

## EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA PRESERVACIÓN DE ALIMENTOS ¿QUÉ FACTORES AFECTAN EL CONSUMO DE LAS HELADERAS?

C. Carr<sup>1</sup>, R. E. Rebaza Niqui<sup>1</sup>, Á. Bermejo<sup>1</sup>, J. Fiora<sup>1</sup> y S. Gil<sup>1,2</sup>

1. Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI-Energía) - Parque Tecnológico Miguelete, Edificio 41, San Martín, Buenos Aires (1650), Argentina
2. Universidad Nacional de San Martín, UNSAM- ECyT. Campus Miguelete, 25 de Mayo y Francia, Buenos Aires. E-mail: [sgil@unsam.edu.ar](mailto:sgil@unsam.edu.ar)

*Recibido: 06-08-2019; Aceptado: 02-10-2019. Publicado en línea: 09-12-19.*

**RESUMEN.-** Las heladeras constituyen uno de los principales consumos domésticos de electricidad en Argentina. Su participación representa el 19% ( $\pm 6\%$ ) del total del consumo residencial y aproximadamente el 7,2% del consumo eléctrico total del país. Por consiguiente, resulta pertinente analizar qué factores afectan su consumo. En primer término, se considera la antigüedad de los equipos. Las heladeras de unos 10 años de antigüedad consumen entre el doble o el triple que las nuevas con etiquetas “A”. Además, el consumo indicado en las etiquetas de eficiencia en Argentina, se refiere a su consumo a puerta cerrada y a 25 °C de temperatura ambiente. En condiciones reales de uso, además de abrir y cerrar las puertas, se carga la heladera con alimentos a temperatura ambiente para que se enfríen. En este trabajo, se analiza el efecto apertura de puertas y carga del refrigerador. Lo cual agrega aproximadamente 30% ( $\pm 15\%$ ), dependiendo de los hábitos de uso, al consumo indicado en la etiqueta. Por último, se discute la conveniencia de un plan de recambio de heladeras. Además, de mejorar la calidad de vida de los habitantes se reduciría el costo de sus facturas eléctricas y se promovería un importante desarrollo económico e industrial, a la par de mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero y ahorro en los subsidios a la energía.

**Palabras claves:** Eficiencia Energética, Refrigeradores. Consumo Eléctrico. Sostenibilidad. Mitigación de emisiones.

### ENERGY EFFICIENCY IN FOOD PRESERVATION WHAT FACTORS AFFECT THE CONSUMPTION OF REFRIGERATORS?

**ABSTRACT.-** Refrigerators are among the household appliances that account for the main domestic consumption of electricity in Argentina. It represents 19% ( $\pm 6\%$ ) of the total residential consumption and approximately 7,2% of the country's total electricity demand. Given its magnitude, it is useful to analyze what factors affect this consumption. First, the age of the equipment is studied. Ten-year old refrigerators consume approximately double or triple the energy of the new ones with labels “A” in efficiency. The consumption indicated on the labels of the refrigerators in Argentina refer to their consumption with closed doors and at 25 °C room temperature. In real conditions, in addition to opening and closing the doors, the refrigerator is loaded with food at room temperature. The effect of opening doors and loading the refrigerator is analyzed in this work. These effects add approximately 30% ( $\pm 15\%$ ) to the consumption indicated on the label, depending on usage habits. Finally, the convenience of a refrigerator replacement plan is discussed. In addition, improving the quality of life of the inhabitants would reduce their electricity bills and promote an important economic and industrial development, while mitigating greenhouse gas emissions and saving energy subsidies.

**Keywords:** Energy Efficiency, Refrigerators. Electricity consumption Sustainability. Mitigation of emission .

#### 1. INTRODUCCION

Los refrigeradores o heladeras son un electrodoméstico crucial en los hogares en casi todo el mundo y de la Argentina en particular. En 2012 se estimaba que había un refrigerador por cada cinco personas en el mundo que consumían cerca del 6% de la generación eléctrica global (C. Barthel, 2012).

Los sistemas de calentamiento de agua eléctrico, los equipos de acondicionamiento térmico (acondicionadores de aire frío/calor, estufas eléctricas, etc.) y las heladeras son los artefactos de mayor consumo de energía eléctrica en el entorno doméstico a nivel global. Sin embargo, como

Argentina es un país con un desarrollo gasífero muy importante, hay una fracción considerable de equipos de agua caliente sanitaria (ACS) y de calefacción que funcionan con gas natural por redes. Por lo tanto, en estas viviendas, el 60% de los hogares argentinos, (Sensini & et, 2018) las heladeras constituyen el principal consumo eléctrico junto con los equipos de acondicionamiento térmico del hogar (aire acondicionado frío/calor y calefactores (Gastiarena & et, 2017). Por consiguiente, la mejora en eficiencia de los refrigeradores puede considerarse un paso importante para reducir los consumos domésticos de electricidad y reducción del costo de las facturas eléctricas de las familias.

Las normas de eficiencia y el etiquetado en eficiencia energética para electrodomésticos están entre las estrategias más difundidas y efectivas para lograr ahorros en energía y educar a los consumidores a usar la energía más efectivamente. Este conjunto de normativas constituyen lo que comúnmente denominamos *estándares de eficiencia energética*, que se comenzaron a establecer en el mundo desde los años 60, pero con más efectividad después del embargo petrolero del año 1973 (Mahlia & Saidur, 2010).

Si bien las potencias de consumo de otros electrodomésticos son muy superiores, los refrigeradores permanecen conectados las 24 horas del día, los 365 días del año. Estos dispositivos, como se verá, se presentan en un amplio rango de consumos. Los equipos nuevos tienen consumos hasta 8 veces menores que los de hace tres décadas y de casi un tercio de los de hace 15 años.

En la Figura 1, se muestra la evolución histórica del consumo energético de las heladeras en los EE.UU. (U.S. Energy Information Administration (EIA), 2013) En la misma figura, se indican los consumos de una muestra de 70 heladeras medidas en este trabajo, de distinta antigüedad, en funcionamiento en el año 2019. Los datos de heladeras de EE.UU., (U.S. Energy Information Administration (EIA), 2013) corresponden a heladeras nuevas y en condiciones normalizadas de ensayo con puerta cerrada. Las mediciones de la muestra local, corresponden a heladeras en casa de familia, en condiciones de uso habitual y con varios años en uso. Más allá de estas diferencias, es claro que tanto en EE.UU. como en la República Argentina (R.A.), los consumos de las heladeras vienen descendiendo. (Meier & Hill, 1997) En la R.A. el etiquetado obligatorio de heladeras está vigente desde el año 2007. A partir de ese año se observa una reducción promedio del consumo de las heladeras de unos 38 kWh/año. Desde luego, esta es la trayectoria media de disminución del consumo de la última década, es evidente que no mantendrá indefinidamente, pero marca una clara tendencia.

