

Agua Caliente Sanitaria

¿Cuáles son los modos más
asequibles en Argentina?





© 2020 ENARGAS
Suipacha 636
C1008AAN, Buenos Aires
República Argentina
www.enargas.gob.ar

*Se autoriza la reproducción total o parcial del presente documento siempre que se cite la fuente.
En ese caso, solicitamos enviar una reproducción o enlace de la publicación a info@enargas.gob.ar*

AUTORIDADES DEL ENARGAS

Intervención

Lic. Federico Bernal

Secretaría del Directorio

Dra. María Tereza Pittorino Díaz

Unidad de Auditoría Interna

Cra. Beatriz Suárez Trillo

Gerencia General

Dr. Osvaldo Felipe Pitrau

Gerencia de Protección del Usuario

Dr. Héctor Domingo Maya

Gerencia de Distribución

Ing. Jorge Osvaldo José Deferrari

Gerencia de Transmisión

Ing. Luis María Buisel

Gerencia de Almacenaje y Abastecimiento

Sr. Favio Marcelo Pezzullo

Gerencia de Gas Natural Vehicular

Lic. María Fernanda Martínez

Gerencia de Desempeño y Economía

Lic. Néstor Daniel Touzet

Gerencia Regional Delegaciones

Gerencia de Asuntos Legales

Dra. Carolina Inés Guerra Bianciotti

Gerencia de Recursos Humanos y Relaciones Institucionales

Dr. Claudio Oscar de la Fuente

Gerencia de Administración

Cr. Darío Javier Echazú

Departamento de Tecnología de la Información

Ing. Marcos Eszequiel Sayoni

Resumen:

El calentamiento de agua sanitaria es el segundo consumo de energía en los hogares argentinos, representa aproximadamente el 35% ($\pm 10\%$) del consumo residencial. De este modo, la búsqueda de formas más asequibles, eficientes y sustentables de lograr Agua Caliente Sanitaria (ACS), es de gran relevancia económica, social y medioambiental. En este trabajo se analizan los distintos equipos de calentamiento de agua disponibles en el mercado nacional y se comparan sus costos a lo largo de su vida útil, incluyendo los del equipo, la energía consumida, su mantenimiento y reparación. Nuestro objetivo es identificar cuáles son las tecnologías más convenientes en la actualidad desde el punto de vista económico y ambiental en Argentina. También se cotejan las emisiones de Dióxido de Carbono (CO₂) a lo largo de dicho periodo. Se consideran los equipos a gas, eléctricos y solares híbridos. Con la eliminación o reducción de los consumos pasivos en los equipos de ACS (pilotos o consumo de mantenimiento), se pueden reducir los costos de energía en cerca del 50%. Así, promover el reemplazo de los equipos existentes de ACS por los nuevos más eficientes, que minimicen los consumos pasivos, resultaría una alternativa de mucho impacto económico, ambiental y social.

Palabras clave:

Eficiencia, asequibilidad, agua caliente sanitaria, colectores solares térmicos, sistemas híbridos, ahorro energético, reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, etiquetado en eficiencia de sistemas de calentamiento de agua.

Informe elaborado bajo Convenio CEARE-ENARGAS

Mayo 2020

Agua Caliente Sanitaria. ¿Cuáles son los modos más asequibles en Argentina?

Leila Mora Iannelli^{a,c},

Jorge Fiora^b,

Pablo Romero^b

Salvador Gil^c

a. Gerencia de Distribución del Ente Nacional Regulador del Gas (ENARGAS), Buenos Aires, Argentina.

b. Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), Energía, Parque Tecnológico Miguelete, Edificio 41, San Martín, Buenos Aires, Argentina.

c. Escuela de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional de San Martín (UNSAM), Buenos Aires, Argentina.

INTRODUCCIÓN

El consumo de energía empleado en **Agua Caliente Sanitaria** (ACS) para uso doméstico, constituye en general el segundo o tercer consumo en importancia en el sector residencial, tanto a nivel global como local [1], [2], [3]. Los sistemas solares térmicos híbridos¹, y los termotanques que calientan agua con bombas de calor [4] ya están disponibles en el mercado local, con ventas que siguen aumentando a nivel global. Sin embargo, los equipos convencionales de ACS a base de combustibles fósiles (gas) y convencionales eléctricos en Argentina, aún representan más del 95 % de las ventas [5], [6]. Para lograr reducciones significativas de las emisiones de **Gases de Efecto Invernadero** (GEI), sería deseable que la proporción de equipos de ACS con bombas de calor, solar térmica o simplemente convencionales más eficientes, alcancen proporciones más importantes a nivel local y global.

En algunas zonas urbanas de algunos países, es posible proporcionar ACS a través de redes urbanas de agua caliente, producida por centrales eléctricas térmicas, que aprovechan el calor residual (cogeneración)[7]. También se puede usar el calor residual de industrias, incineradores, sistemas geotérmicos y calefacción solar central [8].

En Argentina, el Gas Natural (GN) constituye el componente principal de la matriz energética, aportando más del 50% de la energía primaria del país [9]. Alrededor del 30% del gas consumido en el país se distribuye por redes a los usuarios residenciales, comerciales y entes oficiales [10]. El calentamiento de ACS es el segundo consumo en importancia, después del de calefacción; representa aproximadamente el 35% ($\pm 10\%$) del consumo residencial de gas [9], [11], [12]. Es decir, para el calentamiento de agua sanitaria se emplea

1. Sistema solar térmico complementado con un sistema de energía convencional [27].

casi el 10% del gas consumido en Argentina. Este notable hecho se explica, en parte, por el elevado calor específico del agua que hace que, aumentar su temperatura, demande mucha energía.

Se estima que el 60% de las emisiones de GEI, son consecuencia del uso de combustibles fósiles [13], por lo que resulta necesario disminuirlas [14]. Un Uso Racional y Eficiente de la Energía (UREE), además de mitigar los impactos ambientales, permite acercar los beneficios de disponer de agua caliente y otros servicios energéticos a más personas, en particular a los sectores de menores recursos económicos y a los que viven en poblaciones dispersas, lejos de las redes de distribución. Asimismo, el desarrollo de la industria de fabricación de equipos convencionales más eficientes y de colectores solares, posibilita que el costo de estos equipos disminuya a medida que aumenta la escala de producción, facilitando que sectores de menores recursos, tengan acceso a estos servicios.

El UREE y el aprovechamiento de las energías renovables, son soluciones sostenibles a los desafíos energéticos actuales y son, en cierto modo, dos caras de una misma moneda. Una ventaja de la energía solar es que la generación de energía se realiza “en el lugar”, evitando elevados costos de transmisión, distribución e infraestructura.

En este trabajo se analizan las opciones más eficientes y asequibles disponibles en el mercado local, tanto convencionales, como los que utilizan bombas de calor para calentar agua y colectores solares térmicos². Dado que estos últimos están sujetos a fluctuaciones de suministro, en particular en días de poca radiación solar, los sistemas solares para ACS requieren equipos complementarios que usan energía convencional para calentar el agua. A estos sistemas combinados se los denomina sistemas híbridos. En el presente estudio nos proponemos analizar las eficiencias y los costos de los principales equipos de ACS disponibles en Argentina.

