



Por **Pablo Sensini** y **Salvador Gil** (Escuela de Ciencia y Tecnología - Universidad Nacional de San Martín);
y **Pablo Romero**, **Pedro Cozza**, **Jorge Fiora** (INTI Energía)

Puesto que la cocción es el servicio energético más básico e indispensable en la sociedad, para las familias de bajos ingresos que usan gas envasado o leña, este consumo tiene un alto impacto en sus presupuestos y en su calidad de vida. En este trabajo se comparan las eficiencias energéticas y las emisiones de CO₂ de las tecnologías más usadas de cocción: gas, electricidad, inducción y microondas, entre otras.

Se estima que cerca del 37% de la población mundial, todavía cocina con leña. Existen varios programas internacionales, que procuran mejorar la calidad de vida de estas personas en el mundo: entre ellas el Programa de la Naciones Unidas, Sustainable Energy for all (SE4all)¹, Alliance for Clean Cookstove² y la Alianza Global de GLP (gas licuado de petróleo) que es una alianza público-privada respaldada por la ONU que busca impulsar el uso de GLP como combustible limpio para cocinar en hogares de bajos recursos.³

En la Argentina, el 98% de los hogares argentinos dispone de acceso a los servicios eléctricos y cerca del 57% de los hogares están conectados a las redes de gas natural (GN), aproximadamente 39% consumen gas embazado o gas licuado de petróleo (GLP). Sin embargo, algo más de un millón de personas en el país (3%), todavía dependen de la leña para cocinar.⁴

El GN constituye el principal componente de la matriz energética nacional, aportando más del 50% de la energía primaria del país.⁷ Alrededor del 27% del gas se distribuye a través de redes a los usuarios residenciales. En la figura 1 se muestra la variación del consumo diario por usuario* promedio o consumo específico residencial medio de la Argentina a lo largo de un año. Los datos que se muestran en esta figura son los promedios mensuales de los consumos residenciales específicos, para los años 2010 al 2017 de la región centro-norte de la Argentina. Los consumos de los meses de

Los artefactos de cocción más eficientes en la Argentina

verano (enero y diciembre) coinciden con el *consumo base*, es decir el consumo de gas usado en cocción y calentamiento de agua, área verde en la figura 1. Como se observa en esta figura, esta separación puede realizarse de manera simple, ya que la variación de consumo base es relativamente suave con la temperatura y como veremos puede determinarse bastante bien a partir de los datos de consumo informados por ENARGAS.⁶ La abultada joroba amarilla de los meses de invierno, corresponde al consumo de calefacción y en promedio es del orden del 55% ($\pm 4\%$) del total del consumo residencial de gas. Claramente esta proporción puede cambiar según la rigurosidad de los inviernos.

Por su parte, 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 este caso, el consumo de las unidades o departamentos individuales de estos edificios, está asociado principalmente al consumo de cocción. Dado que, en el país, hay muchos edificios, cada uno de ellos con decenas de unidades individuales, con estas características, este estudio puede

realizarse muy bien, ya que las distribuidoras disponen por lo general el registro de estos consumos por más de una década. La hipótesis implícita en esta observación, es que los consumos promedio de cocción, no difieren demasiado con la condición socioeconómica de la familia, sino que solo depende de número de habitantes en la vivienda.

En la figura 2 se muestran los consumos en función de la temperatura. Como puede observarse, el consumo para la cocción también depende de la temperatura, aumentado en los días fríos. Este comportamiento refleja la característica de que las personas tendemos a comer comidas más livianas y frías en los días calurosos que en los días fríos. Se supone que los consumos asociados a la cocción, son aproximadamente similares para todos los sectores sociales. El consumo de $0,30 \pm 0,12$ m³/día, equivalente a unos 3,2 kWh/día para la cocción,⁸ puede considerarse representativo de toda la región centro norte, como se muestra en la figura 2.

Casi todos los equipos de calentamiento de agua que se usan en la Argentina tienen importantes consumos pasivos, esto es la llama piloto en los calefones o en el caso de los equipos de acumulación de agua caliente o termotanques, se refiere al consumo necesario para mantenerlos caliente,

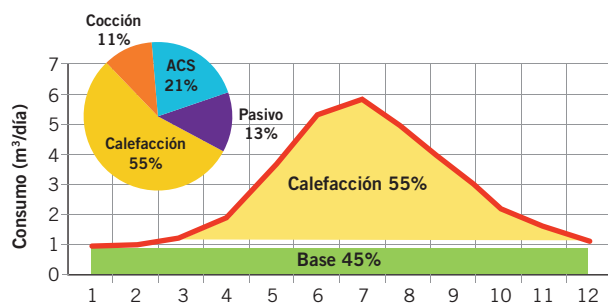


Figura 1. Variación de los consumos específicos residenciales de gas como función de los meses del año. Los datos ilustrados son el promedio de los años 2010 al 2017 para la región centro-norte de la Argentina. El diagrama de torta de la parte superior izquierda muestra cómo se distribuye el consumo de gas residencial entre sus distintos usos. Los consumos pasivos, se refieren a los consumos de mantenimiento de termotanque y pilotos de calefones asociado a los sistemas de calentamiento de agua. El consumo de gas usado en calentar agua sanitaria (ACS) es la suma de calentamiento de agua propiamente y los consumos pasivos, es decir es del 34%.

