http://www.energia.gob.mx>

²⁶ www.cfe.gob.mx

²⁷ Estimaciones de los autores a partir de datos obtenidos de www.sener.gob.mx

²⁸ Estimaciones de los autores a partir de datos obtenidos de www.cfe.gob.mx

²⁹ Estimaciones de los autores a partir de datos obtenidos de www.banxico.gob.mx

³⁰ Consideración de los autores.

La comparación para cambios cada diez años entre tecnologías respecto a la de referencia (gas de depósito) da como resultado que (Tabla 27):

- Las tecnologías cuyo VPN es más favorable para el usuario que la de gas de depósito son las de gas instantáneo sin piloto y de flujo variable; esto, para todas las regiones;
- El calentador eléctrico de paso tiene valores positivos de VPN para las regiones 1, 6 y 7.
- Si se incluye calentador solar, en las regiones 3, 4 y 5, las tecnologías que son más económicas que las de referencia son las de gas instantáneo sin piloto y de flujo variable.

Tabla 27. Diferencia de valor presente neto (VPN) respecto del calentador de depósito para cambios de equipos cada 10 años (miles de pesos)³¹.

Tecnología	Región						
	1	2	3	4	5	6	7
Gas instantáneo sin piloto	14.60	11.77	11.66	11.85	13.96	13.21	15.39
Gas instantáneo de flujo variable	12.78	13.78	14.25	14.25	15.45	12.34	12.49
Gas de rápida recuperación	1.11	-2.14	-1.85	-1.50	1.15	-0.21	1.91
Eléctrico de depósito	1.39	-5.33	-10.57	-13.86	-25.66	1.64	4.03
Eléctrico de paso	11.62	6.30	1.30	-2.66	-13.45	10.68	14.04
Gas de depósito, más solar	-8.96	-6.16	-3.71	-1.93	2.78	-8.74	-10.13
Gas instantáneo sin piloto, más solar	5.87	6.07	8.57	10.65	17.69	4.72	5.37
Gas instantáneo de flujo variable, más solar	3.96	7.85	10.82	12.63	18.56	3.74	2.43
Gas de rápida recuperación, más solar	-7.85	-8.21	-5.42	-3.26	4.16	-8.94	-8.23
Eléctrico de depósito, más solar	-6.90	-10.01	-12.13	-13.16	-19.07	-6.36	-5.80
Eléctrico de paso, más solar	3.33	1.62	-0.26	-1.96	-6.85	2.68	4.21

Fuente: Estimaciones de los autores.

La comparación para cambios cada ocho años entre tecnologías respecto a la de referencia (gas de depósito), da resultados muy similares a los del análisis para cambios cada diez (Tabla 28):

- Las tecnologías más económicas, respecto de la de gas de depósito, son las de gas instantáneo sin piloto y de flujo variable; esto, para todas las regiones.
- El calentador eléctrico de paso tiene valores positivos para las regiones 1, 6 y 7.
- Si se incluye calentador solar, en las regiones 3, 4 y 5 las tecnologías más económicas que las de referencia son las de gas instantáneo sin piloto y de flujo variable.

³¹ Considerando un período de 40 años.

Tabla 28. Diferencia de valor presente neto respecto del calentador de depósito para cambios de equipos cada 8 años (miles de pesos)³².

Tecnología	Región						
	1	2	3	4	5	6	7
Gas instantáneo sin piloto	14.00	11.43	11.43	11.69	13.99	12.65	14.71
Gas instantáneo de flujo variable	11.45	12.54	13.08	13.13	14.50	11.02	11.13
Gas de rápida recuperación	0.41	-2.57	-2.17	-1.76	1.06	-0.87	1.12
Eléctrico de depósito	1.56	-4.60	-9.39	-12.40	-23.22	1.79	3.98
Eléctrico de paso	11.25	6.43	1.85	-1.80	-11.64	10.35	13.46
Gas de depósito, más solar	-9.57	-6.70	-4.20	-2.40	2.42	-9.36	-10.78
Gas instantáneo sin piloto, más solar	5.19	5.54	8.07	10.16	17.22	4.07	4.65
Gas instantáneo de flujo variable, más solar	2.57	6.48	9.46	11.28	17.26	2.36	1.04
Gas de rápida recuperación, más solar	-8.57	-8.73	-5.89	-3.71	3.75	-9.62	-9.02
Eléctrico de depósito, más solar	-6.87	-9.60	-11.43	-12.30	-17.51	-6.37	-5.91
Eléctrico de paso, más solar	2.83	1.43	-0.18	-1.69	-5.94	2.19	3.57

Fuente: Estimaciones de los autores.

Finalmente, la comparación de los VPN para las tecnologías en los dos ciclos de cambio considerados (8 y 10 años) nos señala (Tabla 29):

- Las tecnologías para las que el VPN es más favorable por un cambio más frecuente de calentador (de 8 años vs. 10), corresponden a los equipos eléctricos.
- Con calentador solar, las de gas instantáneo con piloto y la de eléctrico de depósito son las que tienen resultados favorables.

³² Considerando un período de 40 años.

Tabla 29. Diferencia de valor presente neto para cambios de equipos cada 8 años respecto cada 10 años (miles de pesos)³³.

Tecnología	Región						
	1	2	3	4	5	6	7
Gas de depósito							
Gas instantáneo sin piloto	0.60	0.35	0.23	0.16	(0.03)	0.56	0.69
Gas instantáneo de flujo variable	1.33	1.24	1.17	1.12	0.95	1.32	1.36
Gas de rápida recuperación	0.69	0.43	0.32	0.26	0.08	0.65	0.79
Eléctrico de depósito	(0.17)	(0.74)	(1.18)	(1.45)	(2.45)	(0.15)	0.05
Eléctrico de paso	0.37	(0.13)	(0.56)	(0.87)	(1.81)	0.33	0.58
Gas de depósito, más solar	0.61	0.54	0.49	0.46	0.36	0.62	0.65
Gas instantáneo sin piloto, más solar	0.68	0.53	0.50	0.50	0.47	0.64	0.72
Gas instantáneo de flujo variable, más solar	1.38	1.37	1.36	1.35	1.30	1.38	1.39
Gas de rápida recuperación, más solar	0.72	0.52	0.47	0.45	0.41	0.68	0.79
Eléctrico de depósito, más solar	(0.03)	(0.42)	(0.70)	(0.86)	(1.55)	0.00	0.11
Eléctrico de paso, más solar	0.51	0.19	(0.08)	(0.27)	(0.91)	0.48	0.64

Fuente: Estimaciones de los autores.

Por lo mismo, los valores que se obtienen indican que, desde la perspectiva del usuario, el cambio a una tecnología con mayor eficiencia, más que el cambio más frecuente de equipos (de 10 a 8 años), tiene un efecto mayor en la economía del calentamiento de agua.

De esta manera y dado que los valores que se obtienen para cambio de equipos cada 8 años no son ni mejores para la mayor combinación de tecnología y región, ni significativamente superiores en los casos en los que son positivos respecto del cambio cada 10 años, esta opción (la de cambio cada 8 años) ya no se considera en los escenarios que se presentan en el capítulo siguiente.

³³ Considerando un período de 40 años.

9. Escenarios de programa e impactos esperados

Con base en los resultados obtenidos en los análisis por tecnología y por región, y por reducción de consumos de energía y por economía de los usuarios, se analizan ahora, desde una perspectiva agregada de un programa, los impactos globales de cambio de equipos de calentamiento de agua.

El análisis se lleva a cabo para un programa de cambio de 1,000,000 calentadores en un año y que operan durante 20 años con la misma tecnología durante este plazo.

Además de un escenario base (en el que los usuarios siguen usando calentador de depósito), se consideran cuatro escenarios con base en los resultados obtenidos arriba en cuanto a mayor ahorro de energía y/o mejor valor presente neto desde la perspectiva de usuario.

9.1. Escenarios

Los escenarios se establecen en función de los resultados obtenidos en el análisis de ahorro de energía y de valor presente neto para ciclos de cambio de equipo para cada 10 años y en donde se identifican las tecnologías que tienen mayor impacto en la perspectiva individual de los usuarios.

Por lo mismo, en términos de ahorro de energía se consideran para los escenarios a las siguientes tecnologías:

- Gas instantáneo de flujo variable
- Gas instantáneo de flujo variable + Solar
- Gas instantáneo sin piloto
- Gas instantáneo sin piloto + Solar

Asimismo, en términos de VPN se consideran para los escenarios a las siguientes tecnologías:

- Gas instantáneo sin piloto
- Gas instantáneo de flujo variable
- Gas instantáneo de flujo variable + Solar
- Eléctrico de paso (solo Región 7)

Los escenarios consideran una variedad de estos equipos en porcentajes de 100% para cada una de las regiones (en función de los resultados obtenidos para las tecnologías en las siete regiones consideradas).

9.1.1. Línea base

La línea base es lo que resulta de que los usuarios sigan comprando calentadores de depósito.

9.1.2. Mayor ahorro de energía por usuario 1.

En este escenario se considera que para las siete regiones 100% de los calentadores nuevos con calentador solar son de tipo instantáneo de flujo variable, (Tabla 30).

Tabla 30. Cambios de equipos para mayor ahorro de energía por usuario 1.

Región	Tipo de calentador nuevo	%
1	Gas instantáneo de flujo variable + Solar	100%
2	Gas instantáneo de flujo variable + Solar	100%
3	Gas instantáneo de flujo variable + Solar	100%
4	Gas instantáneo de flujo variable + Solar	100%
5	Gas instantáneo de flujo variable + Solar	100%
6	Gas instantáneo de flujo variable + Solar	100%
7	Gas instantáneo de flujo variable + Solar	100%

9.1.3. Mayor ahorro de energía 2.

En este escenario se considera que para las siete regiones, el 50% de los calentadores nuevos sin calentador solar son de tipo instantáneo sin piloto y los que tienen calentador solar son también instantáneos sin piloto (Tabla 31).

Tabla 31. Cambios de equipos para mayor ahorro de energía 2.

Región	Tipo de calentador nuevo	%
1	Gas instantáneo de flujo variable	100%
2	Gas instantáneo de flujo variable	100%
3	Gas instantáneo de flujo variable	100%
4	Gas instantáneo de flujo variable	100%
5	Gas instantáneo de flujo variable	100%
6	Gas instantáneo de flujo variable	100%
7	Gas instantáneo de flujo variable	100%

9.1.4. Mayor economía al usuario 1.

En este escenario se consideran los calentadores que tienen mejor rentabilidad y se considera que para todas las regiones el 100% de los calentadores que se instalan son de gas instantáneos sin piloto (Tabla 32).

Tabla 32. Cambios de equipos para mayor economía al usuario 1.

Región	Tipo de calentador nuevo	%
1	Gas instantáneo sin piloto	100%
2	Gas instantáneo sin piloto	100%
3	Gas instantáneo sin piloto	100%
4	Gas instantáneo sin piloto	100%
5	Gas instantáneo sin piloto	100%
6	Gas instantáneo sin piloto	100%
7	Gas instantáneo sin piloto	100%

9.2. Costos unitarios de mitigación

Como se anota arriba, las tecnologías consideradas son las siguientes:

- Gas instantáneo de flujo variable + Solar
- Gas instantáneo de flujo variable
- Gas instantáneo sin piloto

Los costos unitarios se establecen comparando costos de inversión (anualizados y de operación de las alternativas) y las emisiones anuales de las alternativas señaladas respecto de la más común (de gas de depósito) (ver Anexo 6 para metodología).

De esta manera los valores de las alternativas anotadas arriba se comparan respecto de las correspondientes a las del calentador de gas con depósito, las cuales se anotan en la Tabla 33.

Tabla 33. Valores considerados para calentador de gas de depósito.

Región	Consumo (kWh/año)	Inversión (Pesos)
1	1,882	\$3,580
2	2,293	\$3,580
3	2,612	\$3,580
4	2,813	\$3,580
5	3,532	\$3,580
6	1,866	\$3,580
7	1,720	\$3,580

Asimismo, como variables para el análisis del costo unitario de mitigación se consideraron los valores que se anotan en la Tabla 34 (además de los valores obtenidos de las tablas 20, 25 y 26).

Tabla 34. Variables consideradas para el costo unitario de mitigación.

Concepto	Valor	Unidades
Factor emisión para gas LP³⁴	227	kgCO ₂ /MWh _t
Factor de emisión para electricidad³⁵	0.60	kgCO ₂ /kWh
Precio del gas³⁶	14.46	\$/kg
Precio de la electricidad³⁷	1.44	\$/kWh

De esta manera se obtienen los valores que se muestran en la Tabla 35.

³⁴ Fuente: IPCC

³⁵ Fuente: ENTE

³⁶ Promedio nacional para junio de 2011 SENER. (2011). "PRECIOS PUBLICADOS EN EL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN." Retrieved 1 de Agosto, 2011, from <http://www.energia.gob.mx/res/91/Precio.xls>.

³⁷ Fuente: www.cfe.gob.mx

Tabla 35. Costos unitarios de mitigación de alternativas a calentador de gas de depósito.

Equipo alternativo	Región	Costo anual (pesos)		Emisiones anuales (kg)		\$/tCO ₂
		Gas de depósito	Alternativa	Gas de depósito	Alternativa	
Gas instantáneo sin piloto	1	\$2,073	\$444	430	92	-4.99
	2	\$2,526	\$1,165	524	242	-5.02
	3	\$2,877	\$1,520	597	315	-5.02
	4	\$3,097	\$1,716	642	356	-5.02
	5	\$3,889	\$2,278	806	472	-4.99
	6	\$2,055	\$565	426	117	-5.01
	7	\$1,894	\$189	393	39	-4.98
Gas instantáneo de flujo variable	1	\$2,073	\$269	430	56	-3.11
	2	\$2,526	\$627	524	130	-3.19
	3	\$2,877	\$936	597	194	-3.23
	4	\$3,097	\$1,161	642	241	-3.22
	5	\$3,889	\$1,840	806	381	-3.31
	6	\$2,055	\$297	426	62	-3.06
	7	\$1,894	\$116	393	24	-3.08
Gas instantáneo de flujo variable + Solar	1	\$2,073	\$43	430	9	1.59
	2	\$2,526	\$100	524	21	0.54
	3	\$2,877	\$150	597	31	-0.05
	4	\$3,097	\$186	642	39	-0.35
	5	\$3,889	\$374	806	78	-1.12
	6	\$2,055	\$48	426	10	1.66
	7	\$1,894	\$18	393	4	2.11

Como se puede observar, las alternativas tienen costos negativos de mitigación para casi todas las regiones y en rangos que van desde 2.11 \$/tCO₂ para gas instantáneo de flujo variable en región 6 hasta -5.02 \$/tCO₂ para gas instantáneo sin piloto.