2. *Dispositivo diseñado para absorber la radiación solar y transformarla en energía térmica para calentar el agua [27].*

CONSUMO RESIDENCIAL DE GAS Y ELECTRICIDAD EN ACS

En la **Figura 1** se muestra la distribución de la producción de equipos de calentamiento de agua en el sector residencial en Argentina, para el año 2015.

Figura 1. PRODUCCIÓN DE EQUIPOS DE AGUA CALIENTE SANITARIA- AÑO= 2015

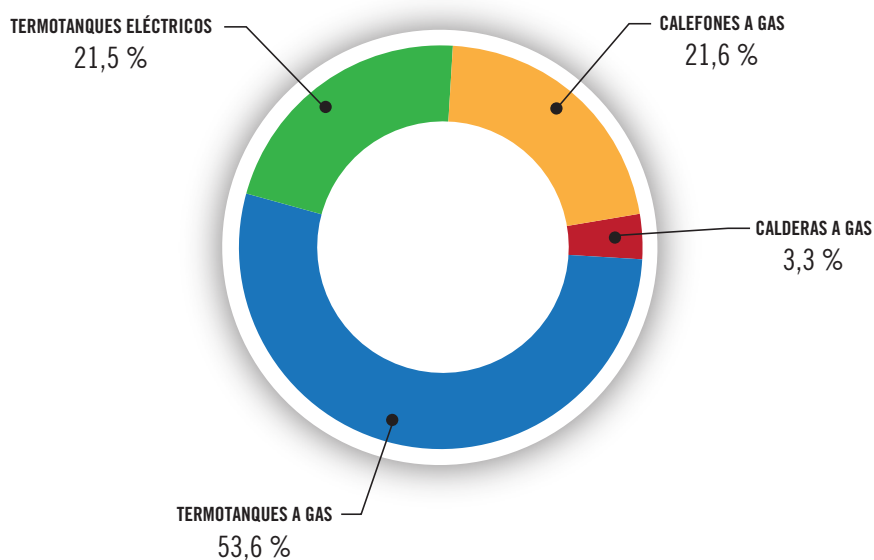


Figura 1. Distribución de la producción de equipos para calentamiento de agua para uso residencial en Argentina, en el año 2015. Se ve que los artefactos a gas constituyen el 78,5% del total.
Fuente CAFAGAS [5]

Dado que los equipos mayoritariamente usados para calentar agua en Argentina funcionan a gas, constituyendo el 78,5% del total, el estudio de los consumos de gas es muy representativo del total, además se dispone de una serie de datos históricos muy confiables de al menos 25 años [10].

En la **Figura 2** se muestra la variación del consumo de gas por usuario y por día (consumo específico) como función de los distintos meses del año para la región centro-norte de Argentina que concentra el 95% de los usuarios del país, la zona sur³ de Argentina no está incluida en este gráfico. [14]. Como se observa en la figura, a temperaturas superiores a 20°C, prevalente en los meses de verano, el consumo de gas se reduce al calentamiento de agua y cocción en esta región y se denomina consumo base. A medida que la temperatura descende, los usuarios comienzan a encender la calefacción y el consumo de gas aumenta, lo que explica el aumento del consumo específico en los meses de invierno.

Este comportamiento permite una separación simple entre el consumo destinado a calefacción y el consumo base, como se ilustra en la **Figura 2**.

Figura 2. VARIACIÓN DE LOS CONSUMOS ESPECÍFICOS RESIDENCIALES COMO FUNCIÓN DE LOS MESES DEL AÑO (DE ENERO A DICIEMBRE)

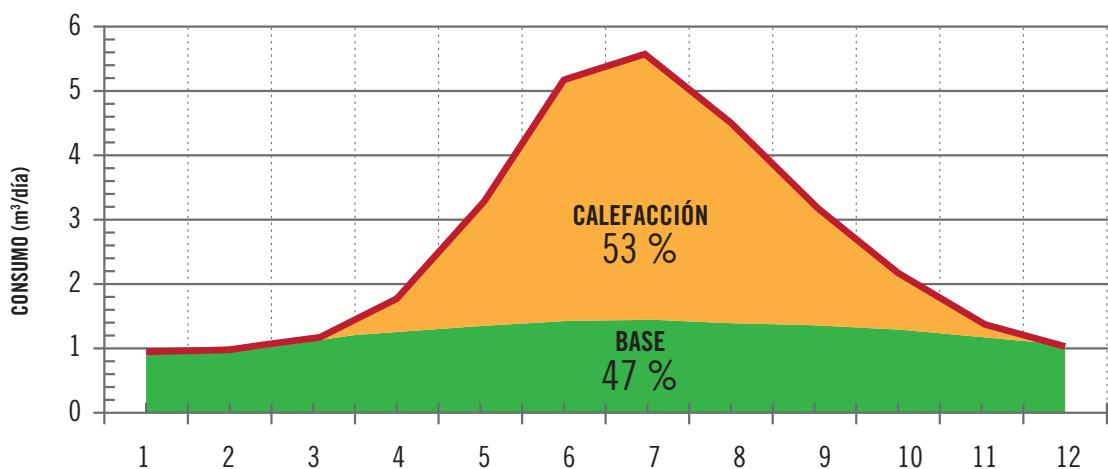


Figura 2. Variación de los consumos específicos residenciales de gas como función de los meses del año (1 a 12). Los datos ilustrados aquí son el promedio de los años 2013 al 2018 para la región centro-norte de Argentina. Los consumos de los meses de verano en la zona centro-norte de Argentina coinciden con el consumo base (ACS y cocción, área verde). El incremento del consumo en los meses de invierno puede ser asociado a la calefacción (área amarilla). Esto permite separar el consumo de gas usado en calefacción del consumo base. Fuente: datos de consumo de gas residencial de ENARGAS [10].

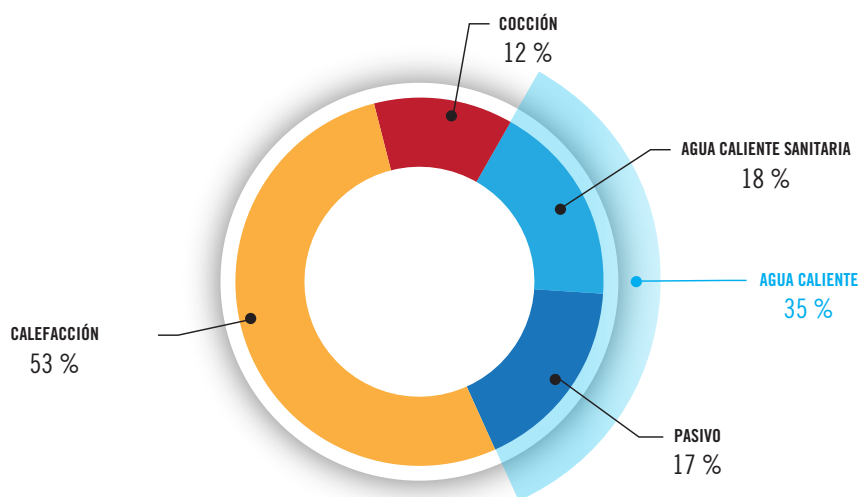
El consumo de cocción puede obtenerse del análisis de los datos de consumo de edificios que tienen servicios de calefacción y calentamiento de agua centrales en varias ciudades de Argentina. En estos casos, la facturación del gas usado en los sistemas centrales de calefacción y calentamiento de agua se facturan al consorcio del edificio.