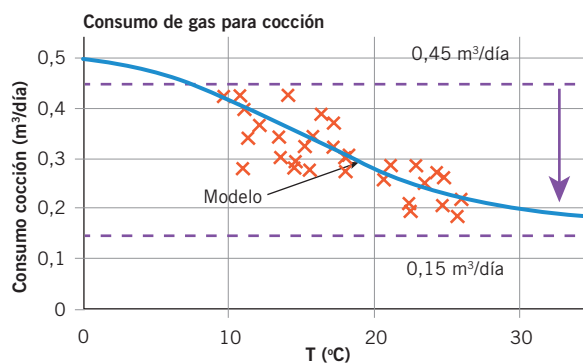


Figura 2. Consumo de gas para cocción. Datos obtenidos de edificios de CABA con servicios centrales. El consumo promedio de gas para cocción es de $0,3 \pm 0,15$ m³/día. Este consumo es consistente con un uso diario de hornallas medianas de 80 min y de 15 min de horno.

Fuente: elaboración propia en base a datos suministrados por Metrogas.

aun en ausencia de consumo de agua caliente. Para los termotanques, este consumo pasivo de mantenimiento generalmente es superior al consumo de los pilotos. Esto se debe a que aun sin consumo de agua, su quemador se enciende periódicamente para mantener el agua caliente, aun con el piloto encendido permanentemente. Estos consumos pasivos ocurren las 24 horas del día, ya sea que se consuma o no agua caliente. Los consumos pasivos de los pilotos de calefones son del orden del 0,5 m³/día y el de los termotanques varía entre 0,5 a 0,75 m³/día.⁸ Obsérvese que estos consumos pasivos, en general, son mayores que la energía que se precisaría para calentar todo el volumen de agua sanitaria que una familia típica usa en la Argentina, unos 185 litros por día, equivalente a 56 litros/día/persona, desde la temperatura ambiente media (17 °C) a la temperatura de confort de unos 42 °C. El consumo de gas equivalente para hacer este calentamiento sería de 0,5 m³/día, equivalente a 5,7 kWh/día. Asimismo, estos consumos pasivos son, en general, mayores a todo el consumo de gas que una familia tipo usa para cocinar en la Argentina (Figura 1).

Eficiencia de anafes de cocción

Hay varios procedimientos empleados internacionalmente para la medición del rendimiento o eficiencia de los anafes.^{9, 10} La mayoría consisten en la medición simultánea del calentamiento de una determinada masa de agua entre dos temperaturas y de la energía utilizada en las hornallas o quemadores para generar ese calentamiento, como se ilustra esquemáticamente en la figura 3.¹¹ De hecho este tipo de metodología es la utilizada en las Normas Argentinas de Gas (NAG 312). La eficiencia η_E de los quemadores de plancha o anafes puede expresarse como el cociente entre el calor entregado al sistema de interés o energía útil, $E_{\text{útil}}$ (recipiente + contenido) y el máximo calor que puede generar el gas o la electricidad, E_{Energ} esto es:

$$\eta_E = \frac{E_{\text{útil}}}{E_{\text{Energ}}} \quad (1)$$

La energía útil es la energía que se entrega al agua para aumentar su temperatura en una cantidad DT , es decir: $E_{\text{útil}} = (m_{\text{olla}} + m_{\text{agua}}) \cdot c \cdot DT$. Aquí m_{olla} y m_{agua} son las masas de la olla y el agua contenida en ella, mientras que c hace referencia al calor específico de la olla y el agua, respectivamente. En el caso de anafes a gas, al volumen de gas usado para generar este calentamiento lo designa con V_{gas} en condiciones estándares de presión y temperatura ($T=$ y $P=1$ Atm),¹² y si H_s representa el poder calorífico superior del gas, la energía usada en el calentamiento es:

$$E_{\text{Energ}} = V_{\text{gas}} \cdot H_s \quad (2)$$

Para el caso de la electricidad:

$$E_{\text{Energ}} = \text{energía eléctrica consumida} \quad (3)$$

Es decir, E_{Energ} es la energía eléctrica usada en el calentamiento del agua, entre la temperatura inicial (temperatura ambiente) T_i y la final T_f y $DT=T_f-T_i$. Los equipos modernos de medición, brindan este valor de E_{Energ} .