9.3. Resultados de los escenarios

Como se refirió arriba, los resultados se presentan para un programa de cambio de 1,000,000 de calentadores en un solo año, y los impactos se calculan para un ciclo de 20 años.

Los resultados globales por escenario se presentan en la Tabla 36. Como se puede observar, los alternativos al escenario base implican una mayor inversión por parte de los usuarios, pero tienen también un menor consumo de energía y emisiones de gases de efecto invernadero resultantes.

Tabla 36. Resultados globales por escenario.

Escenario	Inversión de los usuarios (VPN a 20 años) (Millones \$)	Total (GWh _t)	En gas LP (Millones de kg gas LP)	Emisiones de CO ₂ (tCO ₂)
BASE	5,443	61,505	4,684	1,069,667
Ahorro de energía 1	20,427	4,557	347	79,252
Ahorro de energía 2	9,427	24,254	1,847	421,822
Economía del usuario 1	5,094	34,567	2,633	601,177

*A precios de 2015.

El escenario que implica la mayor inversión es Ahorro de energía 1 y el de menor inversión es Economía de usuario 2.

A su vez, el menor consumo se da en los escenarios Ahorro de energía 1 y Economía del usuario 1, lo cual se replica en cuanto a emisiones de gases de efecto invernadero.

Las diferencias respecto al Escenario Base se muestran en la Tabla 37 y son reflejo de lo anotado arriba (mayor inversión en Ahorro de energía 1 y menor inversión en Economía de usuario 2, y menor consumo en los escenarios Ahorro de energía 1 y Economía del usuario 1).

Tabla 37. Diferencias de valores globales respecto de Escenario Base.

Escenario	Inversión de los usuarios (VPN a 20 años) (Millones \$)	Total (GWh _t)	En gas LP (Millones de kg gas LP)	En electricidad (GWh)	Emisiones de CO ₂ (t CO ₂)
BASE	-	-	-	-	-
Ahorro de energía 1	14,984	56,948	4,337	-	990,415
Ahorro de energía 2	3,984	37,250	2,837	-	647,845
Economía del usuario 1	-350	26,938	2,052	-	468,490

*A precios de 2015.

Si bien en algunos momentos han existido subsidios al gas LP, en la actualidad el precio de referencia internacional está por debajo que el precio de venta de primera mano, por lo que se puede suponer que no existe subsidio. De continuar esta tendencia, los subsidios a gas LP no son relevantes para ser considerados, sin embargo si la tendencia cambiara y volviera a existir un subsidio a este combustible, el cambio de calentadores de gas eficientes, no solo reduciría los costos de las viviendas que lo implementen, sino también se evitarían subsidios. Por poner un ejemplo, si hubiera un subsidio de 30% y el precio de gas LP fuera de 14.46 pesos por kg³⁸, el valor del subsidio evitado por el ahorro de energía de los usuarios sería mayor a la inversión adicional de los usuarios en tres de los escenarios considerados (Tabla 38).

³⁸ Este es un valor que varía de acuerdo a los precios internacionales del mercado y fue calculado con datos de www.sener.gob.mx

Tabla 38. Inversión vs. subsidio evitado.

Escenario	Inversión de los usuarios (VPN a 20 años) (Millones \$)	Valor del subsidio evitado en 20 años (Millones de pesos)
Ahorro de energía 1	14,984	21,733
Ahorro de energía 2	3,984	14,216
Economía del usuario 1	- 350	10,280

Finalmente, una comparación entre escenarios para cada uno de los tres escenarios nos muestra que el escenario que menos inversión requiere respecto del ahorro obtenido y de las emisiones reducidas, es el de Economía del usuario 1 (Tabla 39).

Tabla 39. Indicadores para escenarios.

Escenario	Inversión/Ahorro de energía (\$/kWh)	Ahorro/Inversión	Inversión/Reducción de emisiones (k\$/Ton)
Ahorro de energía 1	0.263	\$4.2	0.015
Ahorro de energía 2	0.107	\$10.3	0.006
Economía del usuario 1	-0.013	\$(84.8)	-0.001

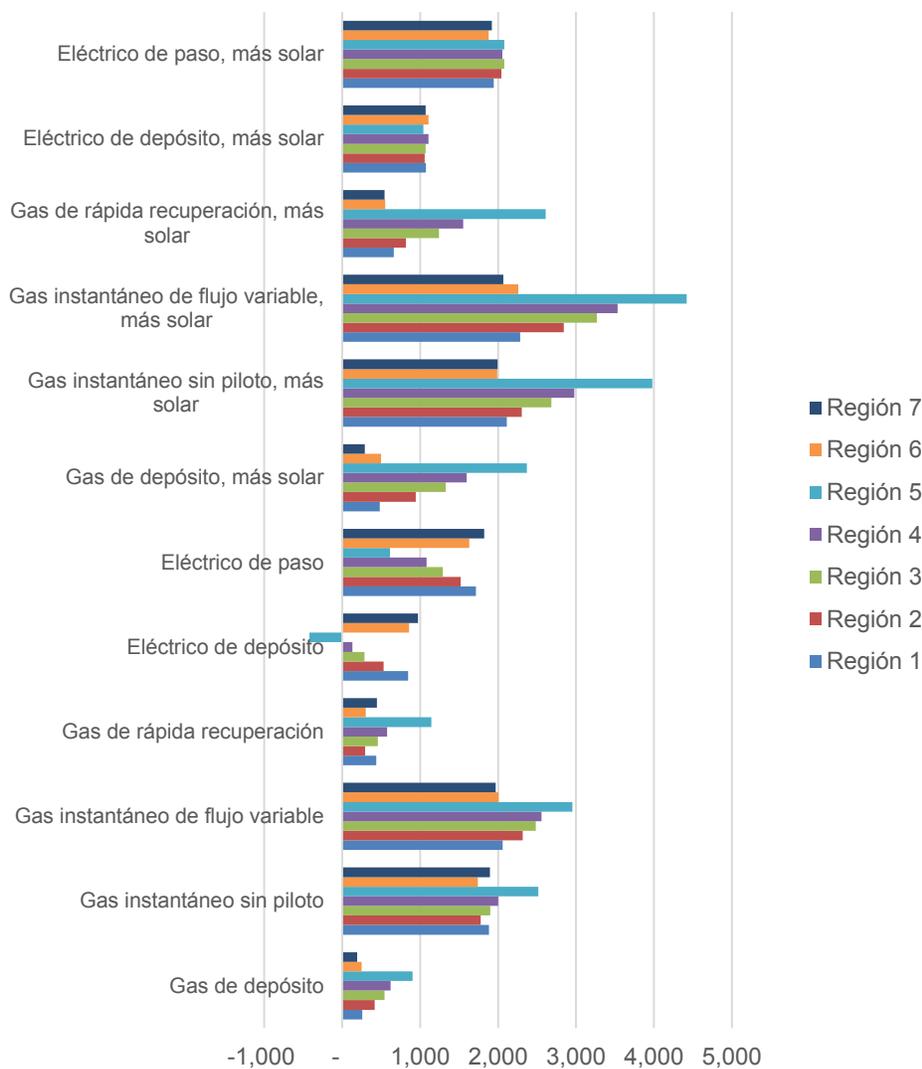
Por lo anterior, se recomienda, en su caso, un programa en el que, para las regiones 4 y 5 el 100% de los calentadores sean cambiados a de gas instantáneos de flujo variable más solar o por calentadores de gas instantáneos sin piloto.

Igualmente, se recomienda considerar el uso de una fracción de los recursos que se evitan por gasto en subsidios para apoyar al programa.

9.4. Ahorros anuales y retorno simple de la inversión para los usuarios

Desde la perspectiva de los usuarios, los que representan mayores ahorros anuales son los equipos de gas instantáneo (con y sin piloto y de flujo variable) con equipo solar, mientras que los que usan electricidad representan, para la mayoría de los casos, gastos mayores a la alternativa base (Figura 11).

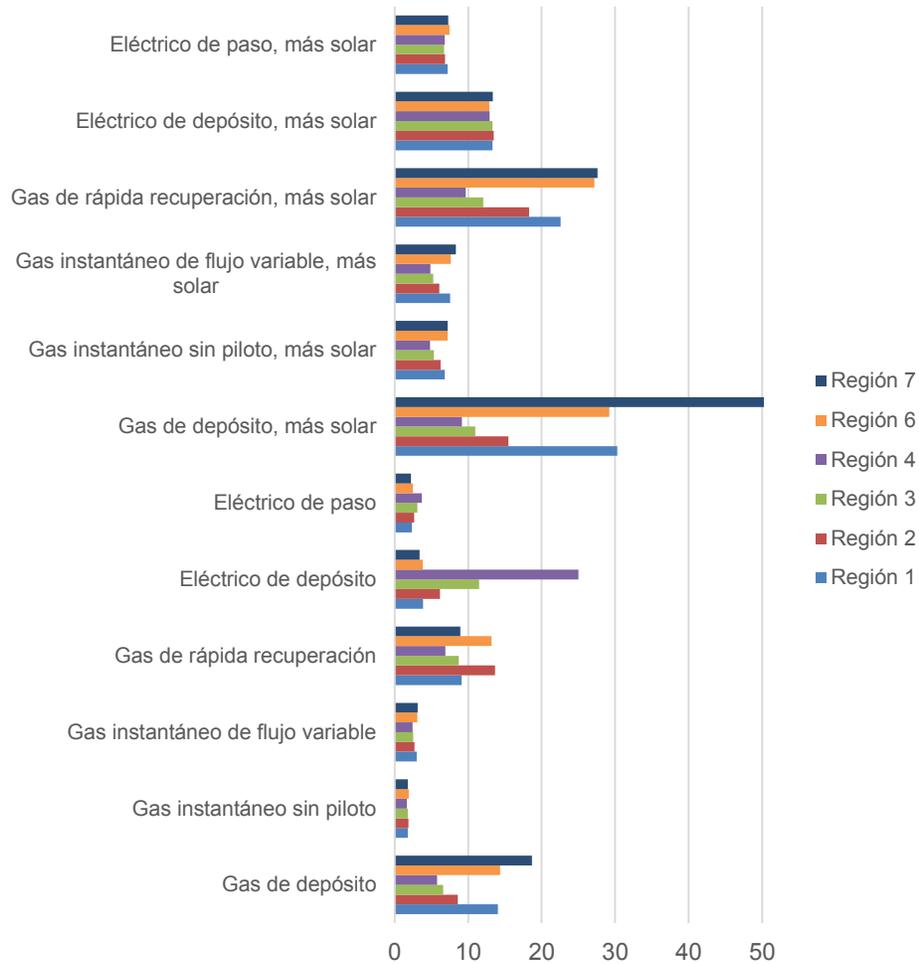
Figura 11. Ahorros anuales por usuario
(por tipo de tecnología y región).



Fuente: Estimaciones de los autores.

A su vez, en términos de período simple de recuperación de la inversión para los usuarios, las opciones que tienen los plazos más cortos (menores a cinco años) son las de los equipos de gas instantáneo sin piloto y de flujo variable, mientras que los que integran la opción solar tienen plazos mayores a 10 años, excepto los que se basan en gas instantáneo sin piloto y de flujo variable y el eléctrico de paso (para regiones de bajo consumo) (Figura 12).

Figura 12. Período simple de recuperación de la inversión
(en años y por tipo de tecnología y región).



Fuente: Estimaciones de los autores.

10. Conclusiones y recomendaciones para el diseño de un programa nacional

10.1. Conclusiones

A continuación se presentan las diversas conclusiones del estudio.

10.1.1. Sobre el consumo de gas

En México, el promedio nacional de consumo de gas por hogar en 2009 fue de 265 kg/año con variaciones de 185 kg en el Noreste hasta 325 kg/año en la Centro. Esta variación regional hace evidente el impacto del clima en el consumo de gas - en particular para calentamiento de agua - en la medida en la que las regiones centro y Centro-Occidente tienen climas más templados durante la mayor parte del año que el resto del país.

Por su parte, la Encuesta Ingreso y Gasto de los Hogares 2014 (ENIGH-2014) señala que sólo el 60% de los hogares hacía un desembolso para la compra de gas (ya sea Gas Licuado de Petróleo –GLP– ó Gas Natural –GN–) con un gasto promedio por hogar \$3,230.7, representando el 64% de su gasto total en energéticos. También, los datos de la ENIGH-2014 permiten establecer valores promedio de consumo de gas LP para cada decil, con valores que van de 0.34 a 1.6 kg por día.

A su vez, se estima que el 46% del consumo de gas son usados para la cocción de alimentos, mientras que del 54% del consumo corresponde al calentamiento de agua.

A su vez, y según el ENGASTO 2013, el 48.5% de los hogares cuenta con calentador de agua

10.1.2. Sobre la tecnología para el calentamiento de agua

Los calentadores de agua que utilizan gas son los de uso más común en el país, debido a sus costos accesibles, la facilidad de encontrarlos y que el combustible (gas LP o natural) tiene una distribución en casi todo el territorio nacional. De estos tres, el de almacenamiento o depósito es, a su vez, el más común.

En cuanto a los factores que determinan el consumo de energía para calentamiento de agua y para los propósitos del presente estudio, la definición de eficiencia energética tiene dos alcances: la que establece las Norma Oficial Mexicana (y que está limitada por el período de la prueba, que es de unas horas), que se puede denominar como de “corto plazo”; y el que corresponde a un ciclo anual que depende de la forma de operación de los equipos, que se podría considerar de “largo plazo”.