3. En el sur de Argentina, existe un sobreconsumo que va más allá de las bajas temperaturas, muy posiblemente asociado a los altos subsidios de la energía en esta región, que distorsiona el análisis de los consumos [23].

Por su parte, el consumo de gas de cada unidad o departamento, que se factura por separado a cada unidad, está asociado principalmente a los consumos de cocción. Esta información está disponible en las distintas distribuidoras de gas del país. Dado que en Argentina hay muchos edificios, cada uno de ellos con decenas de unidades individuales con estas características, este estudio puede realizarse sin dificultad en una muestra muy grande de casos. Las distribuidoras disponen de registros de estos consumos por más de dos décadas. El consumo de cocción, obtenido del análisis de estas muestras en varias ciudades de la región centro-norte de Argentina, indica que se usan unos $0,30 \pm 0,12$ m³/día, equivalentes a unos 3,2 kWh/día, para la cocción, lo que puede considerarse representativo de toda la región centro-norte de Argentina [15], [16]. Dado que las cocinas a gas, tienen eficiencia promedio del 50%, [16] la energía neta que se usa en cocción en Argentina es en promedio del 1,6 kWh/día.

Figura 3. CONSUMO RESIDENCIAL

Figura 3. Abajo, distribución de los consumos promedio de viviendas residenciales de gas para usuarios de la región centro – norte de Argentina. Arriba, distribución del consumo de gas en el sector residencial. El consumo medio de gas para calentar unos 155 litros de agua, equivalentes a 50 litros/día/persona, de la temperatura media anual (18°C) a la temperatura de confort, $T_c=42^\circ\text{C}$, es de unos 0,47 m³/día. Si a este consumo agregamos los consumos pasivos, resulta que en el calentamiento de agua se emplean unos 0,92 m³/día, equivalentes a unos 10 kWh/día. El consumo medio de gas total en esta región (base más calefacción) es de 955 m³/año lo que equivale a 10 580 kWh/año. Fuente: datos de consumo de gas residencial de ENARGAS [10].



ZONA CENTRO NORTE		CONSUMO MEDIO	
2013 - 2018		955	
		m ³ /día	m ³ /año
BASE	COCCIÓN	0,30	110
	AGUA CALIENTE SANITARIA	0,47	171
	PASIVO	0,45	164
CALEFACCIÓN		1,4	510

En este trabajo, utilizamos dos caminos complementarios para analizar el consumo de gas residencial:

- i) **Análisis Top-Down** (TD), a partir de los datos de consumo de gas residencial globales de todas las regiones del país disponible a través de la página Web de ENARGAS [10].
- ii) **Análisis Botton-Up** (BU), datos de los consumos de una muestra de 99 viviendas de las región del GBA, en la que se realizó una auditoría detallada de sus consumos de gas y de electricidad [11].

Esta doble vía de análisis: TD y BU, permite concluir que el *consumo base* de gas por usuario⁴ es en promedio de $1,2(\pm 0,5)$ m³/día. Se considera que en promedio 0,45 m³/día se emplea en pilotos u otros consumos pasivos [17] y 0,47 m³/día en el calentamiento de agua propiamente dicho. La cocción representa $Q_{coc}=0,3$ m³/día [18]. Suponiendo un consumo pasivo promedio de $Q_{pas} \approx 0,45$ m³/día, (este valor, algo inferior a 0,6 m³/día del consumo medio pasivo de un calefón y termotanque, se debe a que hay asimismo una fracción $25\% \pm 7\%$ de viviendas con gas, que no tiene equipo de ACS o con sistemas que no tienen consumos pasivos). Si se supone un rendimiento o eficiencia media de quemador de $\varepsilon_{media} \approx 0,75$; se puede calcular el volumen de agua caliente usando la expresión:

$$m_{ACS} \cdot c_a \cdot (T_{conf} - T_{media}) = (Q_{base} - Q_{pas} - Q_{coc}) \cdot H_{sup} \cdot \varepsilon_{media} \quad (1)$$

donde m_{ACS} es la masa de agua caliente sanitaria usada en promedio por vivienda, c_a el calor específico del agua, H_{sup} el poder calorífico superior del gas natural ($H_{sup}=9300$ kcal), $T_{conf} \approx 42^\circ\text{C}$ la temperatura de confort del agua caliente y $T_{media} \approx 18^\circ\text{C}$ es la temperatura media del agua a la entrada del artefacto. Con estos valores el consumo medio resulta de 150 ± 30 litros/día, por usuario u hogar.

4. Un usuario se refiere a una vivienda conectada a la red. Es decir, un usuario corresponde a un medidor, y estadísticamente a 3,1 personas.

Se supone que cada hogar conectado a la red de gas natural tiene 3,1 habitantes, el consumo medio por habitante en Argentina resulta de 48 ± 8 litros/día/habitante. Este valor es del orden de lo que recomienda para el consumo de ACS la Comunidad Europea, 50 litros/día/habitante [19]. Para tener en cuenta las variaciones observadas en distintas regiones del país y tener alguna flexibilidad en el número de habitantes de una vivienda y variaciones en las pautas de consumo, en general se toma el consumo nominal para el diseño de una vivienda en unos 60 litros/día/habitante.

De los datos de la **Figura 3**, surge que la energía usada en ACS se puede dividir en dos partes muy similares entre sí. Una mitad va al calentamiento de agua propiamente dicho y la otra mitad constituye el consumo pasivo de mantenimiento (piloto y encendido periódico del quemador en un termotanque). Es interesante notar, que si en un sistema solar híbrido, se usa como equipo de apoyo un termotanque convencional o un calefón con piloto, aun suponiendo que el Sol aporte un 70% de energía al agua, los consumos pasivos no se modificarían respecto a los valores indicados en la **Figura 3**, con lo cual el ahorro neto de energía convencional, no sería mucho mayor que el 30%, como lo confirman varios ensayos independientes [20]. Este razonamiento pone en relieve un aspecto fundamental del rol de los consumos pasivos en los sistemas solares híbridos [12].

El número de usuarios residenciales conectados a la red de gas natural en Argentina es alrededor de 8,3 millones [21]. Si a este número se agregan los usuarios de GLP (Gas Licuado de Petróleo), no conectados a red (3,7 millones), el número total de usuarios es de aproximadamente 12 millones, quienes utilizan ~ 1 m³/día (equivalente a unos 10,8 kWh/día) en calentamiento de agua y su correspondiente consumo pasivo asociado, lo que da como resultado 12 millones m³/día de gas natural equivalente para calentar agua en Argentina. Si a este volumen de gas se agrega el consumo de agua caliente de los sectores comerciales y oficiales, se tiene que el volumen de gas empleado en calentar agua es de aproximadamente 13 millones m³/día. Este volumen de gas, equivale a casi el 80% de las importaciones de gas en Argentina en el año 2019.

Si el calentamiento de agua se hace con un termotanque eléctrico convencional, el consumo de energía para calentar el agua de una familia tipo es de unos 5,2 kWh/día (equivalente a 0,5 m³(GN)/día) el consumo real de energía será mayor, debido a los consumos pasivos. En los equipos convencionales de ACS los consumos pasivos (gasto de energía para el mantenimiento del agua caliente en el tanque) varían entre 3 a 6 kWh/día, dependiendo de la calidad de la aislación térmica del tanque. Es decir que estos consumos pasivos son comparables o mayores a la energía intrínseca necesaria para calentar el agua. Por ejemplo los termotanques convencionales eléctricos, es decir aquellos que fueron producidos antes del etiquetado en eficiencia energética, tienen consumos de mantenimiento entre 1,5 y 8 kWh/día. Así vemos que el consumo total de electricidad para ACS varía entre unos 6,7 a 14 kWh/día [20]. Dado que el consumo residencial medio de electricidad en Argentina es de unos 8,2 kWh/día, advertimos que, si el calentamiento de agua se realiza con electricidad, este consumo duplica fácilmente el consumo eléctrico de una vivienda tipo.

