



**E**l 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 híbridos<sup>1</sup> y los termotanques que calientan agua con bombas de calor [4] ya están disponibles en el mercado local y sus ventas aumentan a nivel global. Sin embargo, los equipos convencionales de ACS a base de combustibles fósiles (gas) y convencionales eléctricos en la 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 con-

convencionales más eficientes alcancen proporciones más importantes en los niveles local y global.

En algunas zonas urbanas de ciertos 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 la Argentina, el Gas Natural (GN) constituye el componente principal de la matriz energética al aportar 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 casi el 10% del gas consumido en la Argentina. Este notable hecho en parte se explica 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], en consecuencia 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

# Agua caliente sanitaria: los modos más asequibles en la Argentina

Por **Leila Iannelli** (Gerencia Enargas, Escuela de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional de San Martín (UNSAM), **Jorge Fiora** y **Pablo Romero** (Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) y **Salvador Gil** (Escuela de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional de San Martín (UNSAM))

**El calentamiento de agua sanitaria es el segundo consumo de energía en los hogares argentinos, la búsqueda de formas más asequibles, eficientes y sustentables 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 los costos a lo largo de su vida útil.**

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, en cierto modo, son dos caras de una misma moneda.

Una ventaja de la energía solar es que su generación se realiza “en el lugar”, lo cual evita elevados costos de transmisión, distribución e infraestructura.

En este trabajo se analizan las opciones más eficientes y asequibles disponibles en el mercado local, tanto las convencionales como las que utilizan bombas de calor para calentar agua y colectores solares térmicos<sup>2</sup>. Dado que estos últimos están sujetos a fluctua-

ciones 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 este estudio nos proponemos analizar las eficiencias y los costos de los principales equipos de ACS disponibles en la Argentina.

## 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 la Argentina para 2015.

La mayoría de los equipos que se usan para calentar agua en la Argentina funcionan a gas, un 78,5% del total. El estudio de los consumos de

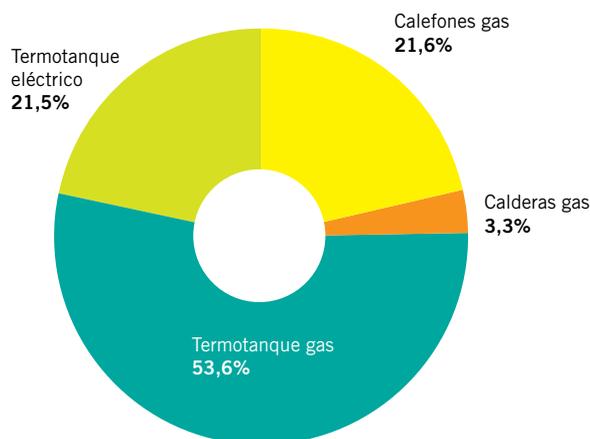


Figura 1. Distribución de la producción de equipos para calentamiento de agua para uso residencial en la Argentina en 2015. Se ve que los artefactos a gas constituyen el 78,5% del total. Fuente CAFAGAS [5].

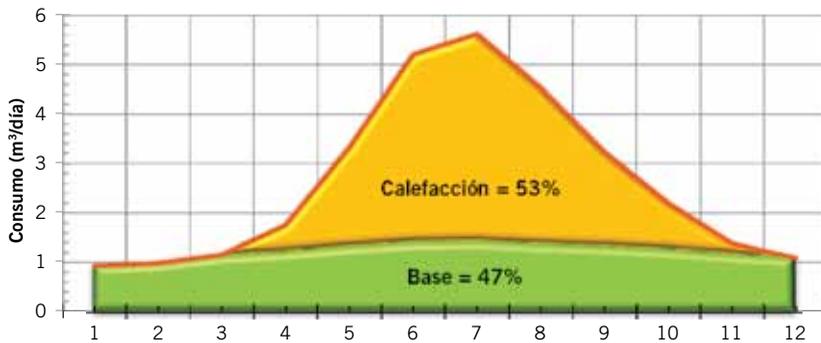


Figura 2. Variación de los consumos específicos residenciales de gas como función de los meses del año (1 a 12). Los datos ilustrados son el promedio del período 2013-2018 para la región centro-norte de la Argentina. Los consumos de los meses de verano en la zona centro-norte de la Argentina coinciden con el consumo base (ACS y cocción, área verde). El incremento del consumo en los meses de invierno puede estar 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].

gas es muy representativo del total, además se dispone de una serie de datos históricos 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 la Argentina, que concentra el 95% de los usuarios del país, la zona sur<sup>3</sup> de la 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 desciende, 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.