En este sentido, en el largo plazo los aspectos que determinan la eficiencia energética del calentador de gas son:

- Antigüedad
- Sobredimensionamiento
- Modos de operación
- Clima

10.1.3. Sobre las costumbres de recambio de equipo

De acuerdo a los resultados de las entrevistas realizadas el cambio de calentadores en un hogar ocurre, la gran mayoría de las veces, porque el equipo ya no sirve, ya sea porque deja de funcionar o porque no da las condiciones de temperatura esperadas.

Igualmente, el resultado de las entrevistas señala el cambio de calentador ocurre en períodos diversos y puede ocurrir en plazos de pocos años cuando la dureza del agua obliga a hacerlo. En particular, el ponderado de los períodos señalados por los entrevistados fue de 8.3 años. Sin embargo, se tuvo la opinión de uno de los más importantes expertos en el tema quien refirió a 13 años como período de cambio. Por lo mismo y para propósitos del análisis se consideró un valor intermedio de 10 años.

10.1.4. Sobre los aspectos económicos que influyen en el potencial de recambio

Son tres los aspectos económicos que determinan la rentabilidad del cambio de equipo: (1) costo de los equipos, (2) precios de los combustibles y (3) tasas de interés.

- **Costo de los equipos.** En la actualidad se pueden encontrar calentadores de agua de almacenamiento, de rápida recuperación o instantáneos, con precios que van desde \$2,000 hasta más de \$6,000. El precio promedio de la mayoría de los calentadores de agua se encuentra entre los \$2,000 y \$4,000. Igualmente y de acuerdo a las entrevistas realizadas, el costo de la instalación es variable y se manejan valores que van desde los 250 pesos hasta el 30% del costo, lo cual depende de quien hace la instalación y el tipo de equipo que se instala.
- **Precios de los combustibles.** Para el presente análisis se considera el precio promedio nacional del gas LP a Junio de 2015, que es de 14.46 \$/kg, y un precio promedio de la electricidad de 1.44 \$/kWh.
- **Tasas de interés.** Las tasas de interés para préstamos hipotecarios se encuentran actualmente, en promedio, en 12% mensual. Este es el valor que se utiliza como tasa de descuento para los análisis económicos.

10.1.5. Comparación de tecnologías desde la perspectiva de los usuarios

Se llevó a cabo una comparación de las tecnologías por región desde la perspectiva de los usuarios, es decir, a los precios a los que están sujetos en la compra y en el pago de los energéticos utilizados.

Para esto, primero se utilizó un algoritmo que sirvió para tener consumos por estado y que se basa en tres hipótesis relativas al uso de agua caliente en México en función de las características del clima:

- Que, en zonas templadas, la población se baña todos los días utilizando gas, y sólo una fracción lo hace con otros combustibles o con menor frecuencia por sus condiciones económicas.
- Que, en zonas cálidas y todo el año, la gran mayoría de la población no calienta el agua para baño. En este caso, se supone que sólo los hogares de mayores ingresos lo hacen.
- Que en zonas cálidas en verano y frías en invierno (como ocurre en buena parte del norte de México), la gran mayoría tiene calentador, aunque su uso se suspende en los meses de calor.

Con estos resultados se utilizó un segundo algoritmo que considera aspectos particulares de las tecnologías en cuanto a sus patrones de consumo de energía, lo cual sirvió para llevar a cabo un análisis de consumo anual para catorce tecnologías:

- Gas de depósito (considerado como el más común y, por lo tanto, como tecnología de referencia).
- Gas instantáneo sin piloto.
- Gas instantáneo de flujo variable.
- Gas de rápida recuperación.
- Eléctrico de depósito.
- Eléctrico de paso.
- Gas de depósito, más solar.
- Gas instantáneo sin piloto, más solar.
- Gas instantáneo de flujo variable, más solar.
- Gas de rápida recuperación, más solar.
- Eléctrico de depósito, más solar.
- Eléctrico de paso, más solar.

Como resultado de este segundo proceso se obtuvieron valores de consumo de energía para equipos nuevos y tasas de aumento de ese consumo por pérdida de eficiencia para todas las tecnologías y regiones. Con estos valores se calcularon, para cada combinación de tecnología y región, los consumos para 40 años (esto en razón de que se lleva a cabo una comparación de plazos de recambio de 8 y 10 años).³⁹

Con los valores de consumo se hizo una primera comparación respecto de la tecnología de referencia (de gas de depósito) y se obtuvieron valores que establecen ahorros (o mayores consumos) relativos considerando plazos de recambio de equipos de 8 y 10 años.

Como resultado, se obtienen resultados positivos (de ahorro) en todas las tecnologías para las regiones 1 y 7. A su vez, los mayores ahorros se presentan para los equipos de gas instantáneo con piloto y de flujo variable (sin y con calentador solar), siendo que los ahorros para los primeros se dan en las regiones menos cálidas (y de mayor consumo de agua caliente).

Por su parte, al modificar el ciclo de cambio de equipos de 10 a 8 años, existe un mayor ahorro de energía en todas las tecnologías, y los mayores ahorros se dan para los calentadores eléctricos, en particular en zonas templadas (son altos porque se trata de equipos con altos consumos).

Como siguiente paso se calculó el valor presente neto de las tecnologías por región. El análisis se llevó a cabo para ciclos de cambio de equipos de 10 a 8 años y teniendo como referencia a la tecnología de gas con depósito.

La comparación para cambios cada diez años entre tecnologías respecto a la de referencia (gas de depósito) da como resultado que las tecnologías que son más económicas respecto de la de gas de depósito son las de gas instantáneo sin piloto y de flujo variable (para todas las regiones); el calentador eléctrico de paso tiene valores positivos para las regiones 6 y 7; y, si se incluye calentador solar, en las regiones 3, 4 y 5, las tecnologías que son más económicas que las de referencia son las de gas instantáneo sin piloto y de flujo variable.

³⁹ Se consideran plazos de 40 años, porque es el mínimo común múltiplo de los dos plazos considerados para cambio de calentadores.

Por su parte la comparación para cambios cada ocho años entre tecnologías respecto a la de referencia (gas de depósito), da resultados muy similares a los del análisis para cambios cada diez.

Finalmente, la comparación del valor presente neto para las tecnologías en los dos ciclos de cambio considerados (8 y 10 años) presenta resultados similares en cuanto a tecnologías, aunque son menos favorables en general. Por lo mismo, los valores que se obtienen indican que tiene un efecto mayor en la economía del calentamiento de agua, desde la perspectiva del usuario, el cambio de tecnología, más que el cambio más frecuente de la misma tecnología.

Por lo mismo en el análisis de escenarios de recambios se realiza solamente para cambio de equipo cada 10 años.

10.1.6. Evaluación de escenarios de un programa de recambio

El análisis se llevó a cabo para un programa de cambio de 1,000,000 de calentadores en un año y que operan durante 20 años con la misma tecnología durante este plazo.

Además del escenario base (en el que los usuarios siguen cambiando su calentador de depósito cada 10 años) se consideran cuatro escenarios con base en los resultados obtenidos en cuanto a mayor ahorro de energía y/o mejor valor presente neto desde la perspectiva de usuario. Para cada escenario se considera una fracción de la mejor alternativa sin calentador y otra con calentador solar. Los equipos nuevos se distribuyen proporcionalmente al tamaño de los mercados de cada región.

Desde una perspectiva de costo unitario de mitigación, las alternativas de gas instantáneo sin piloto y de flujo variable tienen costos negativos de mitigación para todas las regiones, al igual que eléctrico de paso para la región 7. Asimismo, la alternativa de gas instantáneo sin piloto con calentador solar tiene costo negativo solo para la región 5, mientras que el de gas instantáneo de flujo variable y con calentador solar tiene valores negativos para las regiones 4 y 5.

A su vez, se tiene que los escenarios alternativos implican una mayor inversión de los usuarios, pero tienen también un menor consumo de energía y emisiones de gases de efecto invernadero resultantes.

Por lo anterior, se recomienda, en su caso, un programa en el que, para las regiones 1, 6 y 7 el 100% de los calentadores sean cambiados a de gas instantáneos y sin piloto; para las regiones 2, 3, 4 y 5 el 50% los calentadores nuevos sean de tipo instantáneo de flujo variable, y el otro 50% sean también instantáneos de flujo variable y calentador solar.

Dado que en México existen subsidios a la energía, los ahorros que se obtienen son importantes con relación a la inversión que se requiere ya que el valor del subsidio evitado llega a ser mayor a la inversión adicional de los usuarios en tres de los escenarios considerados.

Por lo mismo, se recomienda considerar el uso de una fracción de los recursos que se evitan por gasto en subsidios para apoyar al programa.

10.2. Recomendaciones

En función de los análisis llevados a cabo en el presente estudio, se hacen las siguientes recomendaciones:

- Dado que los análisis muestran que el cambio de tecnología de gas de depósito a gas instantáneo sin piloto y/o de flujo variable conviene económicamente a los usuarios, se recomienda considerar llevara a cabo un programa de recambio.

- El programa estaría orientado a todos los usuarios que van a cambiar su calentador por haberse cumplido su vida útil. Se estima que el universo de estos usuarios es de cerca de 1.3 millones.
- El programa de recambio debe estar orientado, para las regiones 3, 4 y 5, a que los usuarios cambien de gas de depósito a de gas instantáneos de flujo variable y sin piloto y considerar también el calentador solar.
- En particular, y dado que las entrevistas llevadas a cabo identificaron resistencia al cambio tecnológico y cierto nivel de desconfianza a las acciones del gobierno, el programa debe considerar, obligadamente, los siguientes elementos:
 - Normas técnicas que aseguren la calidad y el desempeño de todos los equipos ofrecidos en el programa.
 - Un programa de capacitación a los vendedores para que puedan transmitir las ventajas a los compradores en términos que les sean comprensibles a una variedad de usuarios (las entrevistas señalan que las amas de casa son quienes, en el mayor número de casos, toman la decisión de compra).
 - Un programa de capacitación y certificación de plomeros que asegure y dé confianza en la instalación.
 - Una campaña de información sobre los beneficios económicos y ambientales del cambio tecnológico.
 - El menor número de trámites para participar.
- Para tener un conocimiento más preciso de las condiciones de los equipos actualmente en operación, realizar un estudio de campo que permita conocer, con mayor certidumbre, las características de los equipos actualmente instalados, sus condiciones de operación y los patrones de su uso.
- Igualmente, y dado que los ahorros de energía tendrán un impacto significativo en la reducción de los montos que actualmente se gastan como subsidios al gas, se recomienda considerar un escenario en que una fracción de estos subsidios sean dirigidos al funcionamiento del programa y a algún tipo de apoyo económico a compradores. En este sentido se identifican dos posibles costos a cubrir:
 - Subsidio a la instalación y a un seguro de mantenimiento.
 - Recuperación de los equipos usados.
- Finalmente, se sugiere aprovechar a las cadenas actuales de comercialización (tiendas especializadas y empresas de gas natural) para la implantación y operación del programa.

Anexo 1: Herramienta para simular consumo de gas y electricidad en calentadores de agua

Patrón de uso de agua caliente

Uso de agua caliente (horario, semanal)

Con la herramienta se evalúan los consumos horarios, semanales, mensuales y anuales, de acuerdo con un patrón establecido. Se han definido tres patrones de uso de agua caliente, con la opción de modificarlos independientemente, los cuales transforman el resto de los cálculos, sin tener que realizar operaciones manuales.

Los patrones establecidos son: mayor consumo por las mañanas, mayor consumo por las tardes y consumo constante a lo largo del día.

Días de consumo

Se puede tener días o periodos sin consumo de agua caliente (ej.: vacaciones).

Factores climatológicos

Se usan las regiones que establece CONAVI.

Región	Estados
1	Tamaulipas
2	Baja California Sur, Coahuila, Chihuahua, Durango, Nuevo León y Sonora
3	Baja California
4	Aguascalientes, Guanajuato, Jalisco, Querétaro, San Luis Potosí y Zacatecas
5	Distrito Federal, Hidalgo, Estado de México, Michoacán, Puebla y Tlaxcala
6	Colima, Chiapas, Guerrero, Morelos, Oaxaca, Sinaloa, Veracruz y Yucatán
7	Campeche, Nayarit, Quintana Roo y Tabasco

Los datos de las temperaturas son promedios.

Tecnologías a evaluar

- Gas de depósito (40 l)
- Gas de depósito (70 l)
- Gas de depósito (100 l)
- Gas de paso (6 l/min)
- Gas de paso (10 l/min)

- Gas de paso (15 l/min)
- Gas de Rápida Recuperación* (6 l/min)
- Gas de Rápida Recuperación* (10 l/min)
- Gas de Rápida Recuperación* (15 l/min)
- Eléctrico de depósito (40 l)
- Eléctrico de depósito (70 l)
- Eléctrico de depósito (100 l)
- Eléctrico de paso (6 l/min)
- Eléctrico de paso (10 l/min)
- Eléctrico de paso (15 l/min)

Evaluación de los calentadores

La herramienta permite simular el comportamiento energético de un calentador a la vez, de acuerdo con la tecnología, tamaño, volumen de agua, patrón de consumo y la región dada.

Variables

- Relativas a la agua de entrada
 - Volumen (l, dado por el patrón de consumo)
 - Temperatura t1 (°C, variable por región)
- Aporte de energía
 - Gas LP (kg, J o kWh)
 - Gas natural (m³, J o kWh)
 - Electricidad (kWh)

Los cálculos se realizan en kWh y se consideran las siguientes equivalencias:

Energético	Unidad	kWh
Electricidad	kWh	1.00
Gas LP	kg	13.75
Gas natural	m ³	10.43

- Relativas al agua caliente (a la salida)
 - Volumen (l, igual al de agua fría)
 - Temperatura t2 (°C, lo que determina la NOM-003-ENER-2000)
- Eficiencia (% , de acuerdo con la NOM-003-ENER-2000 y como función del tiempo)
- Calor perdido (depende de la eficiencia).

Eficiencia térmica de un calentador evaluado en un periodo de tiempo n

Es la relación existente entre el calor absorbido por el agua y el calor liberado por el combustible, expresado en por ciento y evaluado en un periodo de tiempo definido (n).