De la discusión anterior, surge que un requisito básico para que los equipos de ACS minimicen su consumo de energía y sus emisiones de GEI, tanto en su versión convencional como solares térmicos u otra tecnología, **consiste en que se minimicen o eliminen los consumos pasivos** [12]. Si por el contrario, el equipo de apoyo al equipo solar, no tiene consumos pasivos, como por ejemplo un calefón a gas, modulante⁵ clase “A” en eficiencia energética, el ahorro en energía puede ser del orden del 80% respecto a un equipo convencional, o sea un equipo adquirido antes del etiquetado de los equipos de ACS⁶, que puede ser equivalente a un termotanque a gas clase E. La **Figura 4** ilustra este punto.

5. *Modulante: equipo que mantiene la temperatura de salida del agua seleccionada en forma constante y no tiene piloto.*

6. *Desde el año 2013 etiquetado de calefones a gas es mandatorio y a partir de fines de 2018 etiquetado de termotanques a gas.*

Figura 4. SISTEMAS DE AGUA CALIENTE SANITARIA

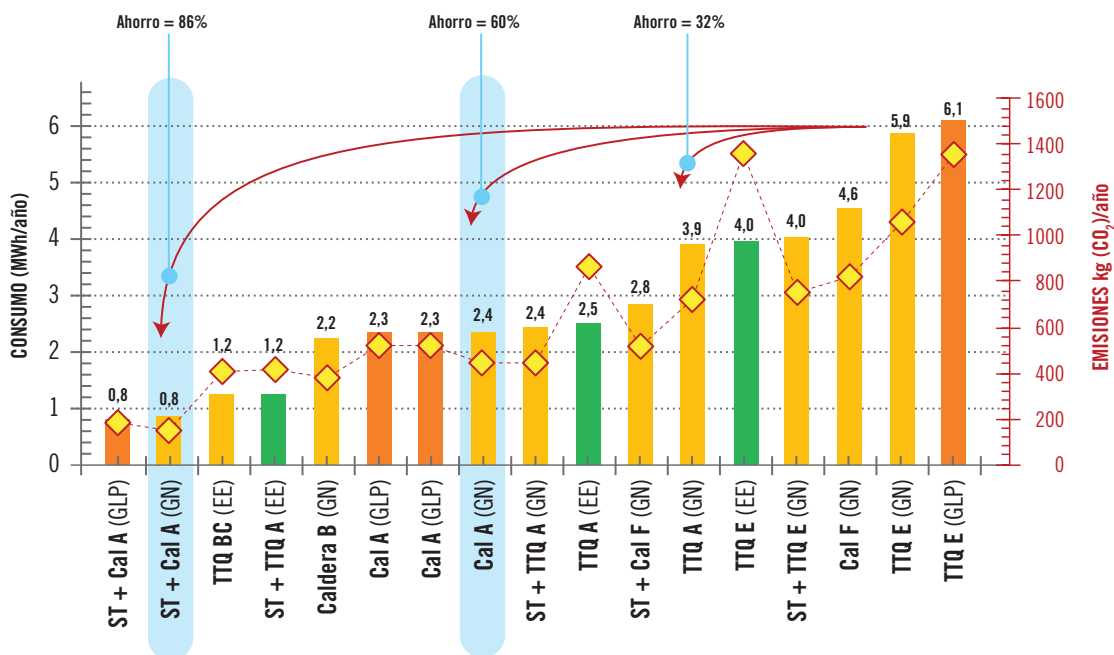


Figura 4. Consumos de energía en el calentamiento de 180 litros/día de agua sanitaria usando distintas tecnologías. La variación del consumo de las diferentes tecnologías es muy notable. La notación: ST significa equipo Solar Térmico, TTQ indica termotanque, Cal es Calefón y TTQ BC es un termotanque con bomba de calor. Los ahorros que un sistema solar híbrido puede aportar son muy significativos si se utiliza como respaldo un calefón modulante sin piloto, clase "A". Asimismo, un calefón clase "A" (GN), consume menos que un sistema híbrido con termotanque de respaldo a gas. Los rombos rojos, referidos al eje vertical derecho, indican las emisiones en kg(CO₂)/año para los distintos equipos. Los números arriba de las barras son los consumos anuales en MWh, tanto de gas como de electricidad. La letra en esta figura indica la clase en etiquetado en eficiencia del equipo de apoyo, ya sea a gas o electricidad. Esta figura ilustra la importancia de diseñar los sistemas solares térmicos híbridos teniendo en cuenta las pautas de eficiencia, para lograr los mejores resultados.

7. Un m³ (GN) equivale a 10,8 kWh.

COSTO Y ASEQUIBILIDAD DE LOS EQUIPOS DE ACS

De la discusión anterior, surge en forma clara la importancia de buscar formas más eficientes de calentar agua sanitaria. En la **Figura 4**, se indicó claramente que un equipo solar híbrido asociado a un termotanque con Bomba de calor o a un calefón modulante clase “A”, tienen los menores consumos de energía. Sin embargo, el consumo de energía constituye solo un aspecto de los costos que están involucrados en la instalación de un equipo de ACS.

Figura 5. COSTO Y EMISIONES DE CO₂

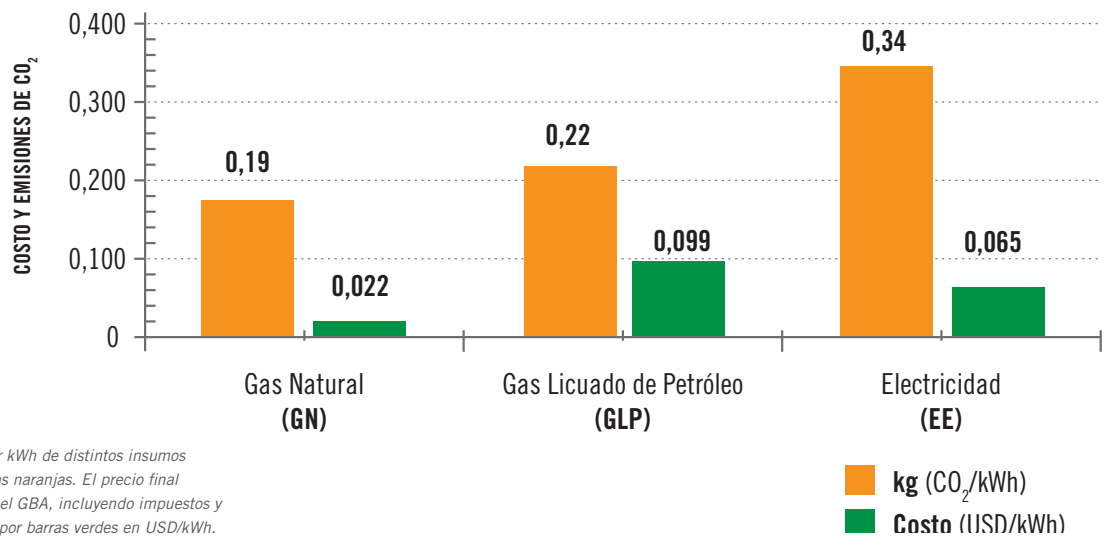


Figura 5. Emisiones de CO₂ por kWh de distintos insumos energéticos en Argentina, barras naranjas. El precio final promedio de estos insumos en el GBA, incluyendo impuestos y cargos fijos, está representado por barras verdes en USD/kWh. Tomando los valores vigentes al 20 de enero de 2020 con un USD=\$62. Los segmentos azules indican la dispersión de precios en distintas regiones de Argentina.

