



¿Cómo se distribuye el consumo residencial de gas?

Modos de promover un uso más eficiente

Por **Salvador Gil**

Gerencia de Distribución - ENARGAS. Universidad Nacional de San Martín, ECyT

Roberto Prieto

Universidad Nacional de San Martín, ECyT

"La eficiencia energética es una fuente de energía de bajo costo que no contamina".

Introducción

En este trabajo estudiamos cómo se distribuyen los usuarios residenciales de acuerdo a su consumo anual de gas. Según estos consumos anuales, los usuarios residenciales se categorizan en 8 subgrupos: R1, R2, etcétera, y de acuerdo a esta clasificación se les aplican tarifas y cargos diferentes. En este trabajo se realiza un análisis que permite diseñar un esquema de categorización de usuarios residenciales que, respetando los escenarios térmicos prevalentes en las distintas regiones, sea equitativo y promueva un uso más eficiente de la energía.

Los usuarios residenciales (R) utilizan aproximadamente el 22% del volumen total de gas natural consumido en Argentina. Por su parte, los usuarios comerciales (C) y entes oficiales (EO) utilizan un 8% del total. De este modo, este grupo de usuarios (R+C+EO) consumen el 30% del gas y están en la máxima prioridad de abastecimiento. Este sector de la demanda es fuertemente termo-dependiente; en los meses de invierno su participación alcanza el 60% del consumo total de gas natural. (al.)^{1,2,3}

El objetivo de este trabajo es relacionar los escenarios térmicos prevalentes en cada región de la Argentina con sus consumos medios, y analizar la distribución del consumo de los usuarios residenciales en distintas regiones del país. Según el consumo anual del año anterior, los usuarios residenciales se dividen en ocho categorías: R1, R21, R22, R23, R31, R32, R33, y R34. Según esta categorización, se aplican tarifas y cargos diferenciados.⁴

Si en una región de abastecimiento tomamos un intervalo de consumo, por ejemplo de 100 m³ a 200 m³ por año, y contamos la cantidad de usuarios cuyos consumos anuales están dentro de este intervalo; seguidamente, hacemos lo mismo para el siguiente intervalo (200 a 300 m³/año) y así sucesivamente, podemos construir un histograma que muestre la distribución de consumo de la región analizada. Para lograr una distribución libre de distorsiones, es necesario separar aquellos usuarios cuyas viviendas estuvieron desocupadas por alguna fracción del año. Esto se puede lograr discriminando a aquellos usuarios que, en algún bimestre, tuvieron "facturación mínima", o sea, que no tuvieron consumo en ese bimestre, indicativo de que la propiedad no estuvo ocupada.

Un hecho notable es que si se realiza este procedimiento para las distintas regiones del país, se observa que en todos los casos la distribución obtenida tiene la misma forma y se puede describir muy bien por una dis-

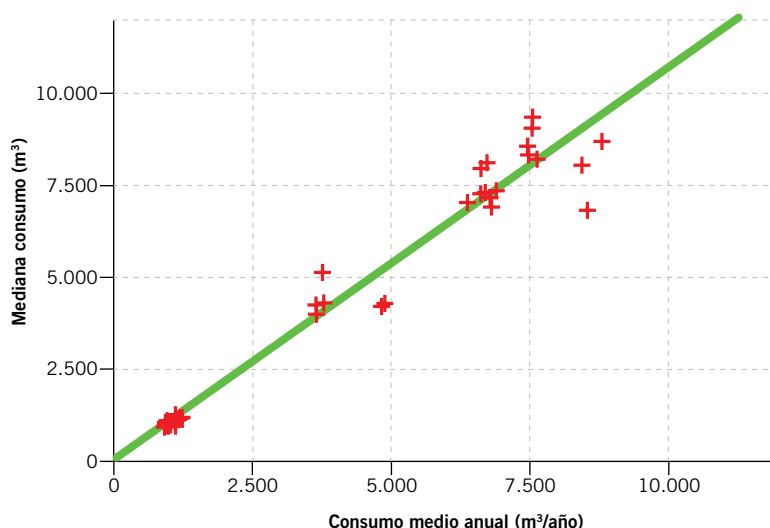


Figura 2. La mediana de la distribución del consumo, Q_{mediana} , de la figura 1, como función del consumo promedio por usuarios, Q_{medio} , obtenido de los datos de consumo medido por las distribuidoras. Las cruces muestran los valores observados para las distintas subzonas tarifarias y los diversos años analizados.

tribución log-normal,⁵ como se ilustra en la figura 1. Esta distribución tiene la forma de una campana, asimétrica, y describe cómo se distribuyen atributos tales como ingreso per cápita, consumo de electricidad, etcétera.