Los cálculos para este estudio se han definido en periodos de un año de uso:

$$Ef = \frac{Qa}{QcEf} = \frac{Qa}{Qc}$$

En donde:

Q_a = calor absorbido por el agua

Q_c = calor liberado por el combustible

Calor absorbido por el agua (Q_a)

El calor absorbido por el agua se puede definir como el liberado por un combustible, multiplicado por la eficiencia del calentador. O bien, en términos de energía como:

$$Q_a = m * C_p * (T_2 - T_1)$$

En donde:

m = masa del agua (kg)

C_p = Calor específico del agua (4186 J/kg°C (1.1627 Wh/kg°C))

T_2 = temperatura final del agua

T_1 = temperatura inicial del agua

Energía requerida para calentar agua en los diferentes tipos de calentadores

Si bien la energía teórica que se requiere para calentar cierto volumen o masa de agua es la misma (para fines prácticos, 1 litro = 1 kg de agua), ésta se ve afectada por la eficiencia del calentador y por la forma en que opera a lo largo del tiempo.

A continuación se describen los requerimientos energéticos para calentar agua, según los tipos de calentadores:

- Calentadores de gas de depósito

El consumo energético de un calentador de depósito a lo largo del tiempo se define de la siguiente manera:

$$Q_c = \text{Energía del "Piloto"} (Q_{cp}) + (\text{Energía por mantener un volumen de agua caliente } (Q_{cm}) + \text{Energía por calentar el agua de consumo } (Q_{cc})) / E_{f1}$$

$$\text{La eficiencia en un periodo } n = \sum Q_a / \sum (Q_{cp} + (Q_{cm} + Q_{cc})/E_{f1})$$

Los calentadores de depósito están diseñados para poder apagar el "piloto", lo cual implica que cada vez que se desee calentar agua, la cantidad de energía requerida será:

$$Q_c = \text{Energía por calentar el volumen de agua depósito } (Q_{cm}) + \text{Energía por calentar el agua de consumo } (Q_{cc})$$

- Calentadores de gas instantáneos

El consumo energético, en el caso de los calentadores instantáneos, depende únicamente del flujo de agua interno. Se activa por una diferencia de presiones. El consumo energético se expresa de la siguiente manera:

$$Q_c = \text{Energía para calentar cierto flujo de agua } (Q_{cf}) / E_{f1}$$

$$\text{La eficiencia en un periodo } n = \sum Q_a / \sum (Q_{cf} / E_{f1})$$

- Calentador de rápida recuperación

El calentador de rápida recuperación tiene un volumen “mínimo” de agua por mantener caliente y se comporta como el calentador de depósito.

- Calentador eléctrico de depósito

Este tipo de calentadores no requiere un “piloto”, su funcionamiento es similar al calentador de gas de depósito. Su consumo energético se define de la siguiente manera:

$Q_c = (\text{Energía por mantener un volumen de agua caliente } (Q_{cm}) + \text{Energía por calentar el agua de consumo } (Q_{cc})) / E_{f1}$

La eficiencia en un periodo $n = \sum Q_a / \sum (Q_{cm} + Q_{cc}) / E_{f1}$

- Calentador eléctrico de paso

El consumo energético, en el caso de los calentadores eléctricos de paso, depende únicamente del flujo de agua. Se activa por una diferencia de presiones. El consumo energético se expresa de la siguiente manera:

$Q_c = \text{Energía para calentar cierto flujo de agua } (Q_{cf}) / E_{f1}$

La eficiencia en un periodo $n = \sum Q_a / \sum (Q_{cf} / E_{f1})$

Calentadores solares

El calentador solar aporta una cierta cantidad de energía (depende de su dimensionamiento). Esto se traduce en el cambio de la variable T1 (temperatura inicial del agua), sin afectar el comportamiento de los tipos de calentadores de gas o electricidad.

Lo que ocurre al incorporar un calentador solar, es que reduce la energía aportada por un calentador convencional, al ser menor (o igual a cero) la diferencia de temperatura inicial. Por consiguiente, la energía aportada por el combustible o energía eléctrica (¿?).

El aporte energético de un calentador solar depende de la radiación en la región.

Precios del gas

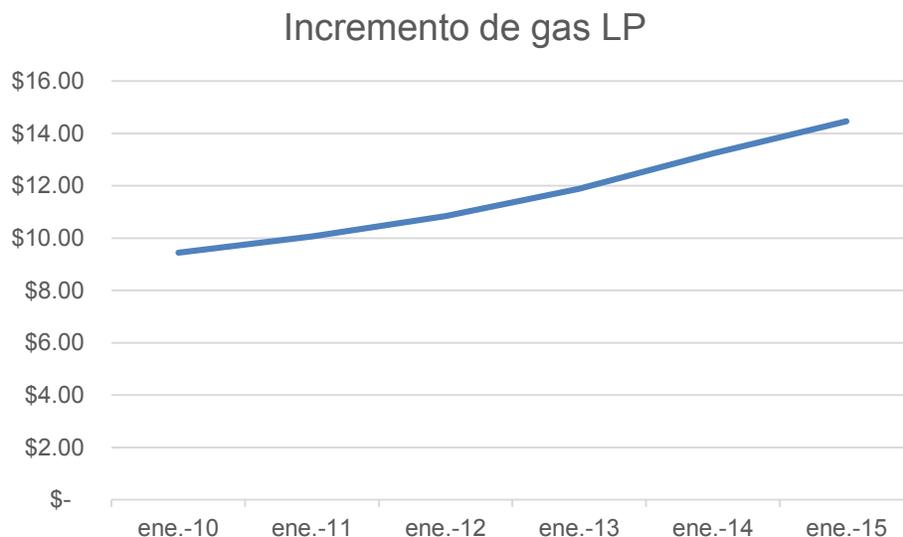
Los precios del combustible que se utiliza para calentar el agua es un factor fundamental en la economía del recambio, en la medida que el valor de su ahorro determina la rentabilidad de la adquisición de un equipo nuevo.

Gas LP

El precio del gas LP para uso doméstico en el país ha tenido varias adecuaciones como consecuencia de los elevados precios internacionales; de 2010 a 2015, aumentó 8.9% por año, esto es.

Durante 2010, los precios del gas LP se incrementaban mensualmente en 0.0516 pesos por kilogramo. En 2011, los aumentos mensuales fueron mayores: 7.63 %. El precio promedio nacional de este energético fue 9.68 \$/kg a enero de 2012. Durante el 2015, el precio se mantiene constante (SENER 2015).

Figura 14. Precios promedio a nivel nacional del gas licuado de petróleo (2005-2015).



Fuente: Elaboración propia con datos del Sistema de Información Energética de la Secretaría de Energía. <http://sie.energia.gob.mx/>

Subsidios

En México el gas LP es utilizado por 80% de los hogares del país como un insumo básico para la cocción de alimentos y el calentamiento de agua, por lo que es considerado un bien de primera necesidad (SENER 2015).

La política actual del Ejecutivo Federal sujeta mediante decretos el gas LP a precios máximos de venta de primera mano (VPM) y de venta a usuarios finales, por razones de interés público (control del índice inflacionario) y evitar aumentos desproporcionados en el precio al usuario final (impacto que tiene en el gasto de las familias mexicanas). El impacto económico que tienen este esquema en las finanzas públicas, entendido como costo de oportunidad que se puede estimar en función de los recursos económicos que dejaron de generarse por la actividad económica, así como también por los ingresos del estado que pudieron generar una rentabilidad socioeconómica en la producción de bienes y servicios públicos para incrementar el beneficio social.

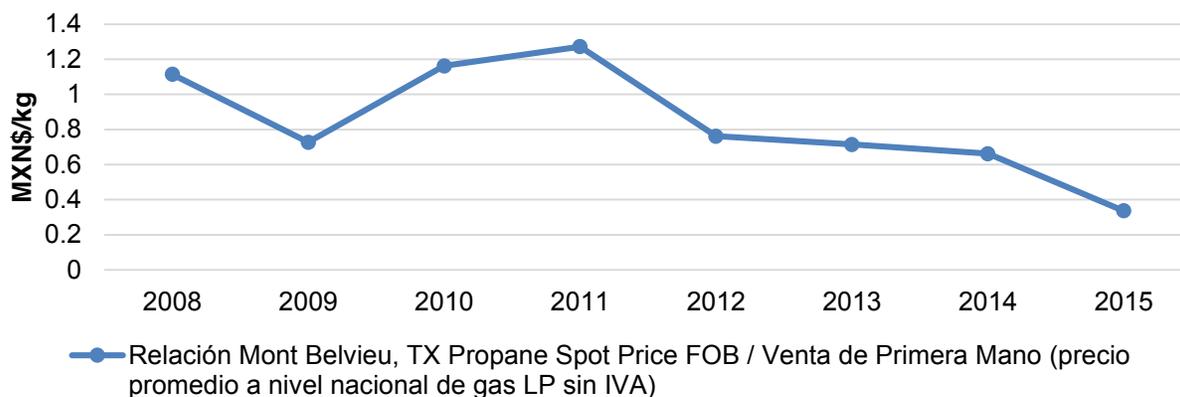
En el caso del gas LP, el costo de oportunidad se estima como el diferencial entre el precio de referencia internacional y el precio de Ventas de Primera Mano (VPM) del gas LP, corresponde a la primera enajenación de este producto que realice Petróleos Mexicanos (PEMEX) a un tercero para su comercialización; la racionalidad en la fijación del precio de VPM, y el cumplimiento de los objetivos de la política pública en esta materia. Por lo cual PEMEX calcula mensualmente el precio máximo del gas LP objeto de VPM con base en el precio de referencia internacional en Mont Belvieu y con los costos de internación, costos de transporte, tarifas de las plantas de suministro.

México no produce todos los energéticos que necesita, por lo que PEMEX Gas está obligado a importarlos del mercado internacional. En los últimos años se ha importado alrededor de 30% de gas LP para satisfacer la demanda nacional.

Los cambios en el mercado internacional de gas LP, han empujado en años anteriores al alza el precio del gas LP que se importa y produce, alta volatilidad, y más recientemente (desde finales de junio de 2014) a una drástica caída del precio de este combustible y del petróleo a nivel internacional.

En virtud de la incertidumbre en los mercados internacionales de energéticos, la tendencia a la baja de los precios del gas LP en el mercado internacional y la agudización del proceso recesivo mundial, hacen suponer que la actual política de fijación de precios máximos al usuario final sigue cumpliendo su función de proteger a las familias de incrementos desproporcionados (en caso de existir en el corto y mediano plazo), pero ya no representa una pérdida del costo de oportunidad o subsidios significativo para las finanzas públicas.

Figura 15. Relación del precio de referencia internacional (Mont Belvieu) vs Precio de Venta de Primera Mano (precio promedio a nivel nacional de gas LP sin IVA) en México.



Fuente: Propano precio spot FOB Mont Belvieu, Texas: THOMSON REUTERS/U.S. Energy Information Administration / Tipo de Cambio Nominal FIX 1 (para solventar obligaciones denominadas en moneda extranjera), Banco de México / Precio de Ventas de primera mano (VPM), precio promedio a nivel nacional (con IVA): Sistema de Información Energética, SENER.

Tasas de interés

Las tasas de interés a las que están sujetas los créditos al consumidor, son un aspecto muy importante, dado que una fracción importante de los equipos se obtiene haciendo uso del crédito.

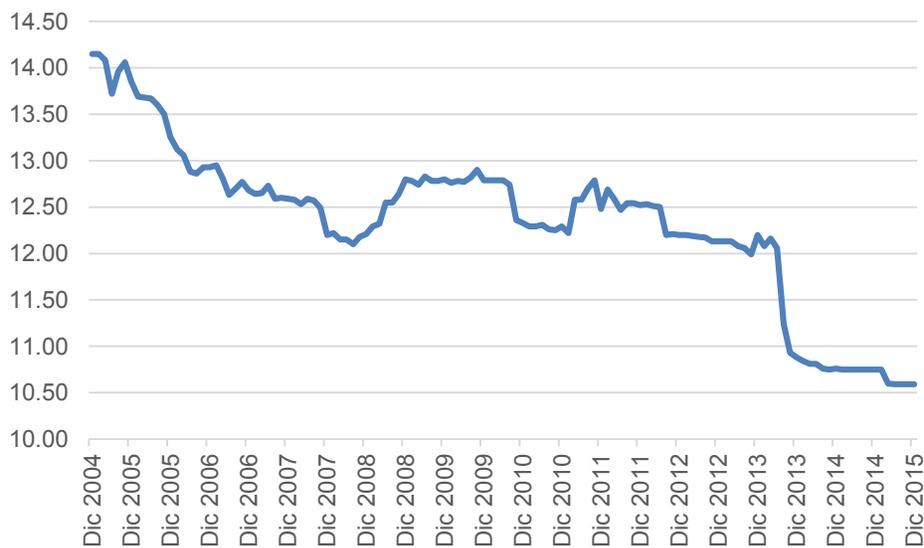
En este sentido, se describen las dos más importantes para los hogares y que reflejan los dos extremos en cuanto a tasas de interés: la que corresponde al crédito hipotecario y la que se maneja en tarjetas de crédito.

Tasas de interés en crédito hipotecario

Actualmente, por la existencia de programas como la Hipoteca Verde de Infonavit, se llevan a cabo compras de equipos eficientes y de energía solar para calentamiento de agua en hogares (INFONAVIT 2015).

A la fecha, estas tasas de interés se encuentran, en promedio, en 10.5% anual (BANXICO 2015). La tasa de interés hipotecaria ha disminuido en los últimos 5 años en un 2%.

Figura 16. Tasas de interés promedio anual para créditos hipotecarios (2004-2015).