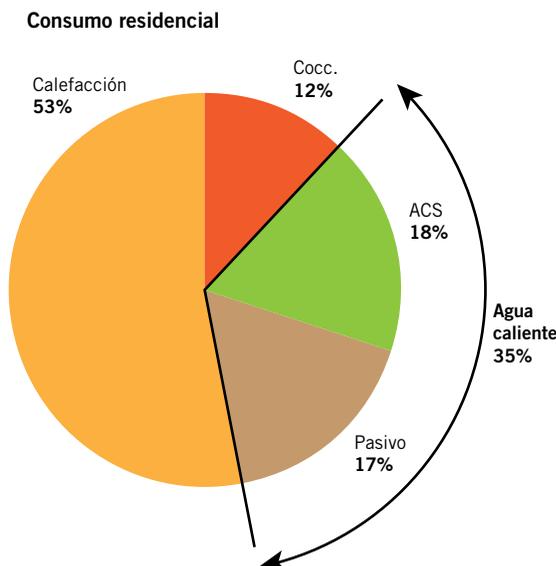
El consumo de cocción puede obtenerse del análisis de los datos de consumo de edificios que tienen servicios de calefacción y calentamiento de agua centrales en varias ciudades de la Argentina. En estos casos, la facturación del gas usado en los sistemas centrales de calefacción y calentamiento de agua

se facturan al consorcio del edificio. 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.

Debido a que en la Argentina hay muchos edificios, cada uno con decenas de unidades individuales con estas características, este estudio puede realizarse sin dificultad en una muestra 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 la Argentina, indica que se usan unos  $0,30 \pm 0,12$  m<sup>3</sup>/día, equivalentes a unos 3,2 kWh/día, para la cocción, lo que puede considerarse representativo de toda la región centro-norte de la Argentina [15], [16]. Como las cocinas a gas tienen una eficiencia promedio del 50% [16], la energía neta que se usa en cocción en la Argentina es en promedio del 1,6 kWh/día.

Asimismo, los consumos pasivos de los equipos de ACS en la Argentina son bien conocidos, del orden de 0,5 m<sup>3</sup>/día para calefones con piloto y algo mayor para los termotanques [12].

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



	Zona centro-norte 2013-2018		Consumo medio 955
		m <sup>3</sup> /día	m <sup>3</sup> /año
Base	Cocc.	0,30	110
	ACS	0,47	171
	Pasivo	0,45	164
	Calefacción	1,4	510

Figura 3. Izquierda, distribución de los consumos promedio de viviendas residenciales de gas para usuarios de la región centro-norte de la Argentina. Derecha, 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<sub>c</sub>=42 °C es de unos 0,47 m<sup>3</sup>/día. Si a este consumo le agregamos los consumos pasivos resulta que en el calentamiento de agua se emplean unos 0,92 m<sup>3</sup>/día (equivalentes a unos 10 kWh/día). El consumo medio de gas total en esta región (base más calefacción) es de 955 m<sup>3</sup>/año, lo que equivale a 10 580 kWh/año. Fuente: datos de consumo de gas residencial de ENARGAS [10].