La Figura 1 muestra, como los estándares de eficiencia, junto a los sistemas de etiquetado en eficiencia, impulsaron los avances tecnológicos (aislamiento térmico, compresores más eficientes, etc.), logrando reducir los consumos de energía de los refrigeradores desde la década de los 70. En esta figura, los símbolos cuadrados celestes corresponden a heladeras nuevas de los EE.UU. (ACEEE, American Council for an Energy Efficient Economy, 2019). y los círculos rojos a una muestra de 70 equipos en funcionamiento en la República Argentina (RA) hasta el año 2019 (círculos rojos). Las líneas de trazos son ajustes de los consumos observados. Típicamente una heladera actual, consume unas 9 veces menos que una similar del año 1973. (Mahlia & Saidur, 2010)

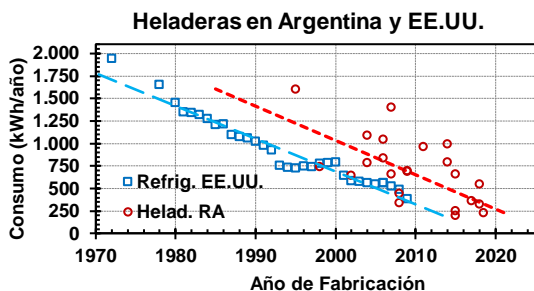


Fig. 1: Evolución del consumo de heladeras en EE.UU. (símbolos cuadrados celestes) y de una muestra de 70 equipos en funcionamiento de Argentina (RA) (círculos rojos).

## 2. ANATOMÍA DEL CONSUMO ELÉCTRICO RESIDENCIAL - ANÁLISIS *BOTTOM-UP*

Para analizar la distribución de los consumos eléctricos en el sector residencial, se realizó un estudio exhaustivo en una muestra de unas 92 viviendas, de la zona de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA) y del cordón del Gran Buenos Aires (GBA). Éstas eran las viviendas pertenecientes a estudiantes de la Universidad Nacional de San Martín (UNSAM) y habitantes de barrios de bajos recursos del Gran Buenos Aires, que participaron voluntariamente en este estudio. (Gastiarrea & et, 2017) Para ello, a cada voluntario se lo dotaba de un equipo de medición de potencia y consumo eléctrico. (Amazon, 2019) Se solicitaba que en cada casa se realizara una medición de la potencia de consumo de cada artefacto eléctrico disponible y se estimara tiempo de uso de cada uno de ellos.

En algunos artefactos, como la heladera, se medía el consumo de energía a lo largo de todo un día. De este modo se tenía en cuenta el hecho que típicamente las heladeras consumen energía en forma intermitente, con ciclos de funcionamiento y parada del compresor. La Figura 2, ilustra la variación del consumo (potencia) típico de una heladera convencional. Por esta razón, la potencia instantánea de una heladera (curva roja) no permite conocer su consumo y es necesario medir la energía consumida a lo largo de al menos 1 día.

En el caso del lavarropas, se medía el consumo de todo un ciclo de lavado típico y se estimaba el número de veces que se realizaba esta operación por semana. En el caso de lámparas, se dividían en dos grupos, aquellas de uso frecuente y las de uso ocasional. Para cada grupo se estimaba su tiempo medio de uso.

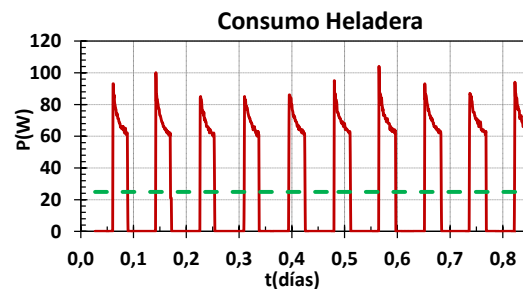


Fig. 2: Variación en el tiempo del consumo de una heladera convencional, línea roja. La línea de trazos verde es el valor medio del consumo de esta heladera.

Por último, se ajustaban los tiempos de uso de cada artefacto, hasta que los consumos anuales calculados usando las potencias y consumos medidos de cada artefacto concordaban con el reportado por las facturas de electricidad dentro de un 5%. Cuando se lograba esta concordancia entre el consumo anual calculado, sumando los consumos de cada artefacto, con el indicado en la factura de electricidad, se aceptaba la distribución de consumo como válida para cada hogar. Con este procedimiento fue posible realizar un gráfico de distribución del consumo eléctrico para cada vivienda. En la Figura 3 se muestra el resultado promedio para el conjunto de toda la muestra analizada. Las viviendas que se incluyeron en esta figura, tienen sistemas de calentamiento de agua a gas natural y son de estación socioeconómica media.

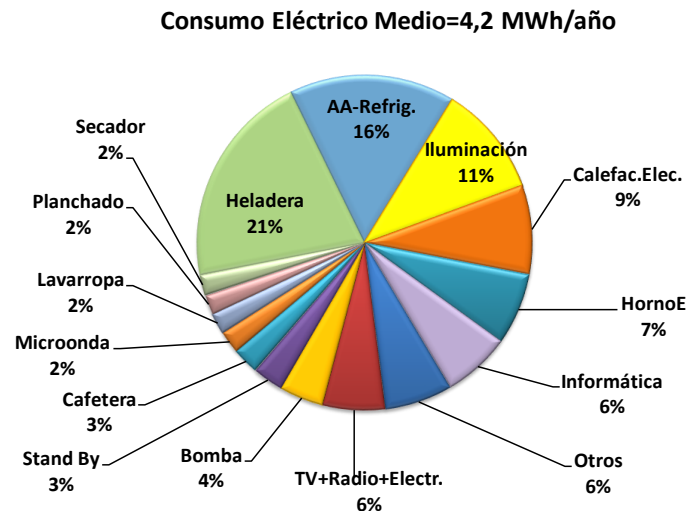


Fig. 3: Consumo eléctrico residencial calculado a partir de una muestra de 92 viviendas de voluntarios de la UNSAM de nivel socioeconómico medio en la región de CABA y GBA. Las viviendas que se incluyen en esta figura, tiene sistemas de calentamiento de agua a gas natural.

Como se ve en la Figura 3, el consumo medio de la muestra fue de 4,2 MWh/año, que es comparable con los consumos medios de CABA y GBA, obtenido de datos globales de facturación, es decir un análisis *Top-Down*. (Estadísticas económicas Ciudad de Buenos Aires, 2014) Estos resultados se muestran en la Figura 4.

El valor medio del consumo de la Figura 3, indica que los consumos de la muestra son consistentes con el comportamiento promedio de esta región del país, obtenida del análisis *Top-Down*, como se muestra en la Figura 4. En esta figura, los consumos eléctricos residenciales se obtienen a partir de los datos de facturación de las distintas distribuidoras. (Gastiarrea & et, 2017) La barra celeste de la derecha, indica el consumo medio de un termostato eléctrico, de 120 litros, con un consumo medio de unos 180 litros/día. (Iannelli & et, Eficiencia en el calentamiento de agua. Consumos pasivos en sistemas convencionales y solares híbridos., 2016) (Iannelli & et, Eficiencia en el calentamiento de agua caliente sanitaria en argentina., 2017) Nótese que en general el consumo de un termostato eléctrico, equivalente al valor medio del consumo eléctrico nacional.

Cuando la vivienda usa gas para calentar agua, como se observa en la Figura 3, el consumo eléctrico más importante es el de las heladeras, representando un 21% del consumo total eléctrico residencial. En segundo lugar, aparece el aire acondicionado con 16% y en tercer lugar la iluminación con 11% del total. En la Figura 3, no están incluidas las viviendas con sistemas eléctricos de calentamiento de agua. En las viviendas con sistemas a ACS eléctrico, este consumo, sobrepasa al de la heladera en un factor de 5 a 10, como sugiere la última barra de la Figura 4. El número medio de habitantes por vivienda en nuestra muestra fue de 3 personas por hogar. Comparable el valor medio de Argentina de 3,2 personas por hogar. (INDEC, 2019).