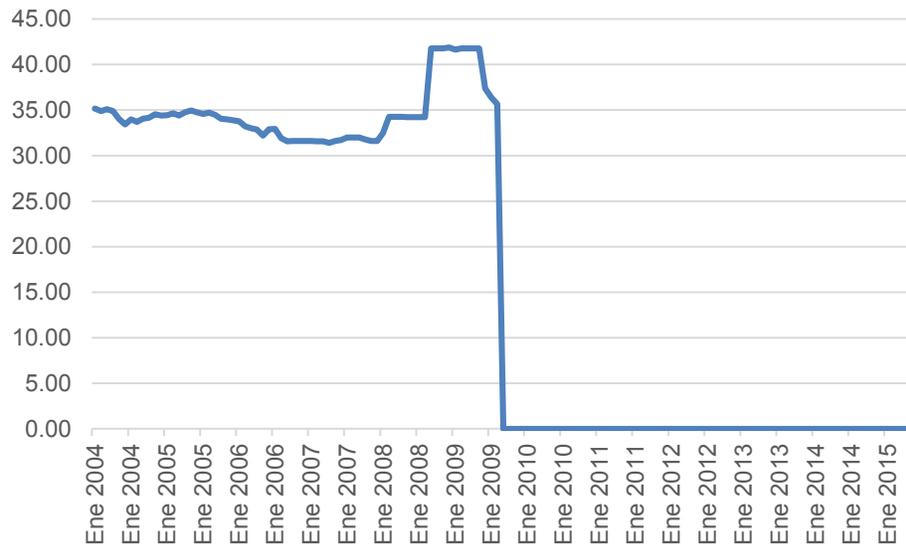


Fuente: Elaboraciones propias con datos de Banxico <http://www.banxico.org.mx>

Tarjetas de crédito

Las tasas de interés en las tarjetas de crédito se ubican actualmente en valores cercanos al 35% anual (BANXICO 2011).

Figura 17. Tasa de interés anual en las tarjetas de crédito bancarias (2004-2015).



Fuente: Elaboraciones propias con datos de Banxico en <http://www.banxico.org.mx>

Anexo 3. Entrevistas para analizar la viabilidad y dimensionar el potencial de ahorros de un programa de sustitución de calentadores de agua

Entrevistado

Nombre _____ Empresa _____

Cargo _____

Entrevistador _____

Fecha _____

HÁBITOS DE CONSUMO

1. ¿Cuál considera usted que es la duración promedio de un baño?
a. (Refiera tiempo) _____ Min.

2. ¿A qué temperatura se baña la mayoría de la gente? (Anotar temperatura) _____ °C

3. De acuerdo con su conocimiento y/o percepción, ¿qué fracción de los que se bañan diario lo hace y en qué momento del día (dar un porcentaje):
- i. Mañana _____% _____ NO SABE
 - ii. Tarde _____% _____ NO SABE
 - iii. Noche _____% _____ NO SABE

ELEMENTOS EN LA DECISIÓN DE COMPRA

4. ¿Cada cuándo compra una familia un calentador nuevo? (Escoja una respuesta)
_____ años

5. ¿Por qué se compra un calentador nuevo? (Escoja una respuesta)
- a. Porque el viejo ya no funciona _____% _____ NO SABE
 - b. Porque el viejo ya no funciona bien SI _____ NO _____
 - c. En caso de SI (Dar un porcentaje)
 - 1. No da la temperatura _____% _____ NO SABE
 - 2. Quema mucho gas _____% _____ NO SABE

- d. Porque se quiere uno más grande ____% ____ NO SABE
- e. Porque hubo cambio de casa ____% ____ NO SABE

6. ¿Quién influye más en la decisión de compra de un calentador nuevo en una casa que no es nueva? (Dar un porcentaje)

- a. La señora de casa ____% ____ NO SABE
- b. El señor de la casa ____% ____ NO SABE
- c. El plomero ____% ____ NO SABE
- d. El vendedor ____% ____ NO SABE
- e. Otro (Especifique) _____ / ____% ____ NO SABE

7. ¿Cuál es el parámetro más importante para la compra de un equipo nuevo? (Dar un porcentaje)

- a. Consumo de energía ____% ____ NO SABE
- b. Confort ____% ____ NO SABE
- c. Tamaño ____% ____ NO SABE
- d. Seguridad ____% ____ NO SABE
- e. Varió el tamaño de la familia ____% ____ NO SABE
- f. Otro (Explique) _____ / ____% ____ NO SABE

8. ¿Cuál es el parámetro más importante en la compra de un equipo nuevo? (Dar un porcentaje)

- a. Eficiencia ____% ____ NO SABE
- b. Precio del equipo ____% ____ NO SABE
- c. Tamaño ____% ____ NO SABE
- d. Seguridad ____% ____ NO SABE
- e. Facilidad de instalación ____% ____ NO SABE
- f. Otro (Explique) _____ / ____% ____ NO SABE

9. ¿Cuál es la forma de pago más común? (Dar un porcentaje)

- a. Efectivo ____% ____ NO SABE
- b. Tarjeta de crédito ____% ____ NO SABE
- c. Tarjeta Fonacot ____% ____ NO SABE
- d. Otro (Describa) _____ / ____% ____ NO SABE

10. ¿Qué tan interesados/dispuestos están los compradores de equipos de gas en cambiar de tecnología? (Dar un porcentaje)

- a. _____ MUCHO ____ POCO _____ NADA ____ NO SABE

Explique

CUESTIONES RELATIVAS A LA INSTALACIÓN

11. ¿Cuánto cuesta cambiar un calentador viejo por uno nuevo (además del costo del equipo)?
- _____(\$)_____NO SABE
 - ¿Qué porcentaje de esto es de mano de obra? _____%_____NO SABE

12. ¿Requieren los calentadores de paso alguna condición especial para ser instalados?
SÍ ___ **NO** ___

- En caso de sí, relacionada con:
 - Presión mínima / max. del agua **SÍ** ___ **NO** ___
 - Algún equipo/aditamento especial **SÍ** ___ **NO** ___
 - Distancia del calentador al centro de uso **SÍ** ___ **NO** ___
 - Requerimiento de ciertas características de llaves / grifos **SÍ** ___ **NO** ___
 - Calidad del agua **SÍ** ___ **NO** ___
 - Complejidad de la instalación **SÍ** ___ **NO** ___
- ¿Cuánto cuesta resolver esta condición especial? _____(\$)_____NO SABE

Comentarios

13. ¿Quién instala los calentadores nuevos? (Dar un porcentaje)

- El distribuidor _____% _____NO SABE
- El "plomero de la esquina" _____% _____NO SABE
- El propio usuario. _____% _____NO SABE
- Otro (especifique) _____% _____NO SABE

14. ¿Están capacitados los plomeros para instalar calentadores instantáneos y de rápida recuperación / solares/ eléctricos? **SÍ** ___ **NO** ___

- En caso de **SÍ**
 - ¿Dónde y quién los capacita? _____
 - ¿Tienen algún tipo de certificación? **SÍ** ___ **NO** ___

Explique

- En caso de **NO** ¿qué hace falta?

15. ¿Está aumentando el porcentaje de compra de calentadores instantáneos y de rápida recuperación / solares / eléctricos? **SÍ** ___ **NO** ___

- En caso de **SÍ**

1. ¿Qué porcentaje le gana por año a los de depósito? ____% ____NO SABE
- ii. ¿Por qué? (Dar un porcentaje)
 1. Más eficiencia ____% ____NO SABE
 2. Más conveniencia ____% ____NO SABE
 3. Uso de calentador solar ____% ____NO SABE
4. Otro _____

ELEMENTOS ESPECÍFICOS PARA EL DISEÑO DE UN PROGRAMA GUBERNAMENTAL

16. En caso de que hubiese un programa de apoyo gubernamental, ¿qué tipo de apoyo sería más efectivo?
- a. Apoyo directo al usuario para compra **SÍ** ____ **NO** ____
 - b. Descuento en compra (apoyo a través del vendedor) **SÍ** ____ **NO** ____
 - c. Tasas de interés preferenciales **SÍ** ____ **NO** ____
 - d. Que sea deducible de impuestos **SÍ** ____ **NO** ____
 - e. Instalación gratuita **SÍ** ____ **NO** ____
 - f. Otro (Especifique) _____

17. En caso de que hubiese un programa de apoyo gubernamental, ¿cuál sería la forma más efectiva de que la gente tome la decisión de cambiar su calentador viejo?
- a. Una campaña gubernamental en medios. **SÍ** ____ **NO** ____
 - b. Una campaña en tiendas apoyada en los vendedores en los puntos de ventas. **SÍ** ____ **NO** ____
 - c. Una campaña apoyada en los plomeros. **SÍ** ____ **NO** ____
 - d. Una campaña a través de las gaseras. **SÍ** ____ **NO** ____
 - e. Otro (especifique) _____

18. En caso de que hubiese un programa de apoyo gubernamental, ¿Cuál sería el argumento principal para animar la participación de la gente?
- a. El ahorro. **SÍ** ____ **NO** ____
 - b. La seguridad de un equipo nuevo. **SÍ** ____ **NO** ____
 - c. Mejorar la instalación. **SÍ** ____ **NO** ____
 - d. Cuidado del medio ambiente **SÍ** ____ **NO** ____
 - e. Otro (especifique) _____

19. En caso de que hubiese un programa de apoyo gubernamental, ¿cuáles serían las principales barreras que enfrentaría para ser exitoso?

Especifique

20. Las normas y regulaciones aplicables a los equipos de calentamiento de agua, ¿facilitan o complican un programa gubernamental de recambio?

Especifique

ÚNICAMENTE PARA FABRICANTES

21. De acuerdo con información del gobierno, la saturación (es decir, la proporción) de casas que tienen calentador de agua es cercana a 50%.

a. ¿Considera que esta cifra es correcta? **SÍ** ___ **NO** ___

i. En caso de no.

1. ¿Cuál sería el valor correcto? ___%

2. ¿Tiene usted una mejor referencia? (Anote referencia) _____

ii. En caso de Sí

iii. ¿Por qué es tan bajo? (Dar un porcentaje)

a. Clima ___%

b. Nivel de ingresos ___%

c. Otro (explique) ___%

22. Se ha estimado que existe un mercado de cerca de un millón de calentadores de agua por año.

a. ¿Es una estimación correcta? **SÍ** ___ **NO** ___

i. En caso de no

1. ¿Cuál sería el valor correcto? (Anote valor) _____ Millones de unidades.

2. ¿Tiene usted una mejor referencia? (Anote referencia) _____

ii. En caso de Sí

1. ¿Cuál es la referencia? (Anote referencia) _____

2. ¿Qué porcentaje es para casas nuevas? ___% ___ NO SABE

3. ¿Qué porcentaje es de calentadores de depósito? ___% ___ NO SABE

4. ¿Cuál es el tamaño promedio? ___% ___ NO SABE

23. ¿Se puede hacer una relación entre la antigüedad de los equipos y su eficiencia energética? **SÍ** ___ **NO** ___

a. En caso de Sí, ¿cuáles son los factores?(Enumere)

i. _____

ii. _____

iii. _____

b. ¿Qué tanto influyen las incrustaciones?

Mucho ___ Poco ___ Nada ___ Comentario _____

c. ¿Qué tanto influye la dureza del agua?

Mucho ___ Poco ___ Nada ___ Comentario _____

24. ¿La eficiencia del calentador varía, dependiendo del clima en donde es instalado?

a. Es más eficiente en climas cálidos SÍ ___ NO ___

b. Es más eficiente en climas fríos SÍ ___ NO ___

25. En algunos casos se apaga el piloto para consumir menos gas, ¿es correcto decir que se ahorra gas de esta manera? SÍ ___ NO ___

a. Si la respuesta es SÍ, ¿se ha estimado cuánto se ahorra? ___% ___ NO SABE

26. ¿Cuál es el consumo energético del piloto de un calentador?

a. _____(kWht o kg de gas) ___ NO SABE

27. ¿Se han estimado las pérdidas de calor que tiene el calentador de depósito?

a. Si la respuesta es SÍ, _____kWht o kg de gas ___ NO SABE

Anexo 4: Resultados de las entrevistas

Como parte del trabajo de investigación del proyecto, se buscaron y llevaron a cabo entrevistas con representantes de diversas organizaciones relacionadas con el mercado de los calentadores solares de agua.

Temas y entrevistados

Las entrevistas versaron sobre un conjunto de temas, en particular las relacionadas con costumbres de uso del agua caliente, compra de equipos nuevos, instalación de los equipos, aceptación de nueva tecnología, barreras de mercado, elementos para un posible programa gubernamental, papel de las normas técnicas y, en el caso los fabricantes, información sobre el mercado.

En total, se llevaron a cabo 22 entrevistas:

No	Nombre	Institución	Sector
1	Ing. Yvo Pulido	CONUEE	Gobierno
2	Ing. Jorge Ferro	ANTAD	Fabricante
3	Arq. Adriana Vicente	Enervalia	Consultoría
4	Sr. Mauricio Gómez	Bosch	Fabricante
5	Sr. Issac Pérez	El Surtidor	Ventas
6	Sr. Manuel Cuamatzi Ocampo	Válvulas y Conexiones	Plomero
7	Arq. Cristina González	CONAVI	Gobierno
8	Sr. París Ramírez Medina	Liverpool	Ventas
9	Sr. José Ismael Barroso	Home Depot	Ventas
10	Sr. Marco Antonio Santiago	Sears	Ventas
11	Sr. Roberto Valencia	Ferretería Abundis	Plomero
12	Lic. Miguel Angel Horta	SENER	Gobierno
13	Sr. Víctor Méndez	Plomería Graly	Plomero
14		Kanndas Solar	Fabricante
15	Sr. Juan M. Amezola B	Plomería Don Juan	Plomero
16	Sr. Raúl Castrejón Reyes	Plomería Bosques de Aragón	Plomero
17	Sr. Daniel Gutiérrez	Local 49 Mercado José Luis Salcedo Solís	Plomero
18	Sr. José Luis Anzures	Plomería Col. Guerrero	Plomero
19	Sr. José E. Rendón	Instalaciones y Reparaciones	Plomero
20	Sr. Hermenegildp Pérez	Mercado Hidalgo	Plomero
21	Sr. Vicente Cansino	Plomería Kansinos	Plomero
22	Ing. Alfonso Pérez	PCS	Fabricante

Resultados de las entrevistas.