Los equipos de ACS pueden usar distintos tipos de combustible para calentar agua. En Argentina las opciones más comunes son: gas natural por redes (GN), gas licuado en garrafas o tubos (GLP), electricidad (EE) y solares térmicos con algún equipo de apoyo que use uno de los combustibles indicados previamente. Esta diferenciación entre el tipo de combustible es muy importante, ya que la misma unidad de energía en Argentina, tiene precios bien distintos según qué insumo energético se utilice como ilustra la **Figura 5**, que además depende de la provincia que se considere. Por su parte,

dado que el suministro solar es intermitente, los sistemas solares siempre requieren de equipos complementarios que usen energía convencional para calentar el agua (sistemas híbridos). En este estudio se considera además de los sistemas que emplean tecnologías convencionales a gas y electricidad, a aquellos que trabajan con bombas de calor.

En cuanto a los costos, el usuario además del solventar la energía que usa el equipo, debe tener en cuenta el *costo de los equipos, su mantenimiento* y el asociado a la *instalación interna*, sobre todo en el caso del GN. El costo de la instalación interna, sobre todo en el caso del gas natural o de GLP en tubos. Para una vivienda que no exceda los 100 m², estos costos rondan los 1000 USD. Sin embargo, este costo se debe prorratear entre los tres servicios que usualmente usan el gas: cocción, ACS y calefacción. Dado que la instalación de ACS y calefacción implica algún costo adicional asociado a las salidas externas de gases, chimeneas, conductos, etc. a la cocción le asignamos un peso del 25% del costo de la instalación interna, y 37,5% tanto a la calefacción como al ACS. En la **Figura 6**, se muestran los costos de distintas tecnologías de ACS disponibles en el mercado para la región del GBA o CABA en enero de 2020. Los costos indicados aquí son los valores promedio de equipos de buena calidad en su tipo.

Para tener en cuenta que los combustibles se pagan a lo largo del tiempo de la vida útil de los equipos, su costo total se reduce a valor presente usando una tasa de descuento del 7%. Esto se hace para tener en cuenta que el valor del dinero hoy es mayor que la misma cantidad de dinero k años después. Además, al computar los valores en dólares estadounidenses (USD), se minimizan los efectos de la inflación. Lo mismo se hace con el costo de mantenimiento de los equipos, que se supone proporcional al costo del equipo (50%) a realizarse a mitad de su vida útil. Con estos criterios, en la **Figura 6** se muestran los costos totales a lo largo de 15 años en USD. En esta figura se incluyen equipos que funcionan a GN, GLP y EE.

Figura 6. COSTO TOTAL A 15 AÑOS

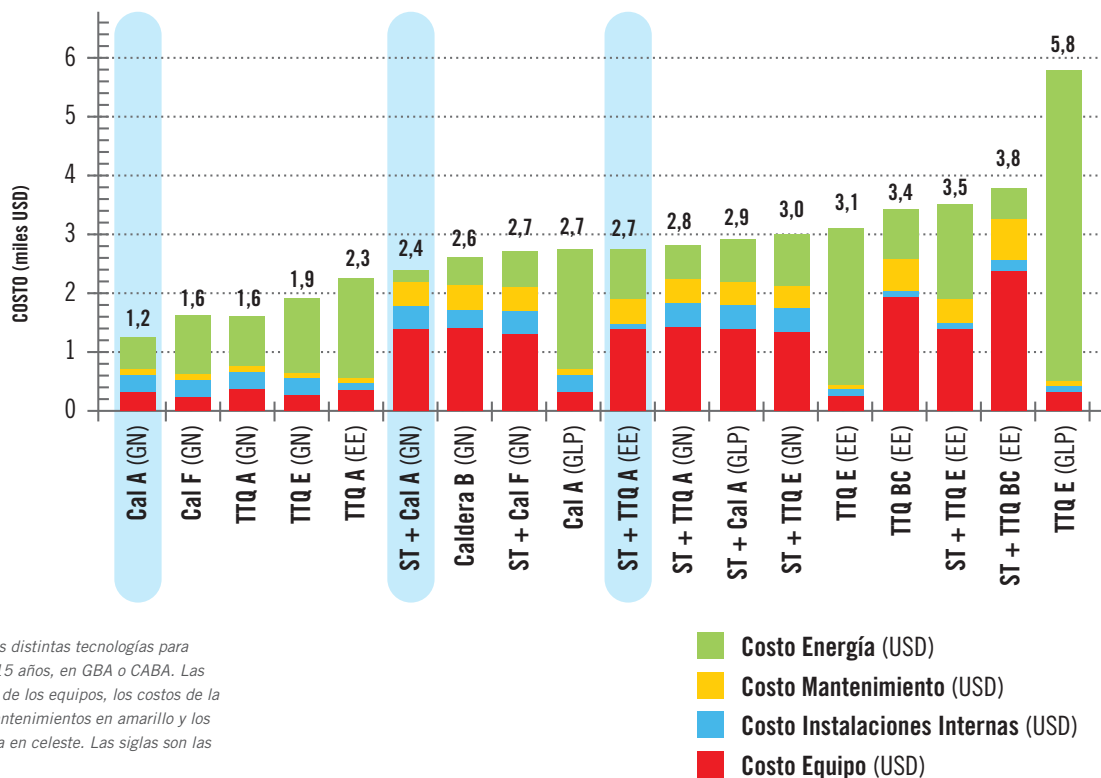


Figura 6. Costos asociados a las distintas tecnologías para equipos de ACS a lo largo de 15 años, en GBA o CABA. Las barras rojas indican los costos de los equipos, los costos de la energía están en verde, los mantenimientos en amarillo y los costos de la instalación interna en celeste. Las siglas son las mismas que en la Figura 2.

Como se ve, el modo más económico de producir ACS en la zona central de Argentina, es utilizando calefones clase “A” a gas natural con encendido electrónico. Si los usuarios tienen acceso a GN, los equipos ST no logran amortizarse en ese tiempo (15 años). Asimismo, se observa, que instalar un sistema ST asociado a un termotanque a gas antiguo o etiqueta “E” (ST + TTQ E (GN)) no es una buena elección, ya que un simple calefón clase “A”, es más económico. Lo mismo sucede para aquellos usuarios que no disponen de GN por redes y dependen de la electricidad o del GLP, los ST no constituyen la mejor opción económica, como lo ilustra la **Figura 6**. Dependiendo del costo de la electricidad, un termotanque eléctrico clase “A” o calefón clase “A” a GLP, pueden ser opciones válidas.