Para los ensayos realizados, la energía útil es igual a la

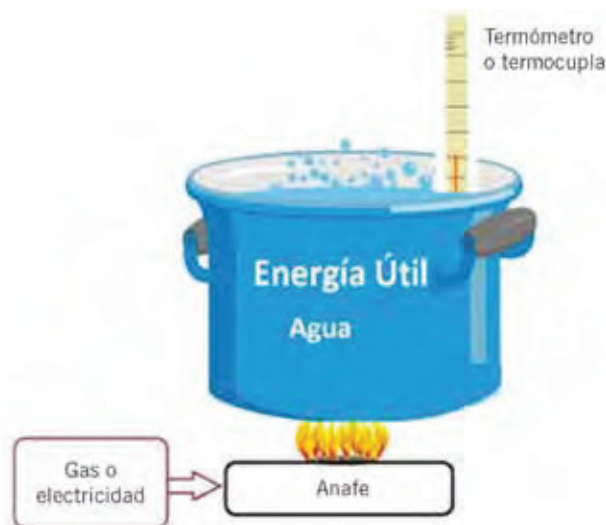


Figura 3. Energía útil y consumida por la olla. Esquema de arreglo experimental para medir la eficiencia. Se mide la masa de agua en la olla y su temperatura inicial y final. Al mismo tiempo, se miden los consumo de gas o electricidad usados para generar este aumento de temperatura.

suma de la energía necesaria para calentar una determinada cantidad de agua hasta los $T_f = 95$ °C, más la energía necesaria para calentar el recipiente hasta los $T_f = 95$ °C. Todas las mediciones se realizaron manteniendo este protocolo y utilizando la misma olla, para contabilizar de manera similar la energía asociada a la evaporación (no ebullición, ya que no se alcanza este punto). En nuestro estudio se sigue el espíritu de la norma NAG 312, generalizándolo para cocinas eléctricas, inducción, etc. No utilizamos recipientes de aluminio como establece la norma NAG 312, ya que no son apropiados para las cocinas a inducción u hornos de microondas.

Método experimental

Para utilizar una cocina de inducción se requiere de una olla especial con base ferromagnética. Esto se debe a que la cocina a inducción utiliza un campo electromagnético de la alta frecuencia (entre 20 y 40 kHz) que por efecto de Foucault calienta la base de la olla.¹³ Esta base de la olla su vez calienta el contenido de la misma.

Para lograr que las condiciones de ensayo, con todas las diferentes cocinas o anafes, sean iguales o lo más homologables posibles, (es decir, las que usan GN, GLP, eléctrica a resistencia o eléctrica a inducción), se usó la misma olla en todas las mediciones**. Esta elección del recipiente, hace que nuestros resultados no sean exactamente homologables con los resultados de las eficiencias medidas con la NAG 312, que usa recipientes de aluminio. Sin embargo, nuestra elección nos permite hacer mediciones comparativas confiables entre las distintas tecnologías de anafes, que las ollas de aluminio de la NAG 312 no permitirían. Comparado con los resultados de la NAG 312, nuestros resultados no difieren en más del 5% con ellos, en los casos que es posible comparar los resultados, anafes a gas.

En el caso del horno de microondas, que solo puede usar recipientes no conductores, se usó un recipiente de vidrio, pero con una masa equivalente a la de olla de acero inoxidable. Con la pava eléctrica, solo se calentó agua. En todos los casos que fueron posibles, se midió el calentamiento

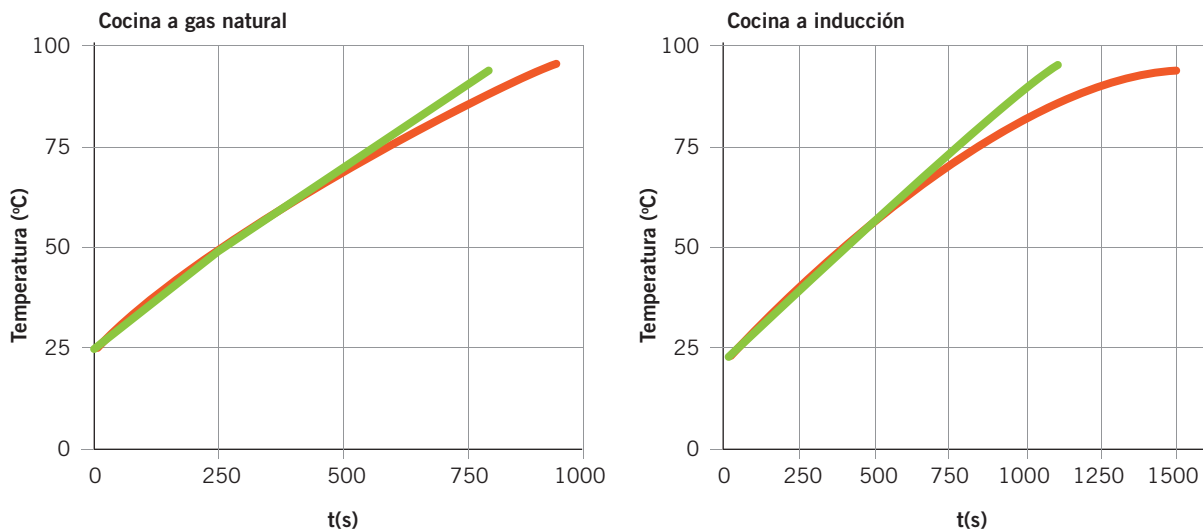


Figura 4. Evolución de temperatura para el mismo ensayo con y sin tapa de un anafe a inducción (izquierda) y otro a GN. (derecha). Las curvas en verde representan la evolución de los ensayos con tapa, y las rojas sin la tapa. El hecho que para la misma potencia de calentamiento, la olla con tapa (curva roja) alcanza para una dado tiempo mayor temperatura que una olla destapada (curva roja).

con y sin tapa. En la figura 4 se muestran dos resultados típicos para un anafe a gas y otro a inducción.