A continuación se presentan los resultados cuantitativos y cualitativos más importantes de las entrevistas:

Resultados cuantitativos.

En primer lugar, se muestran los resultados de carácter cuantitativo:

Relativos a las costumbres de baño

- **Duración del baño.** Las respuestas a la pregunta sobre la duración del baño se dieron como valores únicos o como rangos. El promedio de los mínimos fue de 13 minutos, el de máximos, de 16.4 y el global, de 14.2 minutos.

SECTOR	Mínimo	Máximo	Promedio
C	8	15	11.5
F	5	10	7.5
F	10		10
G	10	12	11
G	10		10
G	15	30	22.5
P	15		15
P	25		25
P	15	20	17.5
P	15		15
P	20		20
P	12		12
P	10		10
P	20		20
P	15		15
P	10	20	15
V	10		10
V	5	8	6.5
V	20		20
V	10		10
Menciones	20	7	20
Suma	260	115	283.5
Promedio	13.0	16.4	14.2

C: Consultoría, F: Fabricante, G: Gobierno, P: Plomero, V: Vendedor

- **Temperatura del baño.** Al igual que con la duración del baño, las respuestas a la pregunta sobre la temperatura del baño se dieron como valores únicos o como rangos. El promedio de los mínimos fue de 36.5°C, el de máximos, de 40.8°C y el global, de 37.3°C.

SECTOR	Mínimo	Máximo	Promedio
C	38		38
F	38	40	39
F	38	42	40
G	38		38
G	27		27
G	38	40	39
P	32		32
P	30	34	32
P	32	35	33.5
P	35		35
P	40		40
P	40	45	42.5
P	39		39
P	40	50	45
P	40		40
P	35	40	37.5
V	35		35
V	38		38
V	40		40
V	36		36
Menciones	20	8	20
Suma	729	326	746.5
Promedio	36.5	40.8	37.3

C: Consultoría, F: Fabricante, G: Gobierno, P: Plomero, V: Vendedor

- **Hora del baño.** La pregunta sobre la hora del baño obtuvo los siguientes valores promedio: 61.2% para la mañana, 17.5% para la tarde y 28.7% para la noche.

SECTOR	Mañana	Tarde	Noche
C			
F			
F			
G	60	20	20
G	50	25	25
G	100		
P	30	30	40
P	90	5	5
P	50	0	50
P	20	30	60
P	80		20
P	80	10	10
P	40		60
P	60		40
P	70		
P	70	10	20
V	70	15	15
V	40	25	35
V	60	40	0
V	70	0	30
Menciones	17	12	15
Suma	1040	210	430
Promedio	61.2	17.5	28.7

C: Consultoría, F: Fabricante, G: Gobierno, P: Plomero, V: Vendedor

Relativos a la compra de equipos

- **Frecuencia de compra de equipos nuevos.** El promedio de mínimos fue de 7.6 años, el de máximos, de 10 años y el global, de 8.3 años.

SECTOR	Mínimo	Máximo	Promedio
C	10		10
F	4	10	7
F	13		13
G	15		15
G	10		10
G	15		15
P	4	7	5.5
P	8		8
P	10	15	12.5
P	6		6
P	8	10	9
P	8		8
P	5		5
P	3		3
P	5		5
P	5	6	5.5
V	6	15	10.5
V	5		5
V	6	7	6.5
V	6		6
Menciones	20	7	20
Suma	152	70	165.5
Promedio	7.6	10.0	8.3

C: Consultoría, F: Fabricante, G: Gobierno, P: Plomero, V: Vendedor

- Razones de compra.** La respuesta más frecuente fue que la gente compra equipos nuevos porque el que actualmente tienen ya no funciona, con una valoración de 83.2%. En segundo lugar, se ubicó el que no funciona bien, dando mayor importancia a que los equipos “no dan la temperatura” (respuesta común entre los plomeros entrevistados). También se dio relativa importancia al cambio por uno más grande.⁴⁰

⁴⁰ Los valores que se presentan no son una porción del universo de respuestas sino que son los promedios de los porcentajes referidos por los entrevistados para una alternativa particular de respuesta solicitada en términos de porcentaje.

SECTOR	No funciona	No funciona bien	Temperatura	Eficiencia	Uno más grande	Cambio de casa
C	100					
F	100					
F	100					
G	80	10	100			10
G	70		80	20	20	10
G	100	100				
P	20	80	40	60		
P	60	20	80	20	15	5
P	100					
P	100					
P	100					
P	100					
P	80		60	40		
P	80					
P		100				
P	90	10				
V	100					
V	100					
V	40				60	
V	60		80	20		40
Menciones	19	6	6	5	3	4
Suma	1580	320	440	160	95	65
Promedio	83.2	53.3	73.3	32.0	31.7	16.3

C: Consultoría, F: Fabricante, G: Gobierno, P: Plomero, V: Vendedor

- **Quién decide la compra.** En este punto los valores no variaron significativamente entre las alternativas presentadas, pero el más alto se dio a la señora de la casa (69.3%), seguido por el plomero (54.3%), el señor de la casa (53.8 %) y el vendedor (44.5%).⁴¹

⁴¹ Los valores que se presentan no son una porción del universo de respuestas sino que son los promedios de los porcentajes referidos por los entrevistados para una alternativa particular de respuesta solicitada en términos de porcentaje.

SECTOR	Señora	Señor	Plomero	Vendedor
C	100		100	100
F	50	100		100
F	100	100		
G	60	30	5	5
G	40	40	15	5
G				100
P	30	50		10
P	30	5	50	15
P			100	
P	100			
P		100		
P	100			
P	50	50		
P	50	50		
P	100			
P	80			20
V	80	20		
V		50		50
V		50	50	
V			60	40
Menciones	14	12	7	10
Suma	970	645	380	445
Promedio	69.3	53.8	54.3	44.5

C: Consultoría, F: Fabricante, G: Gobierno, P: Plomero, V: Vendedor

- **Parámetros de compra.** El que tuvo más menciones fue el consumo de energía (13), seguido por confort y tamaño (9 menciones).⁴²

⁴² Los valores que se presentan no son una porción del universo de respuestas sino que son los promedios de los porcentajes referidos por los entrevistados para una alternativa particular de respuesta solicitada en términos de porcentaje.

SECTOR	Consumo energía	Confort	Tamaño	Seguridad	Tamaño familia	Otro
C	100		50			
F	100					
F						
G	10	20	10	5	5	50
G	40	10	20	20	10	
G						
P	60	20			20	
P	90				10	
P			50		50	
P				100		
P	100	100		100		
P				100		
P	40	20	20	20		
P	30	20	10	40		
P						100
P	90		10			
V	70	30				
V	100					
V		20	50		30	
V	50	20	30			
Menciones	13	9	9	7	6	2
Suma	880	260	250	385	125	150
Promedio	67.7	28.9	27.8	55.0	20.8	75.0

C: Consultoría, F: Fabricante, G: Gobierno, P: Plomero, V: Vendedor

- **Forma de pago.** La opción de tarjeta de crédito tuvo un peso mayor (59.4%) que el de efectivo (59.4%)⁴³

⁴³ Los valores que se presentan no son una porción del universo de respuestas sino que son los promedios de los porcentajes referidos por los entrevistados para una alternativa particular de respuesta solicitada en términos de porcentaje.

SECTOR	Efectivo	Tarjeta de crédito	Fonacot
C	100	100	
F	10	90	
F			
G	10	80	10
G	10	80	10
P	60	40	
P	70	30	
P	25	75	
V	10	90	
V	25	75	
V	40	60	
V	50	25	25
G	100	10	
P	100		
P		100	
P	80	20	
P	80	20	
P	100		
P	100		
P	100		
Menciones	18	15	3
Suma	1070	895	45
Promedio	59.4	59.7	15.0

C: Consultoría, F: Fabricante, G: Gobierno, P: Plomero, V: Vendedor

Relativos a cambio de tecnología.

- **Interés en cambio de tecnología.** La mayoría respondió “poco” (12 menciones) y sólo hubo 5 menciones a “mucho”.

SECTOR	MUCHO	POCO	NO SABE
C	1		
F	1		
F			
G		1	
G		1	
P	1		
P		1	
P			1
V		1	
V		1	
V		1	
V		1	
G			
P		1	
P		1	
P		1	
P		1	
P	1		
P	1		
P		1	
Menciones	5	12	1

C: Consultoría, F: Fabricante, G: Gobierno, P: Plomero, V: Vendedor

Relativos a la instalación

- **Quién instala.** La respuesta con mayor ponderación fue “plomero” (72.0%), seguida de distribuidor (55.4%). Hubo también menciones a la instalación por el usuario (3), por el fabricante (1 mención) y por el constructor (1 mención).⁴⁴

⁴⁴ Los valores que se presentan no son una porción del universo de respuestas sino que son los promedios de los porcentajes referidos por los entrevistados para una alternativa particular de respuesta solicitada en términos de porcentaje.

SECTOR	Distribuidor	Plomero	Usuario	Fabricante
C	100	100		
F	100	100		
F				
G	10	80	10	
G	20	80		
P	80	20		
P	20	70	10	
P	100			
V	100			
V	50			50
V	15	60	25	
V		50		
G				
P		100		
P		100		
P		100		
P	50	50		
P	50	50		
P	50	50		
P	30	70		
Menciones	14	15	3	1
Suma	775	1080	45	50
Promedio	55.4	72.0	15.0	50.0

C: Consultoría, F: Fabricante, G: Gobierno, P: Plomero, V: Vendedor

- **¿Cuánto cuesta cambiar un calentador viejo por uno nuevo (además del costo del equipo)?**. Las respuestas a esta pregunta se dieron en un rango amplio de 500 a 3,500 pesos, con un promedio de 1,358.⁴⁵ Igualmente, se tuvo un valor promedio de 54.8% de proporción de mano de obra sobre costo total.
- **¿Requieren los calentadores de alguna condición especial para ser instalados?**. En este sentido la gran mayoría de los entrevistados refirieron que los equipos instantáneos requieren de condiciones especiales de instalación, en particular de

⁴⁵ Para los cálculos en el reporte se usó un valor de 1,000 pesos.

presión y de aditamentos especiales, lo cual implica un costo adicional de, en promedio 1,100 pesos.

SECTOR	De viejo a nuevo		Condiciones especiales de instalación				Costo
	Costo	% Mano Obra	Presión (instantáneos)	Aditamento especial (instantáneos)	Llaves/grifos	Dureza	
G	1,300	25	1	1	-	-	
G	500	100	1	1	-	Todos	
V	1,000	60	1	1	1	Todos	-
V	-	-	1	1	-	-	1,200
V	2,500	70	1	1	-	-	2,250
F	800	50	1	1	-	Todos	1,500
F	-	-	-	-	-	-	-
C	2,200	-	1	1	-	Todos	1,000
P	1,000	20	1	1	-	Todos	580
G	-	-	1	1	-	Todos	
P	1,350	100	-	-	-	-	-
P	750	60	1	1	-	Deposito	-
V	-	-	1	1	-	-	1,570
P	-	30	-	-	-	-	-
P		20	-	-	-	-	-
P	1,800	25	-	-	-	-	300
P	300	-	1	1	1	-	300
P	3,500	40	1	1	1	-	1,200
P	1,500	-	1	1	1	-	-
P	500	100	1	-	-	-	-
Menciones	14	13	15	14	4	7	9
Suma	19,014	713	30	28	8	7	9,909
Promedio	1,358	54.8	2.0	2.0	2.0	1.0	1,101

Resultados cualitativos

A continuación se anotan los comentarios hechos por los entrevistados:

Sobre la compra

- “La mayoría de la gente no sabe siquiera cómo funciona un calentador”.
- A estas tiendas y/o los presupuestos que piden por teléfono, casi nunca los hace el dueño de la casa, aquí viene ya el constructor que pide presupuesto por mucho o vienen a comprar los plomeros.
- A mí me contrata un arquitecto.
- Buscan un calentador más grande porque dicen que tienen más familia o quieren más agua caliente; se fijan en el tamaño, pero no saben ni de consumos ni de seguridad.
- Cambian de calentador sólo cuando ya está picado; si no, tratan siempre de reparar.
- Casi siempre se van por el más económico.
- Como las viviendas son muy reducidas, la gente busca calentadores más pequeños, como los “de paso”, y también toma en cuenta la seguridad, por el riesgo de los flamazos.
- Considera que el 20%, al igual que para la compra, se debe a la importancia del confort que puede dar el equipo.
- Cuando vienen a comprar o piden presupuesto, casi siempre ya tienen una idea bien cimentada de lo que quieren, y en pocas ocasiones cambian de idea, aunque les expliquen de las ventajas de llevar otro tipo de equipo. Es difícil hacerlos cambiar de idea.
- El ama de casa es la que exige el cambio de calentador; eso, si ya no tiene reparación.
- El jefe de familia se preocupa por lo técnico, la jefa por la economía y la influencia del vendedor es alta para definir cuál calentador se va a usar.
- El plomero expresa que es la eficiencia, porque es lo que él como plomero les explica que deben tener en cuenta.
- El vendedor o el plomero determinan e influyen fuertemente en la decisión del comprador.
- Entre más años de garantía, más calentadores venden.
- Expresa que otro punto fundamental y que no está considerado arriba es la GARANTÍA.
- Generalmente se ahuma y se tapa.
- La gran mayoría de los clientes repara los calentadores.
- La principal es el ahorro.
- La señora de la casa le avisa al marido que es preciso comprar un calentador nuevo y éste es el que decide dónde comprarlo y cuándo.
- La señora de la casa influye mucho, porque con tanto humo y el olor a gas se preocupa mucho.
- La tienda ofrece un seguro de mantenimiento por un costo adicional.
- Liverpool no vende calentadores de depósito, sólo de paso y de “alta recuperación”; cuando el cliente llega a comprar calentadores, viene con la idea de este tipo de calentadores, ya no preguntan por los de depósito.
- Los compradores, “solitos”, no piensan en el cambio de tecnología; para que esto se dé, se necesita que “alguien” les explique las mejoras o las ventajas de cambiar de tecnología.
- Nadie tiene el deseo de cambiar el calentador, no es atractivo, ni da estatus.
- No sólo se cambia porque ya no funciona, en ocasiones se puede reparar.
- Normalmente, se pica o se descompone el automático.
- Por las condiciones de la economía, que obligan a la pareja a trabajar, es frecuente que los dos paguen el calentador.
- Porque gasta más gas o se perfora.
- Refiere que también por eficiencia se puede dar el cambio más rápido.
- Siempre el precio determina la compra (más, hablando de constructoras en vivienda nueva).
- También expresa que algunas veces compran el calentador y no les gusta cómo trabaja y lo cambian rápido.
- Tanto para la compra como en la compra (OJO: no entiendo) el precio es muy importante, al grado de darle el 50% de importancia para la compra.
- Tiene clientes que lo cambian nada más por gusto, comenta que le han regalado calentadores nuevos que una vez que lo compraron, ya no les gustó.