Como resulta claro, no todos los usuarios de la muestra estudiada tienen consumos similares. Por el contrario, si se separa en cuatro cuartiles según su consumo, se ve que el consumo medio de cada cuartil es bien diferente como se ilustra en la Figura 5. La quinta barra de esta figura

corresponde al consumo promedio y la última, al consumo estimado para un usuario que hace un uso eficiente de los recursos como se discute más abajo.

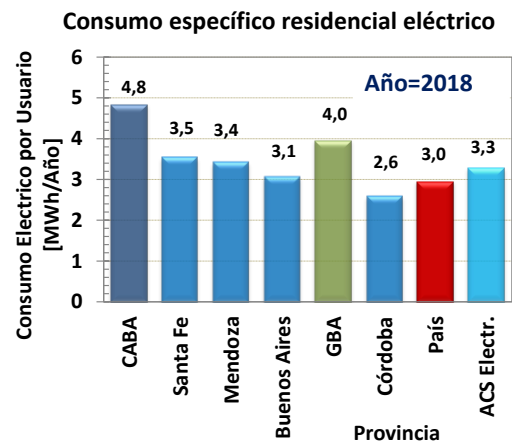


Fig. 4: Consumos eléctricos residenciales promedio para las principales regiones de Argentina a partir de los datos de facturación de las distintas distribuidoras. La barra celeste de la derecha, indica el consumo medio de un termostato eléctrico.

Un hecho notable del análisis de la Figura 5 es la gran dispersión de los consumos. El consumo medio del cuarto cuartil es 16 veces mayor que el del primer cuartil, aun cuando el número medio de habitantes por vivienda es similar. Si en las viviendas del tercer y cuarto cuartil, artificialmente se reemplazara el consumo de heladeras, luces y aires acondicionados (AA), por equipos etiqueta "A" los primeros, lámparas LED los segundos y el consumo de los AA a aquellos similares al del segundo cuartil, se lograría así un consumo eficiente, representado por la barra verde de la Figura 5. Este consumo artificial, pero perfectamente posible, lo denominamos *consumo eficiente*. Otro hecho notable de la Figura 3 es que tres consumos domésticos: Heladera, acondicionamiento térmico (AA+ Calefacción Eléctrica) e iluminación constituyen el 57% de consumo residencial eléctrico.

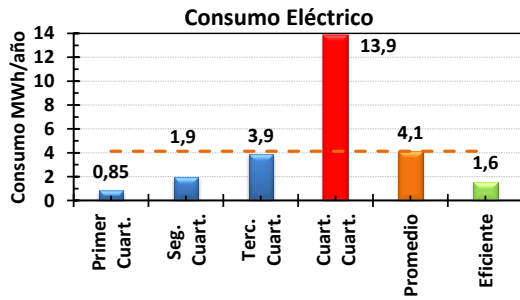


Fig. 5: Distribución del consumo específico eléctrico residencial calculado a partir de una muestra de 92 viviendas, separado en cuatro cuartiles según su consumo total eléctrico. La quinta barra corresponde al consumo promedio y la última, a un consumo eficiente.

En la Figura 4 también se muestra el consumo medio de un termotanque eléctrico convencional, es en general de unos 3,3 MWh/año, equivalente al promedio del consumo eléctrico residencial nacional. Se estimaba que los sistemas eléctricos de calentamiento de agua eran utilizados por alrededor del 22% de la población, en 2015. (Gastiarena & et, 2017) En los casos en que en la vivienda caliente agua con un sistema eléctrico, este se convierte en el principal consumo. Como se ve en la Figura 4, usar electricidad para calentar agua, en general duplica el consumo eléctrico de una familia promedio.

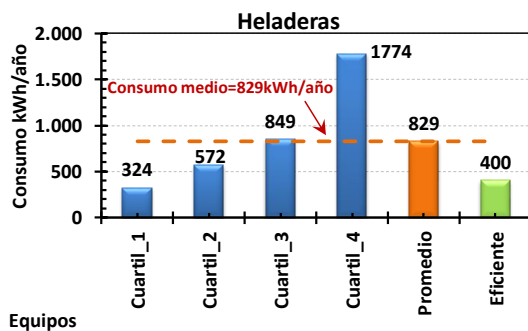


Fig. 6: Distribución del consumo eléctrico de heladeras, calculado a partir de una muestra de 92 viviendas. La barra naranja es el valor del consumo medio. Obsérvese que el consumo medio del último cuartil es casi 5,4 veces el consumo del primer cuartil. La última barra (verde) corresponde a una heladera con etiqueta A.

### 3. CONSUMO DE LAS HELADERAS

En la misma muestra analizada, se solicitaba la edad o fecha de fabricación de las heladeras, su clasificación en eficiencia energética, si disponía de etiqueta de eficiencia; se registraba también el consumo nominal que se media para este artefacto. En todos los casos se medía su consumo a lo largo de al menos 1 día. Los datos de consumo medido en función de la fecha de fabricación, cuando ambos datos eran conocidos, están indicados por círculos rojos en la Figura 1. Analizando los datos de los consumos de los refrigeradores evaluados, se observa una gran dispersión, como se muestra en la Figura 6. Nuevamente, dividiendo la muestra de heladeras en cuatro cuartiles según su consumo, se ve que cada cuartil tiene un consumo bien diferente. El consumo de las heladeras del cuarto cuartil, es 5,4 veces mayor al del primer cuartil. A su vez, el consumo medio del primer cuartil concuerda con lo que se esperarí de consumo para una heladera clase A. Esta

figura a su vez indica que alrededor de un 25% de las heladeras de la muestra (y quizás de la población total de heladeras del País) tienen un consumo consistente con una clase A. Las heladeras actuales, con etiqueta A, A+, A++ y A+++, de unos 330 litros, tienen consumos inferiores a 300 kWh/año. Otro resultado notable de este estudio, es que los consumos medidos en las heladeras que disponían de etiqueta de eficiencia, tenían consumos reales que eran entre el 20% al 40% más altos que los indicados en dichas etiquetas, según la Norma IRAM 2404 o su actualización, la IRAM 2404-3-2015.

En la Figura 7, se ilustra un resultado paradigmático de un ensayo realizado en una heladera clase "A" estudiada en condiciones controladas. En esta figura se muestran los consumos medidos según distintas condiciones de ensayo. La primera barra verde es el consumo nominal (el de la etiqueta), la barra amarilla es el resultado de la medición de consumo solo abriendo y cerrando la puerta, pero sin cargar la heladera. La barra naranja, es el resultado de la medición agregando una carga de 10 litros de agua por día. El volumen de refrigerador era de 258 litros de frescos y 76 litros de congelados, con un consumo nominal según la etiqueta de eficiencia de 342 kWh/año. El consumo medio observado en condiciones de uso normal, barra azul de la Figura 7, fue de 452 kWh/año, o sea 32% superior al nominal.

Las diferencias observadas se deben a la forma como se miden los consumos en la norma nacional. Según la Norma IRAM 2404, la medición de consumo se hace con la heladera cargada y sus puertas cerradas durante el ensayo. (IRAM, 2019) La medición se realiza en un ambiente de 25 °C, después que se alcanzó el equilibrio. Desde luego, en condiciones reales, las puertas se abren varias veces al día y además se introducen nuevos alimentos a temperatura ambiente para enfriarlos.

De hecho, las mediciones realizadas en las heladeras de nuestra muestra se realizaron en condiciones de uso normal de las mismas, lo cual explica las diferencias observadas respecto a lo indicado en las etiquetas. En la Figura 7, la barra verde indica el consumo nominal. La barra azul corresponde al consumo medio de uso habitual, para una familia de 3 personas. Los incrementos de consumo respecto de los valores nominales se observaron con ligeras variaciones para todas las heladeras ensayadas que tenían etiqueta de eficiencia.