Se realizaron medidas con al menos dos masas de agua de 1,5 kg y 3 kg, y en cada caso se registró su valor. Se introducía una termocupla por el orificio de la tapa constatando que la unión sensible a la temperatura de la misma estuviese inmersa en agua un par de centímetros dentro del agua y a unos 4 cm encima del fondo. En el caso de ensayos sin tapa, se colocaba la termocupla de manera que estuviese centrada en el recipiente y a 4 cm del fondo. Una segunda termocupla registraba la temperatura ambiente, a un metro de la olla y lejos de interferencias del anafe.

Las termocuplas se conectaban a un *datalogger*, que registraba las temperaturas a intervalos de tiempo regulares a lo largo de todo el ensayo, típicamente cada 30 segundos. El *datalogger* registraba asimismo el consumo de gas o la energía eléctrica consumida durante la medición. Cuando la temperatura del agua superaba los 95 °C, se concluía el ensayo.

Resultados

En todos los casos la *eficiencia final* de los artefactos se determina usando la Ecs (1), (3) o (4). Esto es así, porque el valor de E_{Energ} que se usa en el denominador es el resultado de la medición de la energía final, cualquiera sea ella, GN, GLP o electricidad. A $EEnerg$ se lo denomina de energía final y mide la energía usada para calentar. El valor de $EEnerg$ no tiene en cuenta los procesos necesarios para generarla, en algunos casos, como la electricidad, $EEnerg$ es muy distinta a la energía primaria que se utiliza en general.

El anafe a inducción es el equipo de cocción con mayor eficiencia final para el calentamiento de distintos volúmenes de agua, tanto para la olla con tapa, como sin, superando a cualquier otro anafe, excepto la pava eléctrica que no es de uso gastronómico, sino que solo calienta agua. Como se ilustra en la figura 5, la eficiencia promedio de una olla a inducción (con/sin tapa) es del 80%. Luego le siguen en eficiencia los anafes resistivos (convencional o con vitrocerámico), con eficiencias finales en promedio por encima del 70%.

El horno microondas es el equipo eléctrico de menor

eficiencia final, que es del orden del 50%, muy inferior a la de los demás artefactos. Los anafes a GN y GLP tienen rendimientos finales del orden del 50%, es decir en estos equipos casi el 50% de la energía se pierde al ambiente, gran parte de la pérdida se van como gases calientes resultados de la combustión y pérdidas en las ollas, por radiación, conducción, convección con el aire y evaporación de agua.

Efecto de la tapa: un resultado notable de estos ensayos es que en todas las tecnologías, el uso de la tapa en las ollas es muy importante. En efecto, una olla con tapa mejora la eficiencia de calentamiento el alrededor del 30%. Esta mejora es mayor en los equipos a gas que en lo de inducción.

Si se observa la figura 4, se puede visualizar el efecto de la tapa. Esta figura muestra las curvas de calentamiento para dos ensayos similares, con y sin tapa, en un anafe a inducción y otro a GN. Esta gráfica permite comprender la razón de la diferencia del uso de la tapa en las cocinas de inducción frente a las de GN. A temperaturas mayores a 70 °C, la evaporación comienza a aumentar en forma muy rápida. Por lo tanto, si el recipiente permanece mucho tiempo entre las temperaturas de 70 °C y 100 °C con la olla destapada, la evaporación será más larga y removerá mayor cantidad de energía del líquido, haciendo que su tasa de calentamiento disminuya. En el caso de la cocina a gas, al perder más energía por evaporación, la eficiencia de cocción, será menor. Con el anafe a inducción, la tasa de calentamiento es más rápida y la pérdida de energía por evaporación es menor.

En la figura 5, con barras azules, se muestran una síntesis de los resultados de nuestras mediciones de eficiencia de energía final para las distintas tecnologías analizadas.

Eficiencia efectiva o eficiencia del pozo a la olla

Nuestros resultados indican que el anafe de inducción es el equipo de mayor eficiencia de cocción, si solo se tiene en cuenta la *energía final* usada. Sin embargo, este es un re-

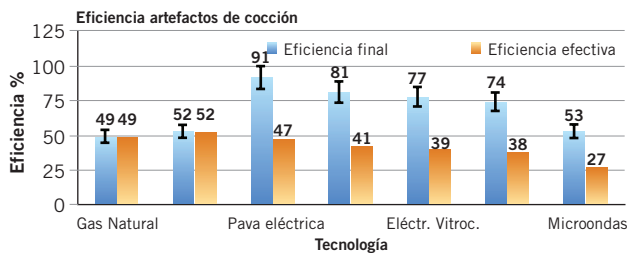


Figura 5. Eficiencia final (barras azules) y eficiencia efectiva (barras naranjas) de los artefactos de cocción con tapa de los distintos dispositivos estudiados en este trabajo. Estos valores son representativos de los equipos de marcas reconocidas en el mercado local en 2016-2017. Es claro que dentro de cada clase de equipos puede haber un rango de eficiencia, que definen su eficiencia final. Este gráfico indica una comparación entre equipos promedios dentro de cada tecnología.