Sobre el uso

- El calentador de depósito eleva la temperatura hasta 60 o 70° , lo cual lo hace ineficiente.
- En los calentadores de depósito es menos para que no se termine el agua del depósito (OjO: no se entiende)
- Es más el consumo de este calentador todo el volumen de agua (OjO: no se entiende)
- Los adolescentes tardan más en el baño.
- Los calentadores de menor calidad duran aproximadamente 4 años.

Sobre la instalación

- Sí los de tiendas y empresas pero no los de la esquina(OjO: no se entiende)
- El costo de instalar un calentador es de alrededor de \$500.00, pero el cambio completo depende del tipo, modelo y tamaño del calentador que se va instalar, ya que de eso depende si la instalación necesita algún cambio, más tubería o algún dispositivo.
- A veces el distribuidor contrata a algún contratista como yo.
- El plomero cobra sólo el 20% del costo del calentador.
- Sólo cuando hay que cambiar el calentador de depósito por el de paso, hay que cambiar conexiones y tubo.
- Prefieren al plomero de la esquina, porque lo hace más rápido y más barato.
- Calentadores de depósito y de paso es fácil su instalación, pero eléctricos y de rápida recuperación es más difícil.
- El precio de la instalación se eleva cuando lo hace el distribuidor, ya que cobra más que el plomero.
- Depende del calentador que va a colocar, porque dice que el cambio de conexiones entre uno de depósito (el que va a quitar) y uno de paso (el nuevo), se deben cambiar completas, por lo que saldría más caro.
- El Sr. Isaac refiere que no es el plomero de la esquina, sino más bien un plomero que la gente sí conoce.
- La tienda ofrece instalación al 50% que no le instala el distribuidor. En esta tienda el otro 50% --el del distribuidor-- lo hace "Bosch", porque es el único fabricante que ofrece instalación.
- Cuando el cliente no quiere utilizar el servicio de instalación que le está ofreciendo el fabricante, la tienda lo atiende, esto es, el 20% lo instala con el servicio de instalación que ofrece.

Sobre el mantenimiento

- Casi para todos cobra \$200.00 porque los arreglos son sencillos, sólo el calentador de paso es más caro el mantenimiento, ya que expresa que es por las piezas y que de éstos son más caras y es más complicado. Expresa además que nunca lo llaman para "limpieza", siempre es por alguna descompostura, que él considera es el mantenimiento.
- Dice que los precios dependen de lo que tenga el calentador, ya que no lo llaman exactamente para hacer mantenimiento, sino porque algo falla y él ya les dice qué debe hacerles; al mismo tiempo de la compostura, un mantenimiento.
- En México se le da mantenimiento a las cosas, cuando algo les falla, no por prevención.
- Entonces, el precio variará, dependiendo de lo que tenga el calentador.
- Sólo que sea una urgencia o que no le quede de otra, se busca al "plomero de la esquina"; la mayoría de las personas tiene "el plomero de confianza"

Sobre la capacitación a plomeros

- A mí me gustaría capacitarme en la instalación de calentadores solares: así, promovería el cuidado del medio ambiente.
- Bosch da clínicas gratuitas a plomeros.
- Capacitar a todos los plomeros para instalación de nuevos equipos.
- Don José tiene 30 años de experiencia instalando y reparando calentadores, pero no sabría instalar un calentador solar.
- El vendedor fue aprendiendo con el tiempo los tamaños, formas y tipos de calentadores.
- Expresa que en México no hay “certificación” para plomeros.
- Expresa que se puso a leer los instructivos y las cajas para conocer cuánto gas necesitaban...etc., para poder responder a la gente, o bien le pregunta a alguien más en la tienda que tuviera más años que él ahí.
- Hace falta capacitación.
- Hace falta mayor capacitación a plomeros, sobre todo los “de la esquina”; ellos adquieren el conocimiento por experiencia.
- Hace falta que, por ejemplo, los CONALEPs den cursos con un costo muy barato para instalar, sobre todo, calentadores solares.
- Hace notar que han regresado calentadores de paso, no porque no sirvan, sino porque no los saben instalar.
- Hacen falta cursos de capacitación a plomeros y su certificación en la instalación.
- Les falta conocimiento (a los plomeros para otros calentadores). El vendedor fue aprendiendo con el tiempo los tamaños, formas y tipos de calentadores.
- Lo aprenden por experiencia.
- Los plomeros en general no están capacitados.
- Los plomeros que luego vienen a la tienda no saben casi nada de cómo instalarlos, vienen a preguntar cómo se hace.
- Para instalar un calentador eléctrico y de rápida recuperación, se necesita un poco capacitación, y para solares, hace falta bastante capacitación.
- Que los fabricantes ofrezcan cursos sobre sus productos a los plomeros.
- Que los orienten para saber cómo lograr su certificación.
- Se requiere educar a los plomeros.
- Si están capacitados para instalar los de depósito, es por experiencia. Para tecnologías más complejas, no lo están.
- Para instalar calentadores solares y eléctricos, no están capacitados. Bosch da clínicas gratuitas a plomeros.
- Tiene interés por conocer más de los calentadores solares planos (su instalación).

Sobre barreras al programa

- Costo del equipo y dudas sobre la instalación.
- El esquema de financiamiento.
- El papeleo (expresa que el programa de Refris tuvo muchas fallas, ya que pedían muchos papeles para poder comprar el refrigerador).
- El principal obstáculo es el bajo poder adquisitivo de las personas.
- Especulación e incremento de los precios de los equipos.
- Fabricación no nacional y competencia desleal por parte de grandes empresas.
- La forma en que se paga el equipo, si las personas tienen que pagarlo, es difícil porque, dice, la situación anda mal y la gente no tiene dinero.
- La industria no está unificada.
- La oferta de los proveedores nacionales.
- La oposición al cambio por el usuario.
- La tecnología más eficiente (instantáneo) no se fabrica en México.
- Los condicionamientos para participar en los programas.
- Mano de obra no calificada.

- No cumplir con lo prometido.
- Una barrera son los espacios que requieren los colectores y los termotanques. Otra es el riesgo de que se estropeen los componentes.

Sobre el diseño del programa

- A través de la red de distribución de gas natural.
- Apoyados por asociaciones.
- Apoyar a la gente con la mano de obra de los plomeros y vales y estudios socio-económicos para los que menos tienen.
- Campaña en medios (Radio, TV y prensa), indicando los beneficios que conlleva la adquisición de este tipo de equipos y el ahorro que se tendría.
- Campañas a plomeros que orienten en la instalación de CSA.
- Con un subsidio parecido al programa de recambio de refrigeradores.
- Definitivamente, campañas en medios (Radio y TV).
- El programa debe incluir la instalación.
- El señor Manuel dice que la publicidad que está en las avenidas influye mucho, ha habido clientas que le dicen: quiero un calentador como el que vi anunciado en tal calle.
- Financiamiento de tiendas tipo Coppel y Elektra.
- Habría que insistir en el ahorro de consumo de gas y de tiempo, pues la gente no tendría que esperar a que se calentara el agua.
- La barrera sería la propia gente, porque no cree en los programas que hace el Gobierno.
- La barrera sería las ideologías políticas de la gente, ya que no aceptan las cosas o no creen en programas del Gobierno.
- La gente no confía mucho en el gobierno.
- Las clases bajas necesitan financiamiento.
- No se puede mezclar un programa social con uno general.
- Podría ser un programa parecido al de los refrigeradores viejos.
- Por los periódicos y por radio.
- Primero, en medios y capacitación a vendedores y plomeros.
- Publicidad en medios que tenga en cuenta aspectos normativos.
- Que el fabricante baje sus costos y dé margen al instalador y al servicio de mantenimiento.
- Que sea para todo tipo de marcas y modelos, ya que el que sólo sean pocos modelos o modelos muy específicos de aparatos inhibe la compra.
- Que sea totalmente incluyente para todas las tiendas (el vendedor refiere que para el caso de los refris, Liverpool no podía aplicar el programa).
- Que tengan buen precio.
- Se debe asegurar que el programa contemple calentadores de calidad.
- Se debe hacer con un plan de destrucción de los calentadores viejos.
- También creo que influye mucho el costo del equipo.
- Tener crédito al usuario desde el inicio del programa.

Sobre datos de mercado

- No hay datos de mercado con los cuales comparar.
- Los ingresos determinan por completo la saturación y no el clima.
- No hay datos confiables que se puedan usar para determinar el tamaño de mercado.
- No tengo información sobre el crecimiento en el uso de otros calentadores. Supongo que es porque son más eficientes.
- El Ing. Ybo expresa que la transformación del mercado se estima que pasó de un 20% a un 30% en 10 años.
- Antes, el boiler duraba hasta 20 años.

Sobre normas

- Ayudarían las normas al éxito del programa, aunque las personas poco saben qué son y para qué sirven.
- El plomero no conocía las normas aplicables a los calentadores de agua, pero cree que facilitarían.
- El vendedor no conocía que los calentadores cumplen una norma.
- En la NOM 003, el periodo de medición no es representativo, se tiene que evaluar en el tiempo.
- En la NOM 020, los estándares de calidad son tan bajos que cualquiera los pasa.
- Facilitan y garantizan la calidad del equipo.
- Facilitan y garantizan la calidad, seguridad y eficiencia de los aparatos.
- Hay que fortalecer los procesos de normalización.
- Las normas ayudarían porque las personas se sentirían más seguras y protegidas.
- Las normas técnicas “facilitan”
- Lo facilitan, siempre y cuando las personas conozcan los beneficios de las normas y regulaciones.

Sobre cambio de tecnología

- En general, el mercado ha ido teniendo más conocimiento de los instantáneos. Los vendedores los hay capacitados y con falta de conocimiento.
- El retorno de la inversión de cambiar uno de depósito por uno instantáneo es cercano a un año, por lo que muchas veces no se requiere crédito.
- Cuando entienden los beneficios.
- Existen en el mercado calentadores que son para baja presión, eliminando el problema. Sólo incrementan su precio en 200 o 300 pesos.
- El calentador instantáneo está creciendo en ventas; si se ponen las condiciones, las empresas podrían fabricar en México.
- Cambian por los de paso porque ahorran gas.
- Sólo los de rápida recuperación requieren bomba hidroneumática y esto eleva el precio.
- Los de mayor venta son los de paso, sobre todo en Xalostoc y Neza.
- No se tiene la cultura de lo que es el ahorro en relación a un calentador tradicional de gas o uno solar.
- No hay cultura sobre lo que es el calentador solar y de rápida recuperación.
- A una clienta le dije que le convenía uno de paso y al ver la diferencia en precio prefirió el de depósito.
- La gente se acostumbra a calentar el boiler y por eso no acepta fácilmente otro tipo de aparatos, como los de paso que, además, son más caros.
- Los calentadores de rápida recuperación les están ganando terreno, incluso, a los calentadores de paso.
- Prefiere calentadores de paso por espacio y menos ruido.

- “Tengo que explicarles mucho para convencerlos de cambiar de tecnología, por ejemplo, de uno de depósito a uno de paso”.
- Este es un precio promedio que él cobra, pero el precio depende de la dificultad y varía también según el precio del calentador, esto es, entre más caro el equipo, más cobra por la instalación (700 a 800 pesos).
- La gente llega a buscar el calentador, ya que quiere que si de depósito o que si de paso; ellos sólo preguntan por las dudas que tienen y nunca le han preguntado si uno es mejor que otro...
- Casi siempre el cliente compra el calentador que le dieron mayor detalle, no importando el precio.
- Las personas vienen con la idea de un calentador de depósito, pero si se le da una buena explicación y mayor detalle, logran que cambien su idea por uno de paso...

Sobre calentadores solares

- Algunas personas llevan el de paso para su calentador solar, le han expresado.
- Considera que los calentadores solares no se venden porque son de muy alto precio
- Dice que NUNCA HA INSTALADO NI LE HA DADO MANTENIMIENTO A UN CALENTADOR SOLAR, es por eso que no sabe el precio de su mantenimiento.
- El plomero expresa haber instalado ya calentadores solares y dice que su instalación es sencilla.
- Expresa que los calentadores solares no necesitan de mantenimiento.
- Hay personas que preguntan por los calentadores solares.
- Home Depot vendía calentadores solares de agua, pero eran tan caros que la gente no los compraba, algunos los veían, pero no les interesaba mucho.
- Nunca han preguntado por un calentador solar.

Anexo 5: Los Grados-día

En México existen varias zonas climáticas. Una zona climática es una región que presenta un mismo clima en términos de temperatura y humedad, y puede ser definida a partir de las temperaturas mensuales promedio, la precipitación pluvial y los grados-día.

Los grados día están definidos como la diferencia algebraica, expresada en grados centígrados o Fahrenheit, entre la temperatura media de un día determinado y una temperatura de referencia; cada diferencia se suma, día a día, para un periodo dado (pueden ser meses o años).