Estas observaciones sugieren que el consumo real de una heladera es alrededor del 30% ( $\pm 15\%$ ) mayor al consumo nominal indicado en la etiqueta. Abrir y cerrar la puerta de la heladera produce un incremento menor en el consumo que cargar la heladera, típicamente con 10 kg de alimentos o agua por día. Por otro lado, al abrir la heladera se intercambia calor por el reemplazo del aire frío del interior con el aire caliente del exterior.

Más adelante describimos un ensayo en condiciones controladas, para estudiar más detalladamente el efecto de apertura de puertas y carga de la misma.

Para una heladera familiar típica, de 330 litros, este será en máximo volumen de aire que se puede reemplazar en cada apertura de puerta. La masa de agua equivalente a los 330 l de aire es unos 95 g (la densidad del aire es 816 veces menor a la del agua y el calor específico del aire es un cuarto del agua).



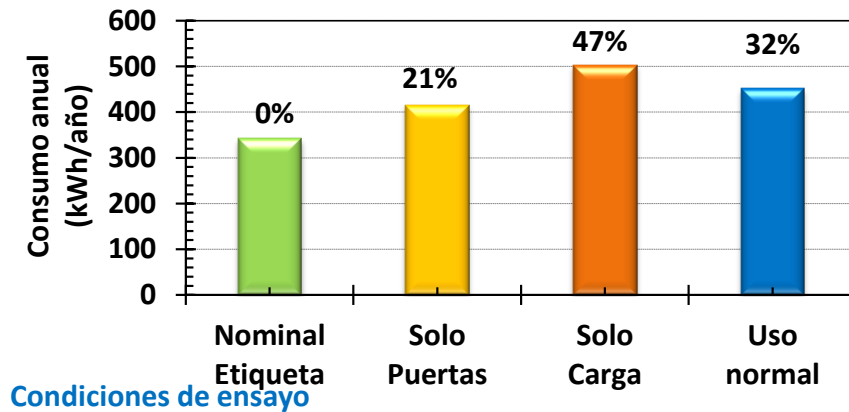


Fig. 7: Consumo acumulado de una heladera Clase "A" en distintas condiciones de ensayo a lo largo de 4 días de medición. La barra verde indica el consumo nominal declarado en la etiqueta de eficiencia energética. La barra amarilla es el resultado de la medición solo abriendo y cerrando la puerta, pero sin cargar la heladera. La barra naranja, es el resultado de la medición agregando una carga de 10 litros de agua por día. La barra azul corresponde al consumo medio de uso habitual. Los porcentajes indicados arriba de las barras, son los incrementos de consumo relativo al valor nominal.

De aquí vemos que el incremento de consumo por carga de la heladera es mucho mayor que el debido al intercambio de calor por apertura de puertas. Por otra parte, en un tiempo típico de apertura de una puerta, de algunas decenas de segundo, es difícil que el intercambio de aire con el exterior se realice completamente. Por otra parte, cuando se carga una heladera con unos 5 *sachets* de leche y unas tres botellas de gaseosas, se introduce una masa equivalente a unos 10 litros de agua. Lógicamente enfriar 10 litros de agua requiere más energía que hacer lo mismo con 95 g de agua. Esta es muy posiblemente la razón de que el consumo de la heladera introduciendo cargas livianas en la misma, indicado por la barra naranja de la Figura 7, aumente tanto como el 47%. Típicamente las personas hacen las compras menos frecuentemente que abrir y cerrar la puerta de la heladera. En promedio, el incremento resulta del orden del 30% como se ve en la barra azul de la Figura 7.

El hecho de que la Norma IRAM 2404, subestime los consumos reales, no es necesariamente un problema demasiado serio. Hay normas internacionales que incluyen aperturas de puertas, pero esto complejiza los ensayos y los hace más costosos. (Kruger & Bansal, 1995) (Bhatt, 2001) Por otra parte, los ensayos con puerta cerrada son simples, económicos y sirven muy bien para establecer un ranking confiable para realizar un etiquetado en eficiencia energética.

#### Costo asociado a una heladera.

El costo del kWh en la zona central de Argentina es en promedio de unos 4,5 \$/kWh, 4,5 pesos argentinos/kWh a diciembre de 2019, equivalen a 0,072 USD/kWh incluyendo cargo fijo e impuestos. Suponiendo una vida útil de la heladera de 15 años, podemos calcular el costo total de la heladera, incluyendo los gastos de mantenimiento y energía reducidos a valores presentes. Suponiendo además que, hay un gasto de mantenimiento y reparación del orden de 150 USD para todas ellas, a realizarse a la mitad de su vida útil. Tomando una tasa de descuento del 7%, obtenemos el gráfico de la Figura 8, donde se ven los costos del equipo, mantenimiento y energía a lo largo de 15 años. Los valores en esta figura están expresados en US dólares (USD), al 15 de diciembre de 2019, cuando la relación era de 1 USD = \$ 62 (pesos argentinos). Las heladeras que se comparan en la Figura 8, son las que actualmente se venden en el mercado (A, A++) y otras que solo se pueden encontrar en el mercado

de equipo usado, pues su venta está prohibida en las tiendas de equipos nuevos. Por último, de los avisos de usados se obtuvo una estimación del costo de equipos de 10+ y 15+ (antigüedad de más de 10 o 15 años, respectivamente). Sus consumos se tomaron de la curva de trazos rojos de la Figura 1. Resulta evidente que el costo de la energía en una heladera a lo largo de 15 años es muy significativo. Nótese, que el equipo más barato, una heladera usada de hace 15 años, genera un costo total del orden de 60% mayor que una heladera nueva clase "A". De aquí, que la primera recomendación a los usuarios es *no comprar equipos usados, ni heladeras con una etiqueta inferior a la "A"* o mejor aún, aquellas con etiquetas A+, A++ o A+++, o con tecnología Inverter.

Este es un mensaje que vale en casi todo el mundo. Por la misma razón no es una buena idea preservar un equipo antiguo como segunda heladera. (Mooney, 2014) Si realmente se necesita un segundo equipo, es aconsejable adquirir uno de buena eficiencia energética, ya que a la larga se ahorra mucho dinero. En el mercado local, se puede adquirir una buena heladera familiar (de unos 330 litros de volumen total interno) etiqueta A, por unos 30 mil pesos, equivalente a unos 480 USD. Su consumo anual, en uso (incluyendo un 30% de corrección al consumo indicado en la etiqueta) puede generar un consumo efectivo anual de unos 430 kWh/año o menos.

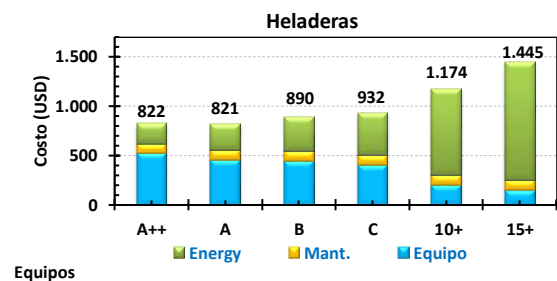


Fig. 8: Costo de una heladera a lo largo de 15 años. Se incluye el costo del equipo (barra celeste), mantenimiento y reparación del equipo (barra amarilla) y costo de la energía (barra verde) reducido a valor presente. Las unidades son USD.