- i) **Análisis Top-Down** (TD), a partir de los datos de consumo de gas residencial globales de todas las regiones del país disponible en la web de ENARGAS [10].
- ii) **Análisis Botton-Up** (BU), datos de los consumos de una muestra de 99 viviendas de las región del Gran Buenos Aires, en las 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 usuario<sup>4</sup> es en promedio de 1,2 ( $\pm 0,5$ ) m<sup>3</sup>/día. Se considera que en promedio el 0,45 m<sup>3</sup>/día se emplea en pilotos u otros consumos pasivos [17] y un 0,47 m<sup>3</sup>/día en el calentamiento de agua propiamente dicho. La cocción representa  $Q_{coc} = 0,3$  m<sup>3</sup>/día [18]. Suponiendo un consumo pasivo promedio de  $Q_{pas} \approx 0,45$  m<sup>3</sup>/día, (este valor, algo inferior a 0,6 m<sup>3</sup>/día del consumo medio pasivo de un calefón y termotanque, se debe a que hay una fracción del 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  $e_{media} \approx 0,75$ , se puede calcular el volumen de agua caliente con la expresión:

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

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),  $T_{conf} \approx 42$  °C la temperatura de confort del agua caliente y  $T_{media} \approx 18$  °C es la temperatura media del agua a la entrada del artefacto. Con estos valores, el consumo medio resulta de 150 $\pm$ 30 litros/día por usuario u hogar.

Se supone que cada hogar conectado a la red de gas natural tiene 3,1 habitantes, el consumo medio por habitante en la Argentina resulta de 48 $\pm$ 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 considerar 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 con-



sumo, en general se toma el consumo nominal para el diseño de una vivienda en unos 60 litros/día/habitante.

De la figura 3 surge que la energía usada en ACS se puede dividir en dos partes similares: una mitad corresponde 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 supera el 30%, como lo confirman varios ensayos independientes [20]. Este razonamiento pone de relieve un aspecto fundamental del rol de los consumos pasivos en los sistemas solares híbridos [12].

En la Argentina, el número de usuarios residenciales conectados a la red de gas natural 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  $\sim 1$  m<sup>3</sup>/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 m<sup>3</sup>/día de gas natural equivalente para calentar agua en la 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 m<sup>3</sup>/día. Este volumen de gas, equivale a casi el 80% de las importaciones de gas en la Argentina en 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 m<sup>3</sup>(GN)/día) y 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



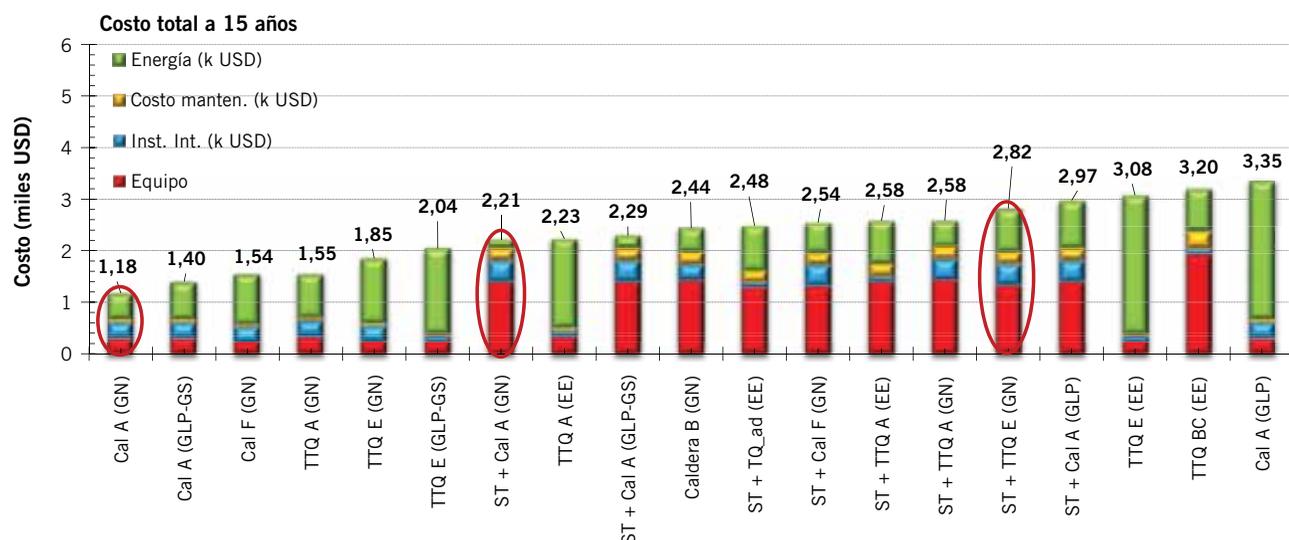


Figura 6. Costos asociados a las distintas tecnologías para equipos de ACS a lo largo de 15 años en GBA o CABA. Las barras rojas indican los costos de los equipos; los costos de la energía están en verde; los mantenimientos, en amarillo y los costos de la instalación interna, en celeste. Las siglas son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