sultado parcial que debe ser evaluado en un contexto más general. A la hora de comparar eficiencias de equipos que prestan el mismo servicio, usando distintos tipos de energía final o vectores energéticos, es preciso tener en cuenta los distintos procesos de transformación que tienen lugar hasta obtener el vector energético que alimenta cada equipo de cocción: GN, GPL, electricidad, etc. Además, como todos estos procesos tienen eficiencias que son inferiores al 100%, toda esta cadena de transformaciones genera pérdidas y emisiones de gases de efecto de invernadero que es necesario contabilizar. Asimismo, es importante tener en cuenta que el costo de una unidad de energía, tiene valores muy diferentes según el vector que se use. Así, la misma unidad de energía en la Argentina puede costar entre dos a tres veces más, según se trate de electricidad o GN, respectivamente (Tabla 1).

Emisiones de GEI por unidad de energía (kWh)

g(CO ₂ /kWh)	Factor de Emisión (FCIE)	Nota	
Gas Natural (GN)	179	1	Combustión
GLP	217	1,21	Combustión
Electr. (GN+CC)	320	1,79	Electricidad
Electr. (RA-Total)	343	1,92	Electricidad
Electr. (RA-Térm.)	530	2,96	Electricidad
Electr. (Carb.)	1000	5,59	Electricidad

Tabla 1. Emisiones de CO₂ de los distintos insumos energéticos en la Argentina. La segunda columna de los g (CO₂) emitidos por cada kWh del insumo usado. Los valores de emisión de las dos primeras filas se refieren a sus emisiones por cada kWh de energía producida en su combustión directa. Las cuatro últimas filas, en cambio, se refieren a las emisiones CO₂ por cada kWh de energía eléctrica producida usando distintas tecnologías. Electr. (GN+CC) se refiere a la electricidad generada por centrales de ciclo combinado a gas natural. Electr. (RA-Total) es el valor medio de emisiones de la electricidad con la matriz de generación de la Argentina en 2016. Electr. (RA-Térm.) se refiere a las emisiones con el parque térmico existen en Argentina. Electr. (Carb.) se refiere a las emisiones con una central eléctrica de carbón. La tercera columna son los FCIE propuestos.⁹

Dado que, en la Argentina, cerca del 55% de la electricidad se genera con gas natural, cuya eficiencia de transformación, en el mejor de los casos, no supera el 56%. Es necesario generar algún coeficiente de corrección o Factores de Comparación de Insumos Energéticos (FCIE)⁹ para poder comparar la eficiencia de los equipos que brindan una misma prestación. Este importante tópico se discute en otro trabajo. Una aproximación útil y efectiva consiste

en definir los valores de los FCIE a partir de las emisiones de CO₂ de los respectivos insumos utilizados, teniendo en cuenta todas las transformaciones ocurridas hasta lograr el insumo energético final. El resultado de este procedimiento se muestra en la tabla 1.

La razón de hacer estas correcciones es fácil de comprender. En la Argentina casi el 60% de la energía eléctrica se produce usando GN. Las mejores centrales eléctricas para realizar esta transformación son las de ciclo combinados, con eficiencias del orden del 56%, además en la transmisión y distribución de esta electricidad hay pérdidas que son del orden del 12%. Con los que la eficiencia de transformación de GN a electricidad es del orden del 50%. Por lo tanto, es justo y razonable afectar a la eficiencia de los equipos eléctricos por este coeficiente cuando se lo compara con un equipo de cocción a gas.

Usando los FCIE, tercera columna de la tabla 1, podemos realizar una comparación más objetiva y adecuada de las distintas eficiencias de los diferentes equipos de cocción. Para ello es útil definir la *eficiencia efectiva* (η_{ef}) como:

$$\eta_{ef} = \frac{R}{FCIE} = \frac{\eta_E}{FCIE} = \frac{E_{\text{útil}}}{FCIE \times E_{\text{Energ}}} \quad (4)$$

Con esta eficiencia efectiva, o eficiencia del *pozo a la olla* los resultados obtenidos en este trabajo se muestran en columnas naranja, en la figura 5. De este modo, vemos que al tener en cuenta toda la cadena de transformación, un equipo de inducción, tiene una eficiencia efectiva que es muy similar a la de una cocina a GN en la Argentina. Asimismo, una pava eléctrica, resulta un artefacto muy efectivo y conveniente, con una eficiencia efectiva similar a una cocina a gas. Sin embargo, si lo que se busca es solo calentar agua, es posible que una pava eléctrica presente una ventaja adicional, en el sentido que permita regular más fácilmente los volúmenes de agua por calentar y tiene la ventaja de que, en general, se apaga automáticamente cuando el agua llega al hervor. Por lo tanto, se reduce la posibilidad de calentar una pava más de lo necesario.

Algo similar ocurre con el horno de microondas, su eficiencia efectiva es relativamente baja, del orden del 27%; sin embargo, si se desea calentar un plato o una pequeña porción de comida, es posible que resulte más eficiente usar el microondas que calentar un horno o encender una hornalla con una olla para hacer lo mismo. En el microondas, es posible que el tiempo de uso sea menor y más efectivo el calentamiento, ya que el calor solo se dirige a la porción de alimento.