#### 4. ENSAYOS PARA EVALUAR EL EFECTO DE LA APERTURA DE LAS PUERTAS Y CARGA EN EL CONSUMO DE LAS HELADERAS.

Para analizar más cuidadosamente la variación del consumo con las aperturas de puertas y carga de la heladera, se efectuaron varios ensayos siguiendo los lineamientos de la norma IRAM 2404. (IRAM, 2019) Se realizaron con tres condiciones de temperaturas del ambiente  $T_A$  en sala climática, con el fin de conocer como esta temperatura afecta los consumos de las heladeras.

Según el etiquetado en eficiencia de heladeras, Norma IRAM 2404, el consumo nominal reportado en la etiqueta, se mide en un ambiente de 25 °C, con una carga en el freezer que ocupe todo su volumen y sin carga en el compartimiento de frescos. La carga consiste en paquetes de 1 kg que contienen un sólido con una sustancia de calor específico  $c \approx 1$  kcal/kg (equivalente al agua líquida). La medición del consumo se inicia después que el equipo alcanzó el equilibrio térmico y con las puertas cerradas.

En nuestro ensayo, para simular condiciones más similares a las habituales, colocamos un lastre de 10 kg en el sector de frescos y otra carga similar en el sector del freezer (congelador). Esta carga la denominamos “lastre base”.

Utilizamos una heladera marca Gafa, modelo HFG 387AWB, catalogada como “A” en el etiquetado de eficiencia energética IRAM 2404. Tenía un volumen de frescos de 254 litros y 110 litros para el sector de congelados. Era de tipo Tropical, lo que indica que puede operar adecuadamente aún a una temperatura ambiente de 43 °C. El consumo nominal indicado en la etiqueta era de 368 kWh/año.

En ambos costados de la heladera y en su interior, en la zona de frescos, se colocaron sensores de medición de temperatura. A su vez, la base estaba separada del suelo y alejada de la pared de la parte trasera para permitir corrientes de aire. (IRAM, 2019) La heladera se mantuvo a una temperatura aproximada de 6 °C en la zona de frescos y de -18 °C en el congelador.

Se realizaron dos tipos de ensayos distintos:

1. El ensayo de variación de consumo con apertura de puertas.
2. Ensayo de variación de consumo con carga liviana.

Para el primer ensayo, se midió la variación del consumo diario de la heladera cuando se realizaban 20 aperturas de la puerta de frescos y 6 aperturas del congelador, cada una con una duración  $dt$ . Estas aperturas estaban separadas por 20 min cada una. Una vez concluida la medición con un dado  $dt$ , se dejaba que la heladera volviese a su equilibrio térmico, con la puerta cerrada por dos días. Después de este tiempo se cambiaba el  $dt$  y se repetía la medición del consumo diario incluyendo el nuevo tiempo  $dt$  de apertura de puertas. Los tiempos de apertura  $dt$  fueron de: 10 s, 30 s, 60 s, y 120 s.

Cada uno de estos ensayos se realizaron para tres temperaturas externas:  $T_A = 18$  °C, 25 °C y 30 °C, respectivamente. En promedio, si se abren en total 20 veces la puerta de frescos y 6 veces la de congelados que tiene un área 2,5 veces menor, es equivalente a hacer aproximadamente unas 23 aperturas de la puerta principal. Si el tiempo de apertura es  $dt = 10$  s, implica que la puerta ha estado abierta unos 230s  $\approx 4$  min al día, y así sucesivamente

para otros tiempos  $dt$ . En particular para  $dt = 120$ s, implica que la puerta ha estado abierta unos 2760 s  $\approx 46$  min en el día.

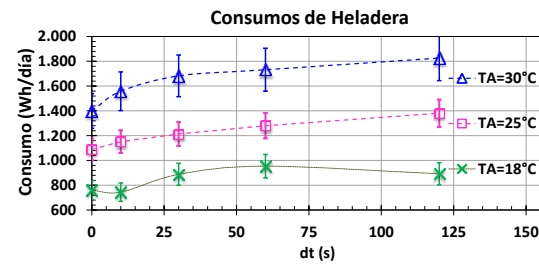


Fig. 9: Consumo de una heladera en función del tiempo de apertura  $dt$  de la puerta. Los triángulos azules corresponden a  $T_A = 30$  °C. Los cuadrados lilas a  $T_A = 25$  °C y las cruces verdes a  $T_{ext} = 18$  °C.

Los resultados de estas mediciones se presentan en la Figura 9, que muestra varios aspectos interesantes de destacar:

- a. El consumo de la heladera aumenta en forma monótona con el aumento de la temperatura externa,  $T_A$  en concordancia con varios estudios anteriores. (L.Harrington, 2018)
- b. El consumo aumenta al principio casi proporcionalmente con el tiempo  $dt$  de apertura, pero a medida que  $dt$  continúa aumentando, el incremento del consumo se satura y tiende a un valor constante.

Para comprender este comportamiento, se puede suponer que en el interior de la heladera el aire y los objetos presentes en ella están a una temperatura de referencia  $T_{int}$ . Esta es claramente una hipótesis simplificadora, ya que el recinto mayor (volumen de los frescos) está a una temperatura superior que el volumen de los congelados, por lo tanto, en valor de referencia  $T_{int}$  sería un promedio pesado  $T_{int} = (T_{frescos} \cdot V_{frescos} + T_{cong} \cdot T_{cong}) / (V_{frescos} + V_{cong})$ , en nuestro caso esta temperatura era del orden de 0 °C. (por volumen de la temperatura de los frescos y de los congelados) de ambos recintos. Por lo tanto, en este modelo simplificado de la heladera, ella consiste básicamente en una caja cerrada, de un cierto volumen  $V_T$  (= Volumen de fresco + Volumen de congelados) a la temperatura interior  $T_{int}$  rodeada de una envolvente aislante (las paredes de la heladera) que se encuentra a una temperatura ambiente  $T_A$ . Su consumo se supone proporcional a las pérdidas de calor a través de su envolvente. De la Ley de Fourier de la transmisión de calor, suponiendo que el consumo diario de la heladera  $E_c$  es proporcional a la transmitancia total,  $U_e$ , de la envolvente (que depende de su área exterior y de la aislación térmica de sus paredes) y la diferencia de temperatura ( $T_A - T_{int}$ ), es decir:

$$E_c \left( \frac{kWh}{día} \right) \propto U_e \times (T_A - T_{int}). \quad (1)$$

Si esta hipótesis es correcta, se puede inferir, que el consumo corregido,  $E_{corr}$ , definido como:

$$E_{corr} \left( \frac{kWh}{día} \right) = \frac{(T_A^0 - T_{int})}{(T_A - T_{int})} E_c \left( \frac{kWh}{día} \right) \propto U_e \times (T_A^0 - T_{int}). \quad (2)$$

Donde  $T_A^0$  es una temperatura exterior de referencia, que en nuestro caso tomamos como  $T_A^0 = 25$  °C, este valor de  $E_{corr}$  ( $dt$ ) será similar para todas las mediciones realizadas a distintos valores de  $T_A$ . De este modo, si se grafica el valor de  $E_{corr}$  como función de  $dt$ , es de esperar que todos los datos, tomados a distintas temperaturas externas  $T_A$ , coincidan aproximadamente.