Figura 7. COSTO Y EMISIONES DE CO₂ EN 15 AÑOS

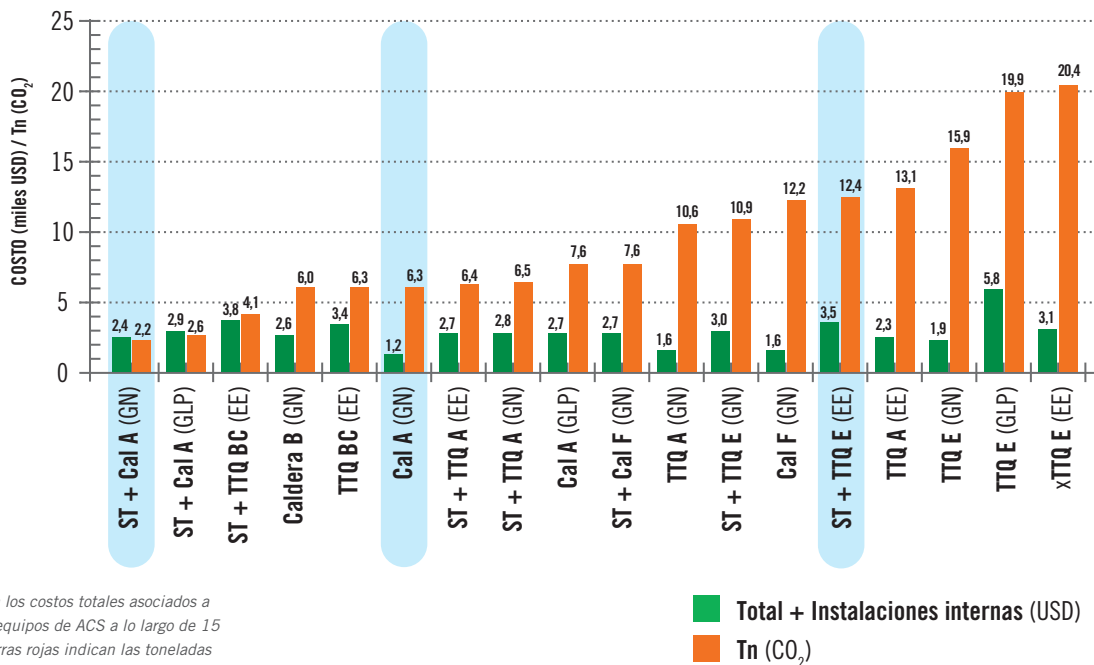


Figura 7. Las barras verdes son los costos totales asociados a las distintas tecnologías para equipos de ACS a lo largo de 15 años, en GBA o CABA. Las barras rojas indican las toneladas de CO₂ emitidas a lo largo de 15 años.

Las tecnologías ST y las bombas de calor, tienen mucha potencialidad por su bajo consumo de energía (Figura 5), sin embargo, debido a su alto costo (Figura 6), se convierten en opciones menos atractivas. Para hacer una evaluación más completa, en la Figura 7 se muestran los costos totales (equipo + instalación + mantenimiento + combustible/insumo energético) a lo largo de los 15 años y las correspondientes emisiones de CO₂ en ese periodo de tiempo. Aquí se ve la ventaja de los sistemas ST, las emisiones de CO₂ de un sistema ST + Cal A (GN) son un tercio de las de un Cal. “A”.

Una barrera importante que se observa para el desarrollo de los sistemas ST en Argentina, es el alto costo inicial comparado con los sistemas convencionales y la carencia de algún tipo de garantía que incluya el mantenimiento al menos por 5 años. El desarrollo de la tecnología ST depende de costos asequibles y una amplia aceptación social. Esto último requiere de un buen funcionamiento y correcto mantenimiento de los sistemas, de modo tal que sus beneficios se extiendan en el tiempo. Resultaría deseable promover la capacitación de los vecinos y de una red de técnicos, para aumentar la aceptación social de esta tecnología. Las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (TIC) favorecen y abaratan el acceso a la difusión de las buenas prácticas y a la consulta.

Figura 8. COSTO TOTAL A 15 AÑOS

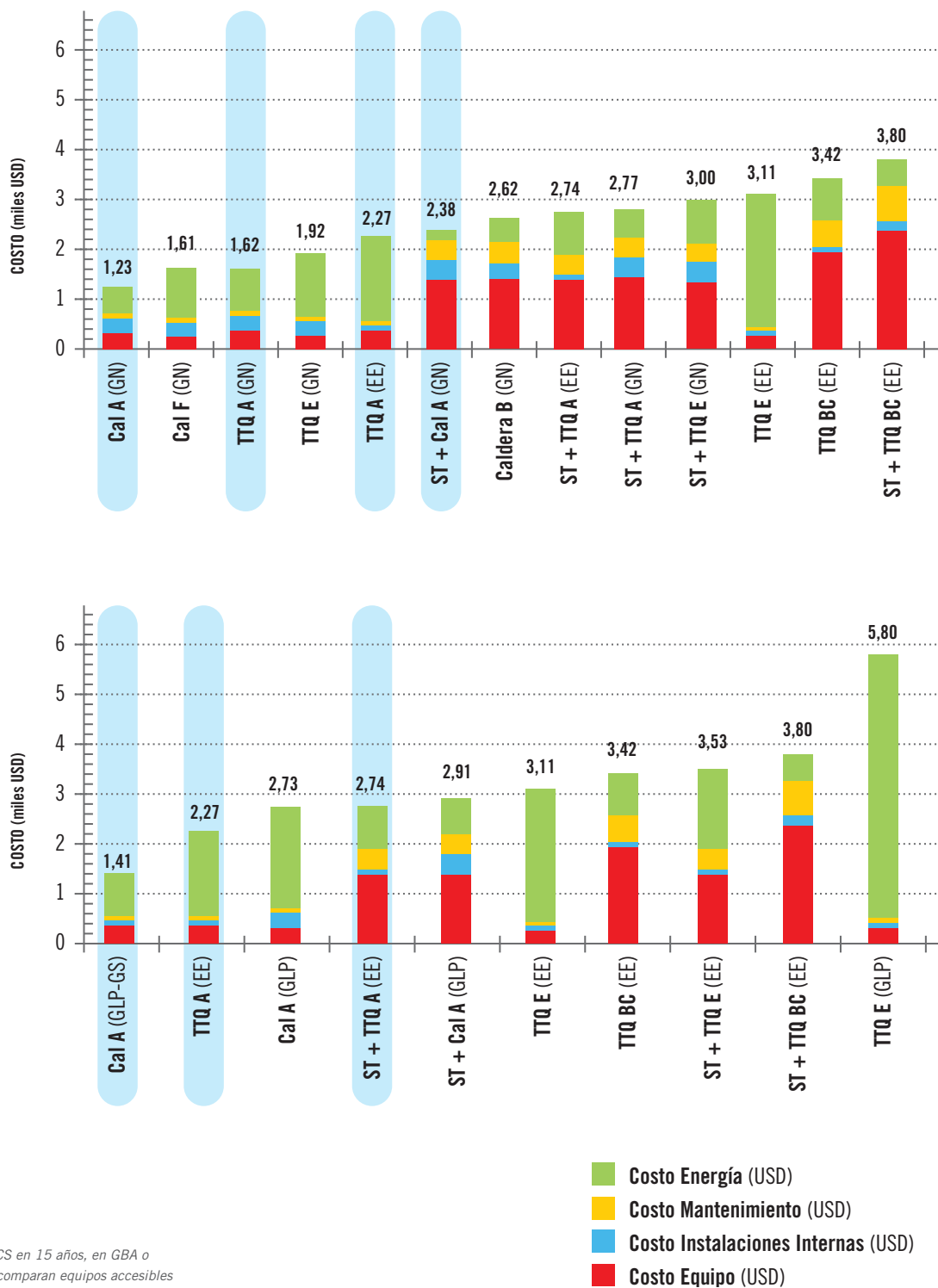


Figura 8. Costos asociados al ACS en 15 años, en GBA o CABA. En el panel superior se comparan equipos accesibles a usuarios conectados a redes de GN y electricidad. En el panel inferior, se comparan los equipos que funcionan a GLP (gas envasado) y electricidad. En ambos paneles se incluye, además, el costo proporcional de la instalación interna (barras azules). GLP-GS indica el costo del GLP para usuarios que disponen de subsidio por garrafa social.