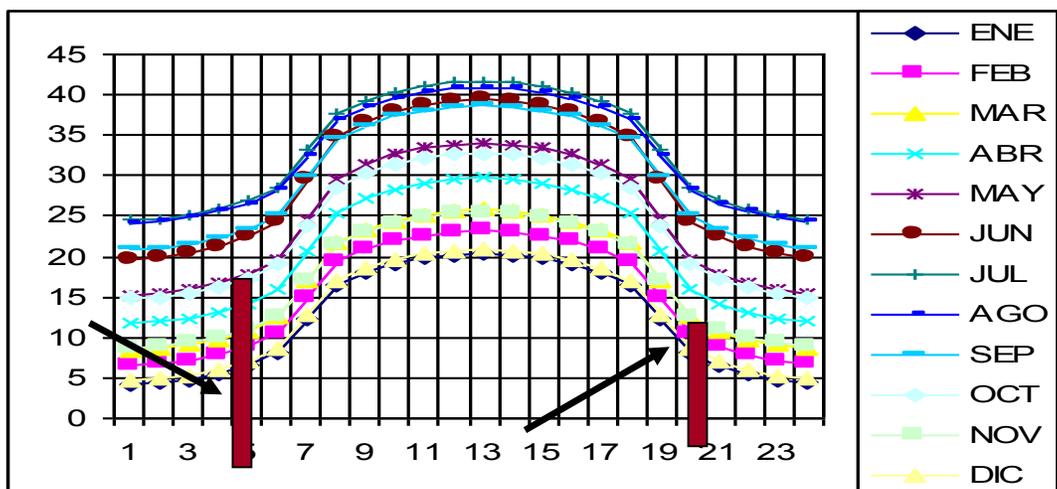
Para definir las zonas climáticas, se manejan los grados días de calefacción, referidos a una temperatura de 65°F ó 18°C, y los grados día de refrigeración a 50°F o 10°C.

En el país no se tenían mediciones específicas para conocer los grados día, sin embargo, era posible obtenerlos a partir de las mediciones de temperaturas promedio mensuales y anuales, la precipitación pluvial y tomando como base las referencias de temperatura descritas en el párrafo anterior.

La Asociación de Empresas para el Ahorro de Energía en la Edificación (AEAE) se dio a la tarea, en 2009, de elaborar las zonas térmicas para todo el país, con sus respectivos grados día de calefacción y refrigeración (AEAE 2006).

Para el establecimiento de los grados día, se hizo uso de las Normales Climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) para todas las localidades del país; se diseñó un algoritmo que tuvo como funciones independientes los promedios mensuales de temperaturas mínimas y máximas para establecer una función que reproducía la variación de temperatura en un día. Se calculó el grado día para cada hora de cada día del promedio de un mes: si la temperatura se encontraba por arriba del valor de referencia, se sumaba como grado día de refrigeración (CDD, por sus siglas en inglés), si se encontraba por abajo del valor de referencia, se sumaba como grado día de calefacción (HDD, por sus siglas en inglés).

Para obtener el valor mensual de CDD o HDD, se multiplica por los días del mes; para obtener el valor anual, se suman los valores mensuales. Para validar lo anterior, se hizo una comparación con la ciudades fronterizas de México más cercanas a los Estados Unidos (este país cuenta con mediciones específicas de grados día de calefacción y refrigeración para casi todas sus localidades).



Anexo 6. Metodología para el cálculo del costo unitario de medidas de mitigación

La identificación de oportunidades y medidas de mitigación tiene como herramienta principal el cálculo de costo de mitigación.

En este sentido, el costo de mitigación indica la diferencia en costo de la aplicación de una tecnología de bajas emisiones de dióxido equivalentes (CO_{2e}) comparada con una convencional (el caso de referencia) y se mide en US\$/ton de CO_{2e} evitadas.

El costo de mitigación se establece con la siguiente fórmula:

$$\text{Costo de mitigación} = \frac{\text{CTTBC} - \text{CTTCONV}}{\text{ETCONV} - \text{ETBC}}$$

Donde:

- **CTTBC** : Costo total de la tecnología baja en emisiones de CO_{2e}.
- **CTTCONV** : Costo total de la tecnología convencional.
- **ETCONV** : Emisiones de CO_{2e} de la tecnología convencional.
- **ETBC** : Emisiones de CO_{2e} de la tecnología alternativa o baja en emisiones.

Estos parámetros se calculan de la siguiente manera:

- **CTTBC (Costo total de la tecnología baja en emisiones de CO_{2e})**. Incorpora los costos de inversión, la tasa de recuperación del capital y el costo de operación y mantenimiento de la medida, y se expresa de la siguiente forma:

$$CTTBC = (ITBC * TRC) + CAOMBC$$

Donde:

ITBC = Inversión total por la tecnología baja en emisiones.⁴⁶

TRC = Tasa de Recuperación del Capital.⁴⁷

CAOMBC = Costo anual de operación y mantenimiento de la tecnología baja en emisiones.

⁴⁶ Incluye costos de instalación.

⁴⁷ Que se establece como pago anual de una inversión inicial a lo largo de los años de vida útil de la tecnología analizada.

- **CTTCONV (Costo total de la tecnología convencional).** Incorpora los mismos elementos que el costo total de la tecnología baja en emisiones y se expresa, para el caso de la tecnología convencional, de la siguiente manera:

$$CTTCONV = (ITCONV * TRC) + CAOMCONV$$

Donde:

ITCONV = Inversión total por la tecnología convencional.⁴⁸

TRC = Tasa de Recuperación del Capital.⁴⁹

CAOMCONV = Costo anual de operación y mantenimiento de la tecnología convencional.

- **ETCONV (Emisiones de CO₂e de la tecnología convencional).** Se refiere a las emisiones resultantes de la aplicación de una tecnología convencional, particularmente por consumo de energía, expresándose de la siguiente forma:

$$ETCONV = CETCONV * FE$$

Donde:

CETCONV = Consumo de energía al año de la tecnología convencional.

FE = Factor de emisión del energético utilizado.⁵⁰

- **ETBC (Emisiones de CO₂e de la tecnología alternativa o baja en emisiones).** Se refiere a las emisiones por consumo de energía resultantes de la aplicación de una tecnología de bajas emisiones. Se expresa de la siguiente forma:

$$ETBC = CETBC * FE$$

Donde:

CETBC = Consumo de energía al año de la tecnología baja en emisiones.

FE = Factor de emisión del energético utilizado.⁵¹

Ejemplo de aplicación:

El ejercicio considera la compra de un calentador de gas instantáneo en lugar de uno de gas de depósito en una vivienda en región 5 a partir de los siguientes datos:

⁴⁸ Incluye costos de instalación.

⁴⁹ Que se establece como pago anual de una inversión inicial a lo largo de los años de vida útil de la tecnología analizada.

⁵⁰ Para lo cual se utilizan, en su caso, los factores establecidos por el IPCC.

⁵¹ Para lo cual se utilizan, en su caso, los factores establecidos por el IPCC.

VARIABLE	VALOR
Consumo de calentador de gas de depósito en región 5	3,477 kWh _t
Consumo de calentador de gas instantáneo sin piloto en región 5	2,370 kWh _t
Precio de compra de calentador de gas de depósito (incl. instalación)	\$ 3,100
Precio de compra de calentador de gas instantáneo sin piloto (incl. instalación)	\$ 4,500
Precio del gas LP	10.31 \$/kg
Factor de emisión	228.3 kgCO ₂ /MWh _t
Factor de conversión de kWh _t a kg de gas LP	13.75 kWh _t / kg
Vida útil	10 años
Tasa de retorno (% anual)	12

Siguiendo la metodología de cálculo previamente descrita, el procedimiento es el siguiente:

1. Costo anual de operación y mantenimiento.

a. Para el calentador de gas de depósito:

$$\begin{aligned} \text{CAOMCONV} &= 3,477 \text{ kWh}_t * (1/13.75) \text{ kg/ kWh}_t * 10.31 \text{ $/kg} \\ &= \$2,607 \end{aligned}$$

b. Para el calentador de gas instantáneo sin piloto:

$$\begin{aligned} \text{CAOMBC} &= 2,370 \text{ kWh}_t * (1/13.75) \text{ kg/ kWh}_t * 10.31 \text{ $/kg} \\ &= \$1,777 \end{aligned}$$

2. Cálculo de emisiones

a. Para el calentador de gas de depósito:

$$\text{ETCONV} = 3,477 \text{ kWh}_t * 228.3 \text{ kgCO}_2 \text{ e /MWh}_t * 1/1,000 \text{ MWh}_i/\text{kWh}_t$$

$$\text{ETCONV} = 794 \text{ kg CO}_2\text{e}$$

b. Para el calentador de gas instantáneo sin piloto:

$$\text{ETBC} = 2,370 \text{ kWh}_t * 228.3 \text{ kgCO}_2\text{e /MWh}_t * 1/1,000 \text{ MWh}_t/\text{kWh}_t$$

$$\text{ETBC} = 541 \text{ kg CO}_2\text{e}$$

3. Cálculo del costo anualizado

El factor de anualización para 10 años con una tasa de retorno de 12% es 0.177.

$$\text{TRC} = 0.177$$

4. Cálculo del costo total de la tecnología

a. Para el calentador de gas de depósito:

$$\text{CTTCONV} = \$3,100 * 0.177 + \$2,607$$

$$\text{CTTCONV} = \$3,156$$

a. Para el calentador de gas instantáneo sin piloto:

$$\text{CTTBC} = \$4,500 * 0.177 + \$1,777$$

$$\text{CTTBC} = \$2,574$$

A partir de los datos obtenidos, el cálculo del costo de mitigación para el ejemplo utilizado se expresa de la siguiente forma:

$$\text{Costo de mitigación} = \frac{\text{CTTBC} \quad - \quad \text{CTTCONV}}{\text{ETCONV} \quad - \quad \text{ETBC}}$$

Por lo que:

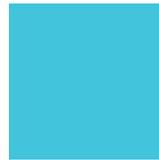
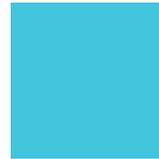
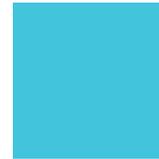
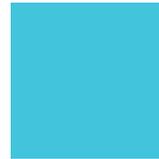
$$\text{Costo de mitigación} = \frac{\$2,574 \quad - \quad \$3,156}{794 \text{ kgCO}_2\text{e} \quad - \quad 541 \text{ kgCO}_2\text{e}} = \frac{-\$581}{253 \text{ kgCO}_2\text{e}}$$

$$\text{Costo de mitigación} = -2.30 \text{ \$/kg CO}_2\text{e}$$

De los resultados obtenidos se puede observar que el costo de mitigación es negativo, indicando un beneficio neto y la rentabilidad de sustituir motores convencionales por motores “premium”.

Bibliografía

- AEAAE (2006). Grados día y zonas climáticas para poblaciones con más de 100 mil habitantes. Mexico DF, Asociación de Empresas para el Ahorro de Energía en la Edificación: 14.
- AEAAE (2006). Zonas Climáticas y Grados Día para poblaciones con más de 100 mil habitantes. Mexico DF, Asociación de Empresas para el Ahorro de Energía en Edificación, : 14.
- BANXICO. (2015). "<http://www.banxico.org.mx/portal-mercado-valores/index.html>." Retrieved 19 de Agosto, 2015, from <http://www.banxico.org.mx/portal-mercado-valores/index.html>.
- CONAE (2015). NOM-003-ENER-2011 Eficiencia térmica de calentadores de agua para uso doméstico y comercial. Límites, método de prueba y etiquetado. Comisión Nacional para el Ahorro de Energía. NOM-003-ENER-2015: 17.
- EIA. (2015). "Mont Belvieu, TX Propane Spot Price FOB (Dollars per Gallon)." Retrieved 19 Agosto, 2011, from http://www.eia.gov/dnav/pet/hist/LeafHandler.ashx?n=PET&s=EER_EPLLPA_PF4_Y44_MB_DPG&f=M.
- INEGI. (2014). "Encuesta Ingreso y Gasto de los Hogares 2014." Retrieved 5 de Agosto, 2015, from www.inegi.org.mx.
- INEGI. (2015). "Censo de Población y Vivienda 2010." Retrieved 5 de Agosto, 2015, from www.inegi.org.mx.
- INEGI. (2015). "Encuesta nacional de gasto en los hogares 2013." Retrieved 5 de Agosto, 2015, from http://www.inegi.org.mx/est/lista_cubos/consulta.aspx?p=encue&c=5.
- INFONAVIT. (2015). "Hipoteca Verde " Retrieved 6 de agosto de 2015, from <http://portal.infonavit.org.mx/wps/portal/TRABAJADORES/>.
- ITP. (2011). "Estrategias y políticas en la fijación de precios." Retrieved 1 de Agosto, 2011, from http://sistemas.itlp.edu.mx/tutoriales/mercadotecnia2/tema3_4.htm.
- PEMEX (2011). PEMEX Panorama Marzo 2011: 30.
- Presidencia de la República (2011). DECRETO POR EL QUE SE SUJETA EL GAS LICUADO DE PETRÓLEO A PRECIOS MÁXIMOS DE VENTA DE PRIMERA MANO Y DE VENTA A USUARIOS FINALES: 4.
- Rincón E. (2005). ¿Cuánto gas LP se ahorra empleando captadores solares de agua? Energía a Debate. México.
- Sener (2014). Prospectiva del Mercado de Gas Natural y Gas LP 2014-2028. Secretaría de Energía. México DF, SENER.
- Sener (2014). Balance Nacional de Energía 2013. DF, Secretaría de Energía, : 145.
- Sener. (2015). "Precios del Gas LP" Retrieved 5 de Agosto, 2015, from <http://www.energia.gob.mx/res/91/Precios.xls>
- Sener. (2015). "Sistema de Información Estadística." Retrieved 4 de marzo, 2011, from <http://sie.energia.gob.mx>.
- SMA-GDF (2004). Estrategia Local de Acción Climática del Distrito Federal. S. d. M. A. d. D. Federal. México: 129.



© Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
Dag-Hammarskjöld-Weg 1-5
65760 Eschborn/Alemania
www.giz.de

- Cooperación Alemana al Desarrollo -

Agencia de la GIZ en México
Torre Hemicor, PH
Av. Insurgentes Sur No. 826
Col. del Valle
C.P. 03100, México, D.F.
T +52 55 55 36 23 44
F +52 55 55 36 23 44
E giz-mexiko@giz.de
I www.giz.de/mexico