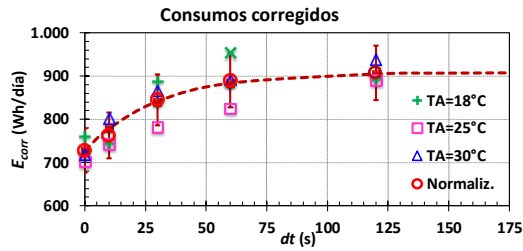


Fig. 10: Consumos corregidos de una heladera clase "A", como función del tiempo  $dt$ , para distintas temperaturas exteriores  $T_A$  utilizadas. Dentro de los errores de medición (6%) las mediciones para distintas temperaturas  $T_A$ , coinciden.

De hecho, la Figura 10 muestra que los valores de los consumos corregidos,  $E_{corr}$ , como función de  $dt$ , efectivamente concuerdan, dentro de los errores o incertezas de medición ( $\sim 6\%$ ). En esta figura hemos tomado como  $T_{int} \approx 5,3^\circ\text{C}$ . La curva que siguen los datos de  $E_{corr}$ , como función de  $dt$ , indican que a medida que aumenta el tiempo de apertura, el intercambio de aire interior con el exterior, llega a un valor máximo, coincidente con la conjetura que a medida que el tiempo de apertura aumenta, la renovación de aire con el exterior se realiza en su totalidad. Una vez que esto ocurrió, el consumo deja de aumentar y se satura, como lo muestra la Figura 10. La curva roja punteada de esta figura, es un ajuste exponencial a los datos, dada por:

$$E_{corr}(dt) = E_{corr}^0 + \Delta E_0 \cdot \left[1 - \exp\left(-\frac{dt}{\tau}\right)\right], \quad (3)$$

donde  $E_{corr}^0$  ( $\sim 1130 \pm 60$  Wh) es el consumo diario con las puertas cerradas, como indica la norma  $\Delta E_0$  ( $\sim 285 \pm 5$  Wh  $\sim 25\%$  de  $E_{corr}^0$ ) es el exceso de consumo por tener abierta la puerta demasiado tiempo. Por su parte  $\tau$  ( $\sim 35$  s) es el tiempo característico del proceso de intercambio de aire del interior de la heladera con el exterior. De aquí se infiere que en una heladera que permanece a unos  $25^\circ\text{C}$ , el incremento de consumo por aperturas de puertas, será algo inferior al 25% de su consumo a puerta cerrada.

#### Ensayo de carga de la heladera.

Para evaluar el efecto de carga de la heladera en su consumo, se ideó un plan de carga consistente en la incorporación de una carga adicional a la ya existente o "lastre base". Estos ensayos también se realizaron a tres temperaturas ambiente de la cámara:  $T_A = 18^\circ\text{C}$ ,  $25^\circ\text{C}$  y  $30^\circ\text{C}$ .

A la mañana, se introducían dos paquetes de 4 kg a temperatura ambiente ( $T_A$ ), uno en el congelador y el otro similar en el espacio de los frescos. A la tarde, se retira un paquete de 4 kg del congelador y otro similar del freezer, y se volvía a cargar la heladera con dos paquetes de 4 kg a temperatura ambiente. El total de la carga introducida en el día era de 16 kg a la temperatura  $T_A$ . Todos los consumos fueron evaluados en periodos de 24 horas. En la Figura 11 se muestran los resultados. Esta figura muestra que el incremento de consumo por esta sobrecarga (16 kg) es bastante mayor que los incrementos por apertura de puertas. Tomando como referencia una temperatura  $T_A = 25^\circ\text{C}$  bajo la suposición razonable que el incremento de consumo es proporcional a la masa del objeto que se introduce a temperatura ambiente, el incremento de consumo por cada kg de alimentos es del orden de 4,3% del consumo nominal y el

máximo incremento de consumo por apertura de puertas sería del 25%.

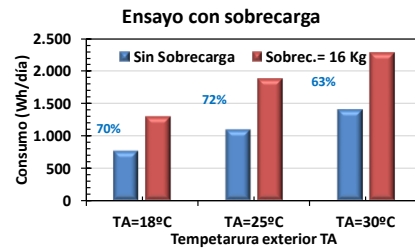


Fig. 11: Consumos diarios de la heladera a tres temperaturas exteriores  $T_A$ . Las barras celestes indican los consumos solo lastre base. Las barras rojas son los consumos con la sobrecarga adicional. Los porcentajes en celeste indican el incremento por la sobrecarga.

Por consiguiente, si se usa la heladera moderadamente, con aperturas de puertas de  $dt = 20$ s, 20 veces la de frescos y 6 la del congelador, el incremento sería del 10%. Si la heladera se carga diariamente con 5 kg de alimentos, su incremento de consumo sería de un 20%. Así este refrigerador usado prudentemente, tendría un consumo de un 30% superior al indicado en la etiqueta de eficiencia energética según la norma IRAM 2404, en coincidencia con lo observado en las mediciones de heladeras individuales como la de la Figura 7.

## 5. NORMATIVA DE DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DE HELADERAS

A nivel internacional, no hay un procedimiento de ensayo único. (Mahlia & Saidur, 2010) Según la Ref. (Meier & Hill, 1997) un buen procedimiento de prueba debería cumplir los siguientes criterios:

- (i) reflejar las condiciones de uso real;
- (ii) los resultados deben ser repetibles y precisos;
- (iii) debe reflejar el rendimiento relativo de las diferentes opciones de diseño y fabricación;
- (iv) debe cubrir una amplia gama de modelos dentro de una misma categoría;
- (v) los resultados deben ser fáciles de comparar y reproducir con otras pruebas y/o procedimientos;
- (vi) debe de ser de fácil modificación y adaptación a nuevos modelos;
- (vii) la técnica usada debe ser la más simple y económica de realizar.

Desafortunadamente, estos objetivos suelen entrar en conflicto entre sí. Un procedimiento de prueba que intenta reproducir con precisión el uso real será seguramente costoso y de no simple realización. Como resultado de ello, las normas de determinación de las eficiencias son en general el resultado de compromisos que lógicamente no cumplen todas las expectativas propuestas. Pero al menos permite realizar una clasificación de rendimiento energético de los diferentes modelos que están en el mercado, posibilitando que los usuarios elijan los más adecuados. En cuanto a los ensayos que incluyen apertura de puerta, (Meier & Hill, 1997) solo las normas japonesa (Japanese Standards Association, 2019) y canadiense (Standards Council of Canada, 2019) contemplan este procedimiento. Como señalamos antes, la norma argentina (IRAM 2404) en concordancia con la mayoría de las normas usadas en el mundo, no contempla apertura de puertas, con lo que las conclusiones de este trabajo, pueden muy bien servir para estimar los consumos de las heladeras en contextos reales, conociendo el consumo indicado en la etiqueta.

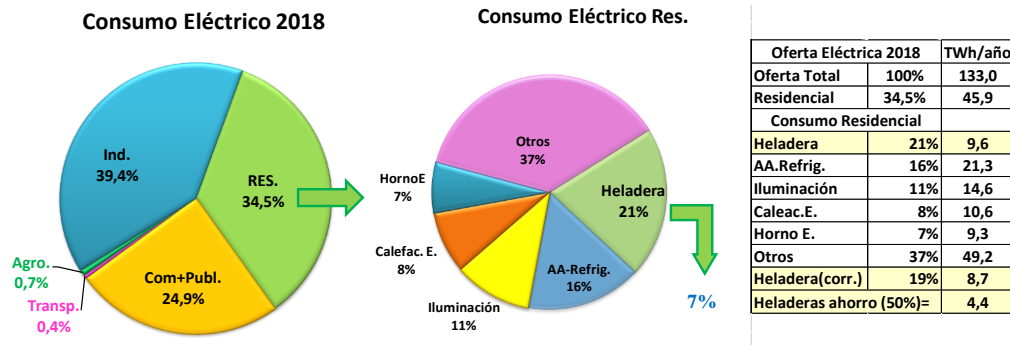


Fig. 12: Panel izquierdo muestra cómo se distribuye el consumo eléctrico entre los distintos tipos de usuarios en Argentina en el año 2018. (Secretaría de Energía de la Nación, 2019) El panel del medio, muestra, cómo se distribuye el consumo eléctrico residencial entre los principales consumo del hogar, equivalente a la Figura 3. Las heladeras representan el 7% del consumo total eléctrico. La tabla de la derecha muestra la magnitud de la oferta total eléctrica y cómo se distribuye entre los principales usos.