Una característica interesante de esta distribución es que, si se particiona la población total en cuatro grupos o cuartiles de igual tamaño, el primer cuartil lo forma el cuarto de la población de menor consumo y así sucesivamente; es claro que, por construcción, cada cuartil contiene el mismo número de usuarios pero no consume igual. Un hecho notable es que mientras el primer cuartil consume el 13% del total del gas, el cuarto capta el 42% del total.

Este hecho, en sí mismo, pone en evidencia lo inadecuado que resulta generar un subsidio que no tenga en cuenta los consumos de los usuarios. En general, los consumidores que caen en los cuartiles más altos son los de mayor ingreso; subsidiar a estos sectores, además de innecesario, genera un costo mucho mayor (42%) que aplicar el subsidio a los cuartiles de menor consumo. Por otro lado, un subsidio a sectores que no lo necesitan, tiende a generar hábitos de uso poco eficiente, que se prolongan en el tiempo, y son altamente costosos.

El consumo residencial de gas natural tiene un carácter termo-dependiente.^{1,2,3} En particular, el consumo específico^{6,7}, o sea el consumo diario por usuario, tiene un comportamiento muy similar en todo el país, que aumenta al disminuir la temperatura, por incremento del consumo en calefacción. A altas temperaturas, mayores a unos 20 °C, el consumo específico se estabiliza en un valor aproximadamente constante cercano a 2 m³/día-usuario, que está asociado al llamado consumo base, constituido por la cocción y el calentamiento de agua sanitaria.

Cuando se analizan las principales regiones del país, se observa que todas estas muestran distribuciones log-normales, similares pero con distintos valores medios y medianas. La mediana de una distribución, que denotamos como Q_{mediana} , es el consumo que divide la población de usuarios en dos mitades iguales: los que consumen más de

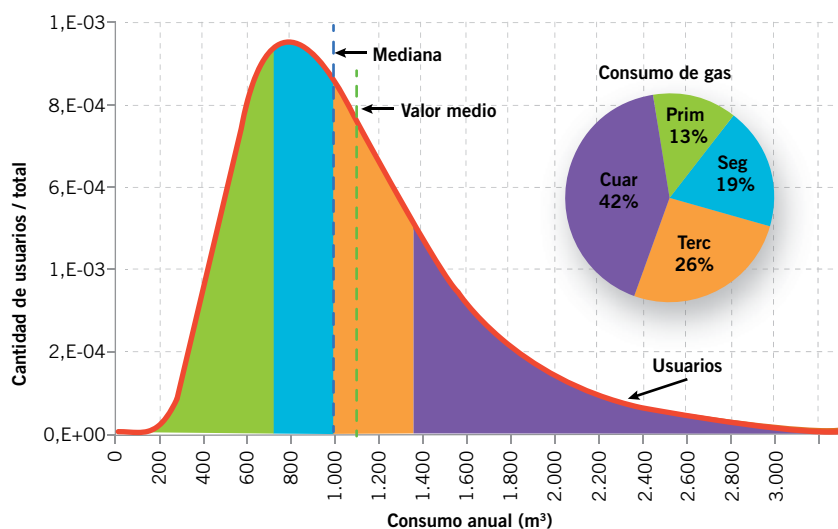


Figura 1. Distribución de la cantidad de usuarios según su consumo anual dividido en cuartiles de igual número de usuarios. En el diagrama circular se indica la distribución del total del gas consumido por cada cuartil. Mientras el primer cuartil consume el 13% del total, el cuarto capta el 42% del total.