El uso de estos factores (FCIE) permite resolver una aparente paradoja que se produciría al tomar en cuenta solo la eficiencia final (barras azules de la figura 5). Imaginemos que un usuario de una cocina a GN cambia su cocina a una de inducción en la Argentina, basado en que esta tiene una eficiencia del 80%, comparada con un 50% de la cocina a gas. Es verdad que su consumo de electricidad sería nominalmente inferior al de gas, un 37,5% menos. Sin embargo, este usuario sufrirá un incremento en su factura de casi el doble (87% más), ya que en promedio la electricidad cuesta en la Argentina unas tres veces más que la misma unidad de GN. Además, sus emisiones se incrementarían en un 20%. En ese sentido, la eficiencia efectiva (barras naranjas de la figura 5), no generan esta confusión y repre-

¿Cuáles son artefactos de cocción más eficientes en Argentina?

P. Sensini,¹P. Romero,² P. Cozza,² J. Fiora,² y S.Gil¹

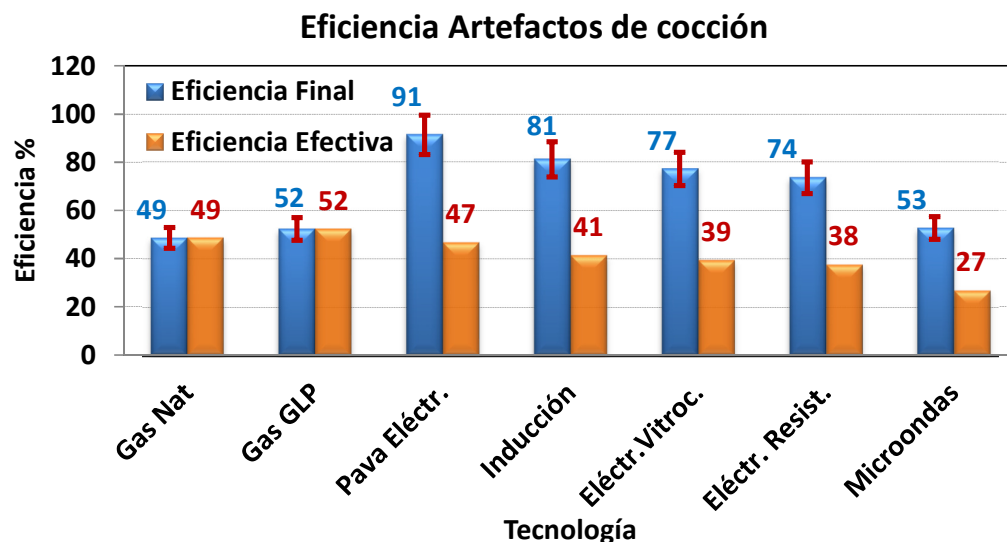


Figura 5: Eficiencia final (barras azules) y eficiencia efectiva (barras naranjas) de los artefactos de cocción con tapa de los distintos dispositivos estudiados en este trabajo. Estos valores son representativos de los equipos de marcas reconocidas en el mercado local en el año 2016-2017. Es claro, que dentro de cada clase de equipos puede haber un rango de eficiencia, que definen su eficiencia final, lo que este grafico indica es una comparación entre equipos promedios dentro de cada tecnología.



Figura 6: Dos modelos comerciales de ollas con aletas o estrías. Estas estrías hacen más eficientes la transmisión del calor de la llama a la olla. Especialmente adecuadas para cocinas a gas. Las mejoras en transmisión de calor pueden ser del orden del 50%. [20]

Emisiones de GEI por unidad de energía (kWh)			
g(CO ₂ /kWh)		Factor de Emisión (FCIE)	Nota
Gas Natural (GN)	179	1	Combustión
GLP	217	1,21	Combustión
Electr. (GN+CC)	320	1,79	Electricidad
Electr. (RA-Total)	343	1,92	Electricidad
Electr. (RA-Térm.)	530	2,96	Electricidad
Electr. (Carb.)	1000	5,59	Electricidad

Tabla 1: Emisiones de CO₂ de los distintos insumos energéticos en Argentina. La segunda columna de los g(CO₂) emitidos por cada kWh del insumo usado. Los valores de emisión de las dos primeras filas, se refieren a sus emisiones por cada kWh de energía producida en su combustión directa. Las cuatro últimas filas en cambio, se refieren a las emisiones CO₂ por cada kWh de energía eléctrica producida usando distintas tecnologías. Electr. (GN+CC) se refiere a la electricidad generada por centrales de ciclo combinado a gas natural. Electr. (RA-Total) es el valor medio de emisiones de la electricidad con la matriz de generación de Argentina en el año 2016. Electr. (RA-Térm.) se refiere a las emisiones con el parque térmico existen en Argentina. Electr. (Carb) se refiere a las emisiones con una central eléctrica de carbón. La tercera columna son los FCIE propuestos. [13]

¹ E-mail: sgil@unsam.edu.ar



Figura 6. Dos modelos comerciales de ollas con aletas o estrías. Estas estrías hacen más eficientes la transmisión del calor de la llama a la olla. Especialmente adecuadas para cocinas a gas. Las mejoras en transmisión de calor pueden ser del orden del 50%.¹⁵

sentan mejor tanto el costo como las emisiones de CO₂.