La actual regulación vigente en Argentina exige a los artefactos de calentamiento de agua convencionales, tanto a gas como eléctricos, el cumplimiento de *normas de seguridad, buen funcionamiento y eficiencia* [22]. El etiquetado de eficiencia energética es además un indicador útil y simple para que los usuarios puedan realizar una elección racional de sus equipos. Un consumidor identifica los equipos etiquetados de los que no, independientemente de si utiliza esa información para su compra. La regulación nacional referente a equipos solares térmicos no exige niveles de funcionamiento y eficiencia similares. Tampoco presenta una exigencia de calidad que los equipare con los equipos convencionales para agua caliente. Esta carencia de regulaciones mandatorias, actúa como una barrera adicional sobre el mercado solar térmico. Además, abre el abanico de posibilidades para que proliferen equipos de baja calidad con promesas de prestaciones de ahorro y vida útil, que en muchos casos no se cumplen. De esta manera, la aceptación social de la tecnología ST, está asociada a garantizar que la calidad de los equipos que se comercializan en el país (y en consecuencia los ahorros esperados) esté debidamente certificada, al igual que se exige a los equipos de ACS convencionales. Sumado los altos costos iniciales y la falta de mecanismos de financiamiento, la incertidumbre acerca de las prestaciones de los equipos solares y la escasa información acerca de la calidad del equipo constituye una barrera que frena el avance y desarrollo de esta tecnología.

Otra barrera importante de las nuevas tecnologías proviene de la actual coyuntura nacional. Los equipos en general se cotizan en USD, mientras que las tarifas están en pesos. Así, un equipo solar o bomba de calor implica invertir un valor en dólares al presente para ahorrar pesos a futuro, lo que no resulta una inversión muy atractiva en estos tiempos.

Las opciones más convenientes de calentamiento de agua dependen fuertemente de si el usuario tiene o no, acceso al GN por redes. Si la respuesta es afirmativa, las opciones más convenientes se muestran en el panel superior de la **Figura 8**. En términos de costos, los calefones y termotanques a GN clase “A” y los termotanques eléctricos clase “A”, tienen claramente ventajas importantes. Aunque si se privilegia las emisiones de CO₂, un sistema ST + Cal A (modulante), es la opción más interesante. Por otra parte, para usuarios sin acceso a las redes de GN, pero con acceso al subsidio de garrafa social (GS), un calefón “A”, es la opción más ventajosa. Si no tiene este subsidio, un termotanque eléctrico clase “A” es una buena opción, aunque también se debe considerar en este caso la posibilidad de un sistema ST + termotanque eléctrico clase “A”, como así también un sistema ST + Cal A (modulante) a GLP.

CONCLUSIONES

Del análisis realizado se desprende que el consumo de ACS es en general el segundo consumo en importancia, de una vivienda en Argentina, después del consumo en calefacción. Pero en los sectores de bajos recursos el ACS es el principal consumo de energía en sus viviendas. El consumo de energía empleado en el calentamiento de agua es equivalente al 80% del gas que se importó en Argentina en el año 2019, y tiene una demanda que es casi constante a lo largo de todo el año. Dado que la eficiencia de los sistemas de ACS depende principalmente de un equipo de costo moderado, hay mucha potencialidad de reducción de este consumo, en por lo menos el 50%, por lo que analizar la posibilidad de implementar medidas de eficiencia energética en este segmento del consumo, es muy importante para el sistema energético nacional y para el equilibrio del balance comercial del país. Al mismo tiempo, la implementación de un plan de recambio de equipos, por los más eficientes existentes en el mercado, además de reducir el costo de las facturas en energía de las familias, en especial de las de menores ingresos, reduciría los gastos del estado en los distintos subsidios que otorga, tanto en gas natural, como en electricidad y en GLP. Al mismo tiempo, un plan de recambio de equipos sería una herramienta muy efectiva para promover y reactivar la industria nacional.

Si los usuarios tienen acceso al GN, los equipos ST no logran amortizarse en 15 años. En este caso, el modo más económico de producir ACS en la zona central de Argentina es utilizando calefones “A” a gas natural con encendido electrónico. Asimismo, se observa, que instalar un sistema ST a un termotanque a gas antiguo o etiqueta E (ST + TTQ E (GN)) no es una buena elección, ya que un simple calefón clase “A”, es más económico.

Para aquellos usuarios que no disponen de GN por redes y dependen de la electricidad o del GLP, los termotanques eléctricos clase “A” son en general una buena opción. Los sistemas ST y las bombas de calor no constituyen una mejor opción desde el punto de vista económico, pero si, desde el punto de vista ambiental. Un rol activo del estado podría ser de mucha importancia. En la actualidad, a los usuarios que no tienen acceso al GN por redes, el estado les subsidia tanto la electricidad como el GLP. Si parte de ese subsidio se emplease en reducir el costo inicial de los equipos ST o de los termotanques con bomba de calor, el desarrollo de esta actividad industrial podría ser de mucha importancia para activar este incipiente desarrollo tecnológico en el país y la actividad industrial. Las tecnologías ST y las bombas de calor para agua caliente, tienen mucha potencialidad, por su bajo consumo de energía. Sin embargo, su alto costo inicial los convierte en opciones menos atractivas.

Una barrera importante para el desarrollo de los sistemas solares térmicos, además de su alto costo inicial, es la carencia de una normativa nacional de cumplimiento obligatorio, que asegure el buen funcionamiento, seguridad y eficiencia, a través de un sistema de etiquetado, simple de comprender por los usuarios. Asimismo, sería deseable que los equipos ST ofrezcan garantías a largo plazo, por lo menos de 5 años, que incluyan el mantenimiento y asistencia técnica, que aseguren un buen funcionamiento que se extienda en el tiempo. El desarrollo de la tecnología solar térmica depende de lograr costos asequibles y una amplia aceptación social, por lo cual resultaría deseable promover la capacitación de los vecinos y de una red de técnicos confiables.

Por último, en muchas construcciones nuevas, se han venido eliminando las conexiones a GN. Esta medida tiene un gran impacto en el consumo eléctrico. Los equipos eléctricos convencionales de calentamiento de agua, es decir termotanques eléctricos con resistencia eléctrica, tienen típicamente un consumo eléctrico para calentar unos 180 litros/día de unos 3,3 MWh/año, lo cual es equivalente a todo el consumo medio eléctrico de todos los otros artefactos eléctricos del hogar. Además, al tener que

realizar la cocción en forma eléctrica como así también la calefacción, la demanda eléctrica crece fuertemente en las viviendas electro-intensivas, aumentando a más del doble su consumo eléctrico, comparado con las viviendas que disponen de servicios de GN por redes. Dado lo crítico que resulta el sistema eléctrico en Argentina, este punto debería ser analizado cuidadosamente. Esto hace que el análisis de la eficiencia de los equipos de calentamiento de agua sea un aspecto crucial del sistema eléctrico y de gas del país.