Los equipos de ACS pueden usar distintos tipos de combustible para calentar agua. En la Argentina las opciones más comunes son gas natural por redes (GN), gas licuado en garrafas o tubos (GLP), electricidad 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 en la Argentina la misma unidad de energía tiene precios bien distintos según qué insumo energético se utilice como se ilustra en la figura 5, y depende de la provincia que se considere. Además, en esta figura se indica el precio del GLP que pagan los beneficiarios del subsidio de Garrafas Sociales en la Argentina (GLP(GS)), subsidio para familias de bajos recursos. 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 además de los sistemas que emplean tecnologías convencionales a gas y electricidad, se considera los que trabajan con bombas de calor.

En cuanto a los costos, el usuario además de 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, principalmente en el caso del gas natural o de GLP en

tubos. Para una vivienda que no exceda los 100 m<sup>2</sup>, estos costos rondan los USD1000. Sin embargo, este costo se debe prorratear entre los tres servicios que generalmente usa 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, etcétera, a la cocción le asignamos un peso del 25% del costo de la instalación interna, y un 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.

Teniendo en cuenta que los combustibles se pagan a lo largo del tiempo de la vida útil de los equipos, su costo total se reduce al valor presente usando una tasa de descuento del 7%. Esto se hace para considerar 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 (un 30%) que se realizará a mitad de su vida útil. Con la tasa de descuento usada, el costo del mantenimiento a valores presentes, equivale a un 17% del costo del equipo. Con

estos criterios, en la figura 6 se muestran los costos totales a lo largo de 15 años en USD. Además, en esta figura se incluyen equipos que funcionan a GN, GLP y EE.

Como se observa, el modo más económico de producir ACS en la zona central de la Argentina es con el uso de 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. Además, no solo es una opción más cara, sino que las emisiones de CO<sub>2</sub> a lo largo de su vida útil son mayores a un simple calefón "A", como se observa en la figura 7. Este ejemplo ilustra la necesidad de tener en cuenta la eficiencia energética, a la hora de instalar un sistema de energía renovable. Lo mismo sucede para aquellos usuarios que no disponen de GN por redes y dependen de la electricidad o del GLP, los sistemas solares térmicos (ST) no constituyen la mejor opción económica, como lo ilustra la figura 6. Según el costo de la electricidad, un termotanque eléctrico clase "A" puede ser una opción más económica. Sin embargo, como veremos más adelante, para usuarios sin acceso al GN los equipos ST son opciones más interesantes y sostenibles.