Los valores de eficiencia de los distintos anafes y dispositivos e cocción, medidos en este trabajo, son consistentes con los valores observados para estas tecnologías en otros ensayos.^{4, 11}

Firmware de la cocción

Hasta aquí, hemos analizado solo un aspecto asociado a la energía usada en la cocción, lo podríamos denominar el *hardware* de la cocción, o sea el asociado con el equipo de calentamiento o anafe. Sin embargo, la eficiencia de cocción depende en forma crítica de otros factores, que podríamos denominar el *firmware* y *software* de la cocción.

El *firmware* se refiere a los equipos que usamos para cocinar, por ejemplo, el tipo de ollas, su tapa, etc. En particular vimos que en el proceso de cocción, tapar la olla resultó tener un impacto significativo en la eficiencia de calentamiento para todas las tecnologías o *hardwares* evaluados. Para los anafes de mayor uso en el país, o sea los que usan GN, GLP y resistencias eléctricas, el uso de la tapa puede aportar un ahorro del orden del 30%. Este valor es menor en el caso de las cocinas a inducción.

Asimismo, el uso de *estrías* o *aletas* en la base de las ollas, puede mejorar notablemente la transmisión de calor de la llama a la olla. Valores de mejoras en la transmisión tan grandes, como del 30% al 50% según fueron informados en algunos estudios.^{9, 15} Estos productos ya se comercializan en muchos negocios de *retail* internacionales, alguno ejemplos se muestran en la figura 6.

Así vemos que estos dos simples aspectos (tapa y estrías), si se usan en forma combinada, pueden mejorar la eficiencia del proceso de cocción con gas en el orden del 70% al 80%. Con lo que la eficiencia informada para las cocinas a gas, podrían alcanzar hasta el 70% (Figura 5).

En cuanto al *software* de la cocción, podemos mencionar el uso de ollas térmicas u ollas brujas, que son termos o recintos térmicos en los que se coloca la olla una vez que llega a la ebullición y mantiene la temperatura de cocción por más de 5 o 6 horas, así la cocción puede realizarse solamente con el aporte inicial para llegar a la ebullición. Estos sistemas pueden generar ahorros grandes, entre el 60% y el 70% de la energía en cocción. Otro ejemplo es que el uso racional del agua, en algunos platos, puede ahorrar mucha energía. Las instrucciones de cocción de algunos paquetes de pasta secas, indican que hay que arrojar 500 g de fideos

en 4 a 5 l de agua hirviendo y dejarla cocinar 7 min en promedio, manteniendo la hornalla encendida mientras estos se cocinan.¹⁴ Sin embargo, es fácil comprobar, que si se agregan los fideos a solo 1,5 a 2 l de agua hirviendo y cuando el agua vuelve a entrar en ebullición, se apaga la hornalla. Con el calor residual, la cocción de los fideos se completa en 10 a 15 min, tapando la olla y removiendo de vez en cuando. En este caso se logra un importante ahorro de energía (~50%) proveniente de dos fuentes: a) hervir menos agua y b) al usar el calor residual para completar la cocción.¹⁵

Conclusiones

De este estudio se desprende que, en la actualidad, los equipos de cocción a inducción y los de GN tienen eficiencias energéticas efectivas o eficiencias del pozo a la olla, que son muy similares y superiores a las cocinas eléctricas con resistencia eléctrica. Las pavas eléctricas modernas, con carcasa de plástico y sistema de encendido y apagado automático, son asimismo una muy buena opción para calentar agua.

Si se considera solo la eficiencia de uso de energía final, es decir aquella que no tiene en cuenta las transformaciones para obtener el vector energético utilizado, la cocina a inducción y la pava eléctrica son los más eficientes. Así, los artefactos de inducción son una buena opción, sobre todo si la generación eléctrica *no depende significativamente* del uso de combustibles fósiles, como podría ser el caso de Paraguay o de Uruguay, cuyas matrices energéticas tienen una componente muy importante de generación hidroeléctrica y otras renovables. En el caso de la Argentina, donde más del 60% de la electricidad se genera con combustibles fósiles, la opción más adecuada y eficiente resultan ser los anafes a GN. En el mediano plazo, con la incorporación de las energías renovables a la matriz energética, es previsible que estas conclusiones varíen, haciendo que los equipos de inducción comiencen a hacer valer más efectivamente su mayor rendimiento.

En la Argentina, el 57% de los hogares usa gas natural para satisfacer sus necesidades de cocción, si incluimos los usuarios de GLP, (el 39%) el número de familias que usan gas es del 96%, si a estos agregamos el 3% que usa leña, tenemos que, cerca del 99% de la población usa algún tipo de llama para cocinar. Como vimos, mejorando el *firmware* de la cocción, es decir tapas y ollas con estrías, toda esa población



podría mejorar sus eficiencias de cocción significativamente. Si a esto agregamos, mejoras en el *software* de cocción, como el empleo de ollas térmicas u ollas brujas, disminución del agua en la cocción de alimentos, etc. el ahorro que podría lograrse en cocción, podría fácilmente superar el 50%. Dado el bajo costo de estas tecnologías, creemos que promover su uso, además de reducir las facturas de los usuarios, contribuiría a disminuir sus consumos de gas haciendo menos necesaria la necesidad de ampliar la infraestructura de transmisión y distribución mitigando las necesidades de importar gas y las emisiones de gases de efecto de invernadero. Al mismo tiempo se podría promover una actividad industrial local, que genere desarrollo y empleo.