En todos los casos, tanto los usuarios que tienen acceso al GN como los que utilizan electricidad o GLP, se podrían beneficiar en forma significativa, adquiriendo los equipos de ACS con etiqueta “A” o mejor en eficiencia, por lo que sería importante educar a los usuarios a tener muy en cuenta esta recomendación a la hora de renovar sus equipos de ACS. Por último, cabe señalar que el sistema de etiquetado en eficiencia de equipos de ACS en Argentina ya resulta obsoleto, y se hace necesario una revisión. Primero se deberían crear nuevas categorías como A+, A++, etc. para acomodar los equipos más eficientes que surgieron en el mercado. Además, se hace necesario una unificación del sistema de etiquetado, para sistemas de ACS que usan distintos tipos de insumos para funcionar: solar, electricidad, gas natural, GLP, etc. Por último, se hace necesario que las etiquetas informen las emisiones de gases de efecto invernadero, por ejemplo, a través de indicar los kg(CO₂)/año de cada equipo.

Agradecemos el apoyo brindado por el Subsidio CONICET-YPF para la realización de este trabajo, como el apoyo de varias instituciones como: ENARGAS, Ex Subsecretaría de Ahorro y Eficiencia Energética de la Nación. Asimismo, agradecemos a muchos colegas por su apoyo y comentarios, el particular a Christian Navntoft por sus valiosas sugerencias. También agradecemos a Enrique Bezzo, Juan Cáceres Pacheco y José Weisman.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] D. Ürge-Vorsatz y Otros, «Energy End-Use: Buildings», *Global Energy Assessment: Toward a Sustainable Future*, Cambridge, Cambridge University Press, 2012, p. 649–760.
- [2] L. M. Iannelli, «Eficiencia en el Calentamiento de Agua Sanitaria para Uso Residencial en Argentina-Tesis», CEARE-UBA, Buenos Aires, 2019.
- [3] P. Hohne, K. Kusakana y B. Numbi, «A review of water heating technologies: An application to the South Africa», *Energy Reports*, vol. 5, N° 2019, pp. 1-19, 2019.
- [4] Wikipedia, «Bomba de calor», 2020. [En línea]. https://es.wikipedia.org/wiki/Bomba_de_calor
- [5] CAFAGAS Cámara Argentina de Fabricantes de Artefactos a Gas - Buenos Aires, «Cominación Privada», <http://www.cafagas.org.ar/> , 2015.
- [6] Infobae, «La energía solar térmica se expande en la Argentina», INFOBAE, 19 Enero 2019.
- [7] Wikipedia, «Cogeneration», 2019. [En línea]. <https://en.wikipedia.org/wiki/Cogeneration>
- [8] M. Atmaca y Otros, «Application of Cogeneration on a Housing Complex», *Journal of Clean Technology*, vol. 4, N° 2, pp. 129-135, 2016.
- [9] Secretaría de Energía de la Nación Argentina, «Secretaría de Energía de la Nación Argentina», 2020. [En línea]. <https://www.argentina.gob.ar/produccion/energia> [Último acceso: Feb. 2020].
- [10] ENARGAS, «Ente Nacional Regulador del Gas», 2019. [En línea]. www.enargas.gov.ar

- [11] M. Gastiarena y Otros, «Gas versus Electricidad: Uso de la energía en el sector residencial» *Revista Petrotecnia*, vol. LVI, pp. 50-60, Abril 2017.
- [12] L. Iannelli y Otros, «Eficiencia en el calentamiento de agua. Consumos pasivos en sistemas convencionales y solares híbridos» *Revista Petrotecnia*, vol. LV, n° 3, pp. 586-595, Agosto 2016.
- [13] «Consumo de agua en la Ciudad de Buenos Aires- Gobierno Ciudad Autónoma de Buenos Aires», 2013. [En línea].
- [14] IPCC, «AR5 Synthesis Report: Climate Change 2014,» IPCC, [En línea]. <https://www.ipcc.ch/reports/>. [Último acceso: 20 abril 2020].
- [15] P. Sensini, «Eficiencia en la Cocción en Argentina, comparación entre diferentes equipos empleados en la cocción de alimentos», Tesina-UNSAM, Buenos Aires, 2017.
- [16] P. Sensini y Otros, «Eficiencia Energética en la cocción ¿Cuáles son artefactos de cocción más eficientes en Argentina?», *Energías Renovables y Medio Ambiente*, vol. 41, pp. 57-67, Octubre 2018.
- [17] A. Bermejo, E. J. Bezzo, P. L. Cozza, J. A. Fiora, M. A. Maubro, R. Prieto y S. Gil, «Eficiencia de calefones- importancia de los consumos pasivos», Benos Aires, 2013.
- [18] L. Iannelli y S. Gil, «¿Cómo hacer un diagnóstico de los consumos a partir de la factura y reducir los gastos de gas?», *Revista Petrotecnia*, vol. LX, N° 1, pp. 144-146, 2019.
- [19] IDAE, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, «PROYECTO SECH-SPAHOUSEC. Análisis del consumo energético del sector residencial en España», <http://www.idae.es/>, Madrid, 2011.

- [20] A. Lanson y A. Bianchi, «Estimación del Ahorro Energético que podría obtenerse del Uso de Sistemas Termosolares Híbridos en Distintos puntos de Argentina», *Energías Renovables y Medio Ambiente*, vol. 36, pp. 67 - 74, 2015.
- [21] ENARGAS, «Ente Nacional Regulador del Gas - Transporte y Distribución» Ente Nacional Regulador del Gas - Argentina, [En línea]. <https://www.enargas.gob.ar>
- [22] ENARGAS, «Ente Nacional Regulador del Gas - Normativa - Normas Técnicas - Aterfactos», Ente Nacional Regulador del Gas - Argentina, [En línea]. <https://www.enargas.gob.ar/secciones/normativa/normas-tecnicas.php>
- [23] R. Prieto y S. Gil, «¿Cómo se distribuye el consumo residencial de gas? Modos de promover un uso más eficiente del gas», *Revista Petrotecnia*, vol. LIV, N° Dic., pp. 81-92, 2013.
- [24] L. Iannelli y a. et, «Eficiencia en el calentamiento de agua. Consumos pasivos en sistemas convencionales y solares híbridos», *Revista Petrotecnia*, vol. LV, N° 3, pp. 586-595, 2016.
- [25] R. Prieto y S. Gil, «Regulación del termostato: un modo simple y racional de ahorrar energía en calefacción y refrigeración» *Revista Petrotecnia*, vol. LV, N° 5, Dic. 2017, pp. 102-104, 2014.
- [26] S.Gil, «¿Es posible disminuir nuestras importaciones de gas? Petrotécnia (Revista del IAPG)», *Revista Petrotecnia*, vol. LV, pp. 82-91, 2014.
- [27] L. Iannelli y Otros, «Eficiencia en el calentamiento de agua caliente sanitaria en argentina», *Energías Renovables y Medio Ambiente*, ASADES, vol. 39, pp. 21-29, 2017.