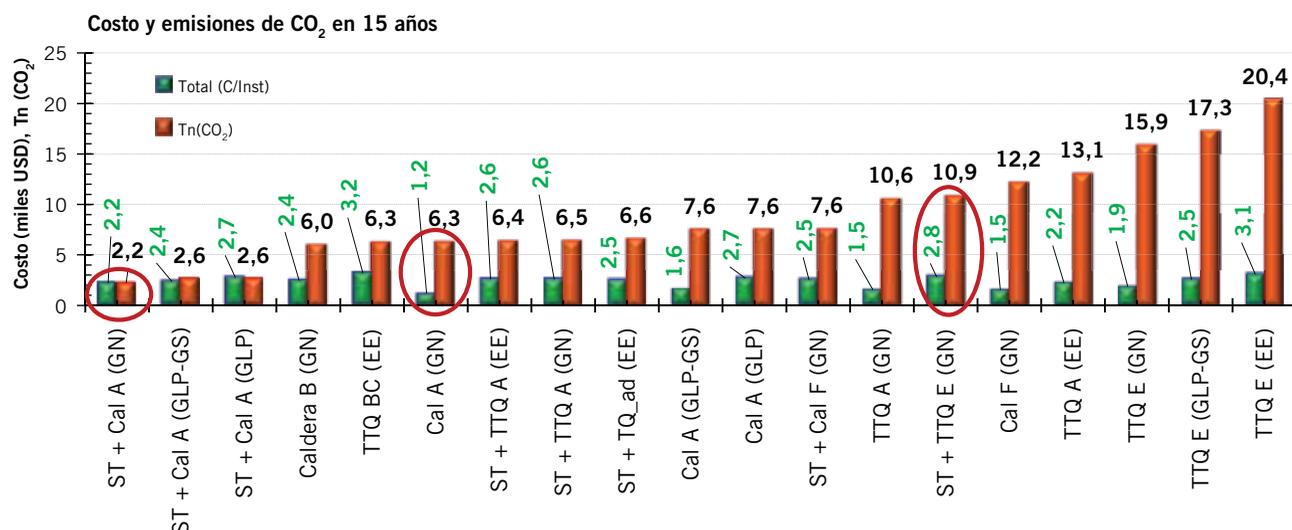


Figura 7. Las barras verdes son los costos totales asociados a las distintas tecnologías para equipos de ACS a lo largo de 15 años en GBA o CABA. Las barras rojas indican las toneladas de CO<sub>2</sub> emitidas a lo largo de 15 años.

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 se convierten en opciones menos atractivas (Figura 6). 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 15 años y las correspondientes emisiones de CO<sub>2</sub> en ese período. Aquí se observa la ventaja de los sistemas ST, las emisiones de CO<sub>2</sub> de un sistema ST+Cal "A" (GN) son un tercio de las de un Cal "A" a GN.

Una barrera importante, que se observa para el desarrollo de los sistemas ST en la 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 un correcto mantenimiento de los sistemas, de modo 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 la consulta.

La regulación vigente en la Ar-

gentina 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 además es 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 que utilice esa información para la 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 coyuntura nacional. Los equipos en general se cotizan en dólares, 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 cual 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 CO<sub>2</sub>, 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.

Por último, a pesar de que los cale-

fonos “A”, con encendido electrónico, aparecen como una opción muy interesante, muchos de los equipos de este tipo que se comercializan en la Argentina, requieren de una presión de agua superior a 0,5 Bar, equivalente a unos 5 m de columna de agua. No todas las viviendas tienen esa presión, ya que requiere tener un tanque de acumulación al menos 5 m sobre el nivel de la flor de la ducha. Esto hace que se requiera el uso de bombas presurizadoras de agua. Esta es una limitación que sería deseable que los fabricantes locales se empeñaran en superar.

## Conclusiones

Del análisis realizado se desprende que el consumo de ACS es, en general, el segundo consumo en importancia, de una vivienda en la 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 la Argentina en 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 al menos un 50%, por lo tanto es importante para el sistema energético nacional y el equilibrio del balance comercial del país analizar la posibilidad de implementar medidas de eficiencia energética en este segmento del consumo. 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. Así un plan de recambio de equipos sería una herramienta 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 la Argentina es con el uso de 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 calefón clase “A” es más económico.

Para los usuarios que no disponen de GN por redes y dependen de la electricidad o del GLP, los termotanques eléctricos clase “A” son una buena opción. Los sistemas ST y las bombas de calor no constituyen las mejores opciones desde una perspec-

tiva económica, pero sí desde el punto de vista ambiental.

Un rol activo del Estado podría ser de mucha importancia. En la actualidad, el Estado les subsidia tanto la electricidad como el GLP a los usuarios que no tienen acceso al GN por redes. Entendemos que si parte de ese subsidio se empleara 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