En la Argentina, hay aproximadamente un 30% de la población en condiciones de pobreza, la mayoría emplea GLP y leña para la cocción, que son combustibles muy costosos. Además, el impacto relativo de los gastos en energía de estas familias es una fracción mucho más elevada que para el resto de la sociedad. Por lo tanto, las medidas de eficiencia para este sector social, son mucho más relevantes que para el resto de la sociedad, y es en este sector social donde las políticas de mejoras en la eficiencia de cocción podrían tener un impacto mayor. De hecho, varias de estas políticas de eficiencia se están desarrollando en Chile, Uruguay y varios países de Latinoamérica y del mundo.

En ese sentido, el uso racional y eficiente de la energía, combinado con el empleo de la energía solar, tanto para el calentamiento de agua sanitaria, como cocción, abren interesantes posibilidades de mejora de la calidad de vida de sectores de bajos recursos y ampliar el acceso a energía limpias para cocinar. ■

Agradecemos a varios colegas de ENARGAS por el apoyo brindado para la realización de este trabajo. A las firmas Longvie S:A. y Macroser por facilitarnos algunos de los equipos que fueron utilizados en los ensayos. En particular agradecemos a L. Iannelli, J. Cáceres Pacheco, E. Bezzo y M. Maubro. También a Marcelo Lezama, de Metrogas, por su asistencia y colaboración en diversas partes de este proyecto. Asimismo a Mayra Ramírez, Carlos Tanides y Damián Strier.

Referencias

1. ONU, "Sustainable Enewrgy for all (SE4all)," 2015. [Online]. Available: <https://www.seforall.org/>. [Accessed 2018].
2. "Alliance for clean cookstoves," United Nation Foundation, 2015. [Online]. Available: <https://cleancookstoves.org/home/index.html>. [Accessed 2018].
3. The Global LPG Partnership (GLPGP) , 2012. [Online]. Available: <http://glpgp.org/>. [Accessed 2018].
4. A.D. González, "Comparación de energías y gases de efecto invernadero en calentamiento," Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, vol. 14, no. 7, pp. 25-32, 2010.
5. "Ministerio de Energía y Minería," [Online]. Available: <https://www.minem.gov.ar/>. [Accessed Julio 2016].
6. ENARGAS, "Ente Nacional Regulador del Gas," 2018. [Online]. Available: <http://www.enargas.gov.ar>.
7. M. Gastiarrena and Otros, "1. Gas versus Electricidad: Uso de la energía en el sector residencial, Revista PETROTECNIA, LVI, P.50-60, Abril 2017.," PETROTECNIA, vol. LVI, no. Abril, pp. 50-60, 2017.
8. L. Iannelli and Otros, "Eficiencia en el calentamiento de agua. Consumos pasivos en sistemas convencionales y solares híbridos," PETROTECNIA, LV, N03, P.586-95, Agosto, 2016., vol. LV, no. 3, pp. 586-595, 2016.
9. P. Sensini and Otros, "¿Qué significa la eficiencia de los artefactos domésticos? Factores de corrección de eficiencia para distintos insumos energéticos en Argentina," Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, p. Enviado a publicación, 2018.
10. T. J. Hager and R. Morawicki, "Energy consumption during cooking in the residential sector of developed nations: A Review," Food Policy, vol. 40, pp. 54-63, 2013.
11. Food Service Technology Center - May 2008 G. Sorensen and D. Zabrowsky- Fisher-Nickel Inc., "Eneron, Inc. Prototype Commercial Stock Pot Testing FSTC Report 5011.08.12," Fisher-Nickel Inc., SanRamon, CA, 2008.
12. Amazon, "Amazon," may 2018. [Online]. Available: https://www.amazon.com/Turbo-Pot-FreshAir-Stainless-Steel/dp/B01GKGBFJM/ref=sr_1_5?s=home-garden&ie=UTF8&qid=1529249831&sr=1-5&keywords=pot+with+fins.
13. Thermal cooking , "Wikipedia," 2018. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Thermal_cooking. [Accessed 2018].
14. Instrucciones de cocción de fideos, Fabrica Lucchetti, 2017.
15. E. J. Cavanagh, "Ahorro de gas natural en al cocción de pastas," Rowan University, 2013.

* Aquí el concepto de usuario se refiere al medidor, es decir que el usuario se refiere a la familia, como hay aproximadamente 3,3 personas por hogar, para obtener valores per cápita, hay que dividir por 3,3.

** Olla de acero inoxidable de 3,5 l marca Tramontina, de diámetro inferior de 21cm, diámetro superior 24 cm, altura de 10 cm y masa con tapa de 1,36 kg. El volumen interno es de aproximadamente 3,65 l.