## 6. IMPLICANCIAS DE UN PLAN DE RECAMBIO DE HELADERAS EN ARGENTINA

El valor medio del consumo de las heladeras en la muestra de 92 viviendas relevadas en este trabajo es de 829 kWh/año. Una heladera “A”, aun con la corrección de consumo por uso (aperturas de puerta y carga de alimentos) es de unos 420 kWh/año, es decir se puede lograr un ahorro del orden del 50%. Si tenemos en cuenta que en el año 2018 el consumo residencial eléctrico representó el 34,5% del consumo eléctrico total, y recordando que el consumo de las heladeras representa el 19% ( $\pm 3$ ) del consumo de los hogares relevados (según la Figura 3, las heladeras representan el 21% del consumo eléctrico de los usuarios que calientan agua con gas. Sin embargo, cerca del 22% de los usuarios calientan agua con electricidad, (Gastiarrea & et, 2017) para los cuales el consumo de heladeras constituye del 10% de su consumo eléctrico total. Por lo tanto, en promedio el consumo medio de las heladeras en Argentina es del orden del 19% ( $\pm 3\%$ )), resulta que las heladeras consumen el 7% de toda la energía eléctrica del país, como se ilustra en la Figura 12. A nivel mundial, se estima que el consumo de las heladeras domesticas constituye el 6% del consumo eléctrico. (Negrao & Hermes, 2011), (C. Barthel, 2012).

Así el potencial ahorro que se podría lograr con un plan canje de heladeras no etiquetadas por otras con etiqueta “A”, sería del orden del 3,5% de consumo eléctrico total, es decir unos 4,4 TWh/año. Esta energía es comparable a la generación de una gran central eléctrica.

Si consideramos como susceptible de ser cambiada todas aquellas cuyo consumo exceda los 600 kWh/año, el porcentaje de heladeras en estas condiciones, sería del orden del 65% ( $\pm 10\%$ ). En cuanto al número total de heladeras, no hay un dato preciso, pero si estimamos que el 90% de los usuarios conectados a las redes eléctricas, cuyo valor se estima en unos 13 millones de usuarios, el número de heladeras sería del orden de unos 11,7 millones. Por lo tanto, el número de equipos susceptible de ser cambiado sería de  $0,65 \times 11,7$  millones = 7,6 millones.

A un costo de 400 USD por equipo, ya que al comprar por mayor se espera un descuento de al menos el 10%, el costo total de este cambio sería del orden de los 3 mil millones de USD. Por otra parte, el ahorro anual de energía sería de unos 4,4 TWh/año. Este número, como se indicó previamente, es

comparable a la generación anual de una gran central como Atucha II o Embalse. (Nucleoeléctrica Argentina S.A., 2019) Por otro lado, si se realizase el cambio en solo la mitad de la población de heladeras antiguas, el costo sería la mitad, al igual que el ahorro. Sin embargo, el ahorro anual sería de unos 2,2 TWh, comparable a la generación de una central como Atucha I. Si suponemos una vida útil por artefacto de 15 años, el costo del MWh sería de 42 USD. Además, al reducir el consumo, se libera capacidad de transporte y distribución. Sin embargo, si se supone que el estado no paga el total de las heladeras sino solo un 30% de ellas, las destinadas a familias de bajos recursos, y el resto solo la financian. Entonces en costo del recambio se reduce en 70%. Con lo que el costo del MWh sería de 12,6 USD, lo que confirma la aseveración que en general la *eficiencia es una fuente de bajo costo y que no contamina*.

En otras palabras, un programa de recambio de heladeras tiene un costo mucho menor de USD/MWh que generar esta energía con casi cualquier fuente de energía, fósil o renovable. Por un lado, los usuarios recibirían un doble beneficio: la prestación del servicio de refrigeración por un equipo nuevo y una reducción en sus facturas de electricidad.

Por otra parte, se obtendría el beneficio de promover una actividad industrial importante como lo es la fabricación de heladeras y simultáneamente se pueden postergar inversiones en aumento de la infraestructura de transmisión y distribución.

## 7. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En el estudio de auditorías energéticas en viviendas de sectores sociales medios de la Ciudad de Buenos Aires y el Gran Buenos Aires, permite afirmar que la heladera es el artefacto eléctrico de mayor consumo en los hogares que tiene conexión a la red de gas, constituyendo aproximadamente un quinto del consumo eléctrico residencial y alrededor del 7% de consumo eléctrico total. Otro resultado importante de este estudio es que tres consumos domésticos: heladera, acondicionamiento térmico (AA+ Calefacción Eléctrica) e iluminación constituyen el 57% de consumo residencial eléctrico, en viviendas que usan gas para calentar agua sanitaria y calefacción.



Las mediciones realizadas en equipos en funcionamiento normal, mostraban un consumo superior a aquel indicado en la etiqueta de eficiencia energética, del orden de  $30\% \pm 15\%$ .

La norma argentina de etiquetado de eficiencia energética, IRAM 2404, contempla mediciones realizadas a puerta cerrada. Por lo tanto, es de esperar que no reflejen fielmente las condiciones de uso reales, si bien sirven muy bien para comparar heladeras entre sí y elegir la más conveniente para cada uso. Es de esperar que los consumos en condiciones de uso reales sean mayores al indicado en la etiqueta, dependiendo del uso (tiempo de apertura de puertas y masa de alimentos que se carga diariamente a la misma).

Los cuatro factores claves que más impactan en el consumo de las heladeras y que los usuarios deberían tener presentes son:

- Etiquetado en eficiencia del equipo, elegir clase "A" o aún mejor, (A++, o A+++), y si es posible con tecnología inverter.
- Temperatura ambiente en la que se coloca la heladera, cuanto más fresco, mejor. Evitar colocar el refrigerador cerca de la cocina u horno, y no exponer a radiación solar.
- Abrir las puertas por tiempos cortos, y lo menos frecuentemente posible.
- Recordar que la carga de alimentos a temperatura ambiente o mayores afecta el consumo. Evitar introducir alimentos calientes. Es siempre preferible introducir los alimentos una vez que se termalizaron con el medio ambiente.

Nuestro análisis de consumo por aperturas de puertas, indica que el incremento de consumo por este efecto es en general inferior al 25% de su valor nominal o valor indicado en la etiqueta. Usada moderadamente, con 20 aperturas de la puerta de frescos y 6 del congelador por día por unos 20s cada una, el incremento de consumo es de un 10% aproximadamente.