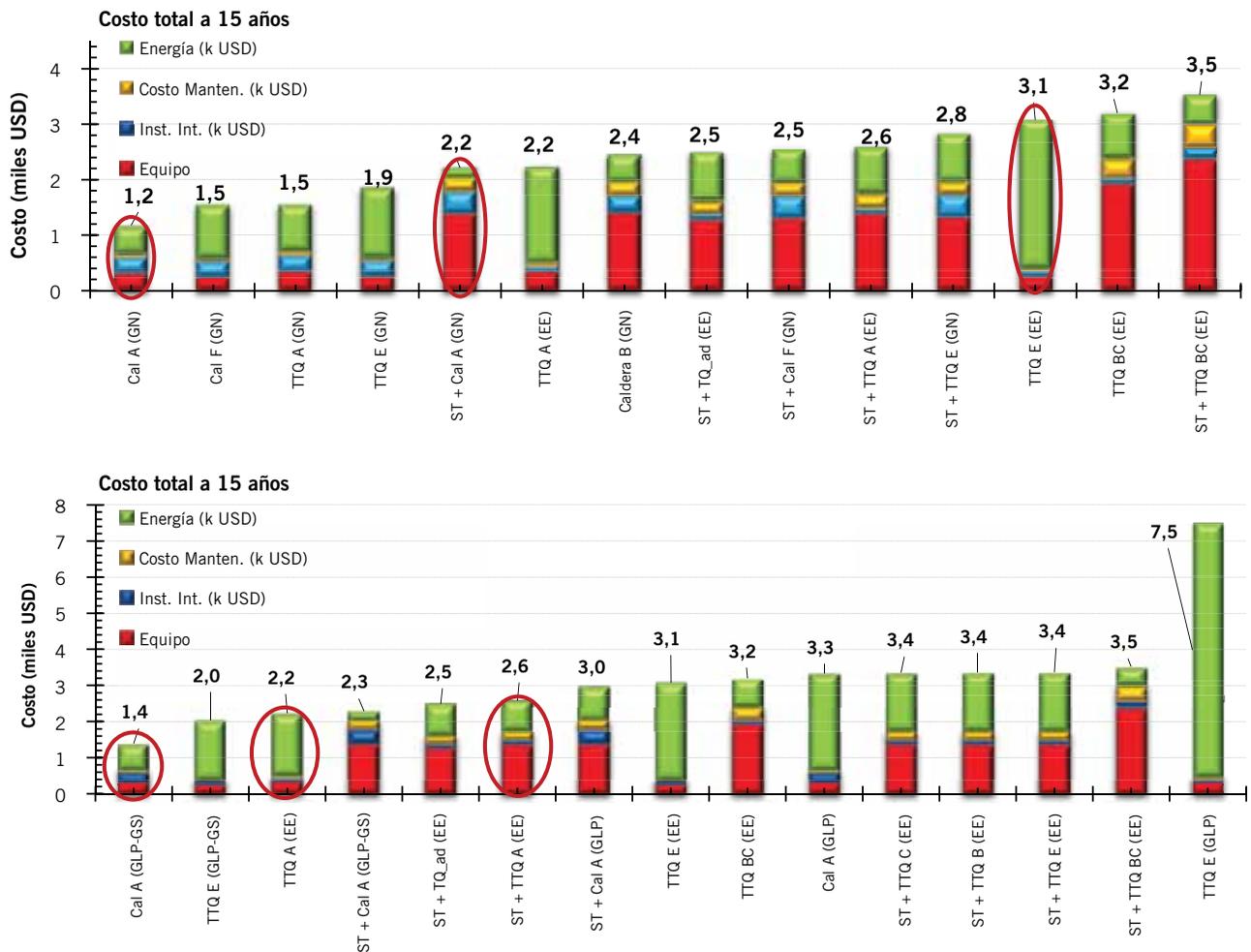


Figura 8. Costos asociados al ACS en 15 años en GBA o CABA. En el panel superior se comparan equipos accesibles a usuarios conectados a redes de GN y electricidad. En el panel inferior, se comparan los equipos que funcionan a GLP (gas envasado) y electricidad. En ambos paneles se incluye, además, el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

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, la seguridad y la eficiencia, por medio de un sistema de etiquetado de fácil comprensión para los usuarios. Es deseable que los equipos ST ofrezcan garantías a largo plazo, por lo menos de 5 años, que incluyan el mantenimiento y la asistencia técnica y 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 fundamental promover la capacitación de los vecinos y de una red de técnicos confiables.

Por último, en muchas construcciones nuevas se han eliminado las conexiones a GN. Esta medida tiene un gran impacto en el consumo eléctrico. Los equipos eléctricos convencionales de calentamiento de agua, es decir termostatos 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 vi-

viendas 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 la 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 eso es crucial educar a los usuarios para que tengan 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 la Argentina resulta obsoleto, y es 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 imprescindible 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 requiere que en las etiquetas se informen las emisiones de gases de efecto invernadero, por ejemplo, al indicar los kg (CO<sub>2</sub>)/año.

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 sus comentarios, en particular a Christian Navntoft por sus valiosas sugerencias. También agradecemos especialmente a Enrique Bezzo, Juan Cáceres Pacheco y José Weisman. ■

## Bibliografía

- [1] Üрге-Vorsatz, D. y otros, *Energy End-Use: Buildings*, de Global Energy Assessment: Toward a Sustainable Future, Cambridge, Cambridge University Press, 2012, pp. 649-760.
- [2] Iannelli, L. M., "Eficiencia en el Calentamiento de Agua Sanitaria para Uso Residencial en Argentina-Tesis", CEARE-UBA, Buenos Aires, 2019.
- [3] Hohne, P., 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]. Disponible en: [https://es.wikipedia.org/wiki/Bomba\\_de\\_calor](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] "La energía solar térmica se expande en la Argentina", *Infobae*, 19 de enero de 2019.
- [7] Wikipedia, "Cogeneration", 2019. [En línea]. Disponible en: <https://en.wikipedia.org/wiki/Cogeneration>.
- [8] Atmaca, M. 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, [En línea]. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/produccion/energia>. [Último acceso: febrero 2020].
- [10] ENARGAS, "Ente Nacional Regulador del Gas", 2019. [En línea]. Disponible en: [www.enargas.gov.ar](http://www.enargas.gov.ar).
- [11] Gastiarrena M. y otros, "Gas versus Electricidad: Uso de la energía en el sector residencial", *Petrotecnia*, vol. LVI, pp. 50-60, abril 2017.
- [12] Iannelli L. y otros, "Eficiencia en el calentamiento de agua. Consumos pasivos en sistemas convencionales y solares híbridos". *Petrotecnia*, vol. LV, n° 3, pp. 586-595, agosto 2016.
- [13] "Consumo de agua en la Ciudad de Buenos Aires- Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires", 2013. [En línea].
- [14] "IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007", [En línea]. Disponible en: [https://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/wg1/es/faq-2-1.html](https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/es/faq-2-1.html). [Último acceso: 20 de julio de 2016].
- [15] Sensini, P. "Eficiencia en la Cocción en Argentina, comparación entre diferentes equipos empleados en la cocción de alimentos", *Tesina-UNSAM*, Buenos Aires, 2017.
- [16] Sensini P. 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] Bermejo A., 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", Buenos Aires, 2013.
- [18] Iannelli L. y S. Gil, "¿Cómo hacer un diagnóstico de los consumos a partir de la factura y reducir los gastos de gas?", *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] Lanson A. 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] "Trends in global water use by sector United Nations Environment Programme (UNEP)", [En línea]. Disponible en: <http://www.unep.org/dewa/vitalwater/article43.html>. [Último acceso: 29 de junio de 2016].
- [22] ENARGAS, "Ente Nacional Regulador del Gas - Normativa - Normas Técnicas - Artefactos," Ente Nacional Regulador del Gas - Argentina, [En línea]. Disponible en: <https://www.enargas.gov.ar/secciones/normativa/normas-tecnicas.php>.
- [23] Prieto R. y S. Gil, «¿Cómo se distribuye el consumo residencial de gas? Modos de promover un uso más eficiente del gas,» *Petrotecnia*, vol. LIV, n° Dic., pp. 81-92, 2013.
- [24] Iannelli L. y otros, "Eficiencia en el calentamiento de agua caliente sanitaria en Argentina", *Energías Renovables y Medio Ambiente*, ASADES, vol. 39, pp. 21-29, 2017.

1 Sistema solar térmico complementado con un sistema de energía convencional. [24]

2 Dispositivo diseñado para absorber la radiación solar y transformarla en energía térmica para calentar el agua. [24]

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

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.

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

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

7 Un m<sup>3</sup> (GN) equivale a 10,8 kWh.