El aumento de consumo por carga de alimentos es en general más significativo. Por cada kg de alimentos que se introduce a temperatura ambiente, el consumo se incrementa en un 4% aproximadamente. Así si se carga diariamente la heladera con unos 5 kg de alimento, es de esperar que haya un incremento del 20% por este efecto. Es decir, una heladera usada prudentemente, con tiempos de apertura de 20 s cada una y una carga diaria de 5 kg, tendrá un consumo de un 30% superior al que se consiga en la etiqueta.

El parque nacional de heladeras tiene entre un 70% al 60% de heladeras poco eficientes, con consumos que en promedio duplican y triplican los consumos de las nuevas heladeras "A", o mejores (A+, A++ o A+++), en eficiencia energética. El potencial ahorro generado por un recambio de estos artefactos antiguos por los nuevos etiqueta "A" o superior, sería del orden del 4% del consumo total eléctrico del país, o sea equivalente a unos 5,7 TWh/año, comparable a la generación de una gran central eléctrica como Atucha II.

Un plan de cambio de estos artefactos, aun realizándolo en el 50% de las heladeras antiguas existentes, generaría un ahorro de energía comparable con toda la energía que genera una gran central eléctrica como Atucha I. El costo de MWh ahorrado sería del orden de 42 USD/MWh. Esto es más económico que la generación de esta misma energía por cualquier tipo de central eléctrica, convencional o renovable.

Los usuarios se verían beneficiados por la mejor prestación del servicio de refrigeración por un equipo nuevo y una reducción en sus facturas de electricidad. Por otro lado, se promovería una actividad industrial importante como lo es la fabricación de heladeras. Al demorar las necesidades de inversiones en infraestructura de transmisión y distribución, podría no ser necesario incrementar las tarifas eléctricas.

Por último, el sistema eléctrico se favorecería al disminuir la demanda, que, en los horarios pico, presenta aún una gran vulnerabilidad. Desde luego, una medida así, generaría una fuerte reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, un compromiso que el país asumió y todos esperamos que se concrete.

#### AGRADECIMIENTOS.

Deseamos agradecer a Fernanda Alonso por su colaboración en los ensayos. A nuestros colegas: A. Schwint, L. Iannelli e I. Bove por la lectura cuidadosa del manuscrito y valiosas sugerencias realizadas. También agradecemos a todos los colegas y alumnos de la UNSAM que participaron en estas auditorías, lo mismo que la colaboración de la Fundación Pro Vivienda Social (FPVS) que hicieron posible realizar este trabajo, en especial al Lic. Raúl Zavalía. Agradecemos el apoyo brindado por el subsidio CONICET-YPF.

#### REFERENCIAS

- ACEEE, American Council for an Energy Efficient Economy. (2019). *How your refrigerator has kept its cool over 40 years of efficiency improvements*. Retrieved from ACEEE: <https://aceee.org/>
- Amazon. (2019). *Consumption Monitor Electricity*. Retrieved from <https://www.amazon.com/Consumption-Electricity-Analyzer-Overload-Protection/dp/B07M9KJRK>
- Bhatt, M. S. (2001). Domestic Refrigerators: Field Studies and Energy Efficiency Improvement. *60*, 591-600.
- C. Barthel, a. T. (2012). *The overall worldwide saving potential from domestic refrigerators and freezers*. Germany: Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy.
- Estadísticas económicas Ciudad de Buenos Aires. (2014). Consumo de energía en la Ciudad de Buenos Aires en 2013. Recuperado de: [https://www.google.com.ar/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwj6rPap\\_9vQAhWMHpAKHZDnCRcQFggZMAA&url=https%3A%2F%2Fwww.estadisticaciudad.gob.ar%2Feyc%2Fwp-content%2Fuploads%2F2015%2F04%2Ffir\\_2014\\_663.pdf&usq=AFQjCNFUdDyHD7gl\\_m](https://www.google.com.ar/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwj6rPap_9vQAhWMHpAKHZDnCRcQFggZMAA&url=https%3A%2F%2Fwww.estadisticaciudad.gob.ar%2Feyc%2Fwp-content%2Fuploads%2F2015%2F04%2Ffir_2014_663.pdf&usq=AFQjCNFUdDyHD7gl_m), Ed.)
- Gastiarena, M., & et, a. (2017). Gas versus Electricidad: Uso de la energía en el sector residencial. *Revista PETROTECNIA, LVI*, 50-60.
- Gil S. (2014). Experimentos de Física Usando TIC. Buenos Aires: Alfaomega.
- Iannelli E.L., Prieto R. y Gil S. (2017). Eficiencia en el calentamiento de agua caliente sanitaria en argentina... *Energías Renovables y Medio Ambiente, 39*, 21-29.
- Iannelli, L., & et, a. (2016). Eficiencia en el calentamiento de agua. Consumos pasivos en sistemas convencionales y solares híbridos. (IAPG, Ed.) *PETROTECNIA, LV, N03, P.586-95, Agosto, 2016, LV(3)*, 586-595.

- INDEC. (2019). *Censo INDEC 2010*. INDEC Argentina. Buenos Aires. Recuperado de <https://www.argentina.gob.ar/>.
- IRAM. (2019). *Instituto Argentino de Normalización y Certificación*. Retrieved from IRAM: <http://www.iram.org.ar/>
- Japanese Standards Association. (2019). JIS C 9607:2015 Household Electric Refrigerators, Refrigerator-freezers And Freezers. Retrieved from [https://infostore.saiglobal.com/en-us/standards/jis-c-9607-2015-624860\\_SAIG\\_JSA\\_JSA\\_1434934/](https://infostore.saiglobal.com/en-us/standards/jis-c-9607-2015-624860_SAIG_JSA_JSA_1434934/)
- Kruger, R., & Bansal, P. (1995). Test standards for household refrigerators and freezers I: preliminary comparisons. **18**(1), 4-20.
- L.Harrington, L. a. (2018). Impact of room temperature on energy consumption of household refrigerators: Lessons from analysis of field and laboratory data. *Applied Energy*, 211, 346-357.
- Mahlia, T., & Saidur, R. (2010). A review on test procedure, energy efficiency standards and energy labels for air conditioners and refrigerator-freezers. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **14**, 1888-1900.
- Meier, A., & Hill, J. (1997). Energy test procedure for appliances. *Energy and Building*, **26**(1), 23-34.
- Mooney, C. (2014). why it's not Okay to have a second refrigerator. *The Washington Post*.
- Negrao, C., & Hermes, C. J. (2011). Energy and cost savings in household refrigerating appliances. *Applied Energy*, **88**, 3051-3060.
- Nucleoeléctrica Argentina S.A. (2019). Nucleoeléctrica Argentina. Retrieved from <http://www.na-sa.com.ar/>
- Secretaría de Energía de la Nación. (2019). Balances Energéticos. Recuperado de: [http://www.energia.gob.ar/contenidos/verpagina.php?id\\_pagina=3366](http://www.energia.gob.ar/contenidos/verpagina.php?id_pagina=3366).
- Sensini P., Fiora J., Iannelli L. y Gil S. (2018). Eficiencia Energética en la cocción. ¿Cuáles son artefactos de cocción más eficientes en Argentina? *Energías Renovables y Medio Ambiente*, **41**, 57-67.
- Standards Council of Canada. (2019). *CAN/CSA-C300-M91- Capacity Measurement and Energy Consumption Test Methods for Refrigerators, Combination Refrigerator-Freezers, and Freezers*. Retrieved from U.S. Energy Information Administration (EIA). (2013). *U.S. economy and electricity demand growth are linked, but relationship is changing*. Retrieved 2019, from <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=10491> <http://www.scc.ca/en/standardsdb/standards/4882>