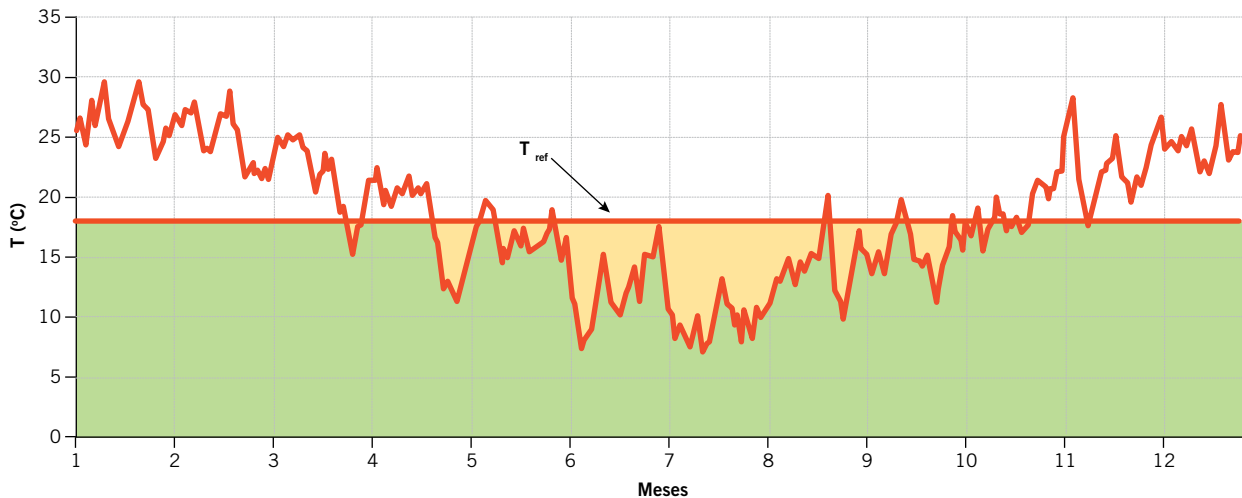


Figura 3. Representación de la temperatura media diaria a lo largo de un año; la línea horizontal representa la temperatura de $T_{ref}=18\text{ }^{\circ}\text{C}$, la DGD_a viene dada por el área sombreada de este gráfico.

este valor y los que consumen menos. El valor de $Q_{mediana}$ está relacionado con el consumo promedio por usuario. El consumo promedio, Q_{medio} , se obtiene del cociente entre el consumo residencial total y el número de usuarios de cada mes o año. Estos datos de consumo son reportados por las distribuidoras y se publican en la página web del ENARGAS.⁸ En la figura 2 se muestra la relación observada entre estas variables.

Modelo de consumos medio

El consumo residencial diario medio se compone de un consumo base, asociado al calentamiento de agua y cocción, que es aproximadamente constante a lo largo del año. Por su parte, el consumo asociado a la calefacción, que es fuertemente dependiente

de la temperatura, más específicamente, el consumo de calefacción depende de la diferencia entre una temperatura de referencia interior, T_{ref} , y la temperatura media exterior, $T_{media}(i)$ de cada día i . A esta diferencia la llamamos Deficiencia Grado Día diaria (DGD_d $(i) = (T_{ref} - T_{media}(i))$). En general, se adopta como temperatura de referencia interior, $T_{ref} = 18\text{ }^{\circ}\text{C}$, que implica suponer que los usuarios en promedio comienzan a usar la calefacción en forma progresiva cuando la temperatura es inferior a $\approx 18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Por lo tanto, el consumo diario promedio por usuario, $Q_{R_usuario}$ para un día i , será:

$$Q_{R_usuario}(i) = Q_{base} + B \cdot (T_{ref} - T_{media}(i)) \cdot I_{T_{media} < T_{ref}} \quad (1)$$

Aquí $Q_{base} \gg 2\text{ m}^3/\text{día}$ y B una constante de proporcionalidad que depende de la superficie media de la

envolvente de la vivienda y su conductividad térmica media. Si T_{media} es mayor a T_{ref} , no hay consumo por calefacción. De este modo, el consumo anual destinado a la calefacción resulta proporcional al parámetro:

$$DGD_a = \sum_{i=1}^{i=365} (T_{ref} - T_{media}(i)) \cdot I_{T_{media} < T_{ref}} \quad (2)$$

conocido como la Deficiencia Grado Día anual (DGD_a) de cada zona. Si se grafica la temperatura media diaria a lo largo de un año, como se ilustra en la figura 3, la DGD_a viene dada por el área sombreada de este gráfico. Cuando más grande está esta área, mayor será el consumo destinado a calefacción.

En la figura 4 se muestra la variación del consumo específico como función de la DGD_d para varias re-

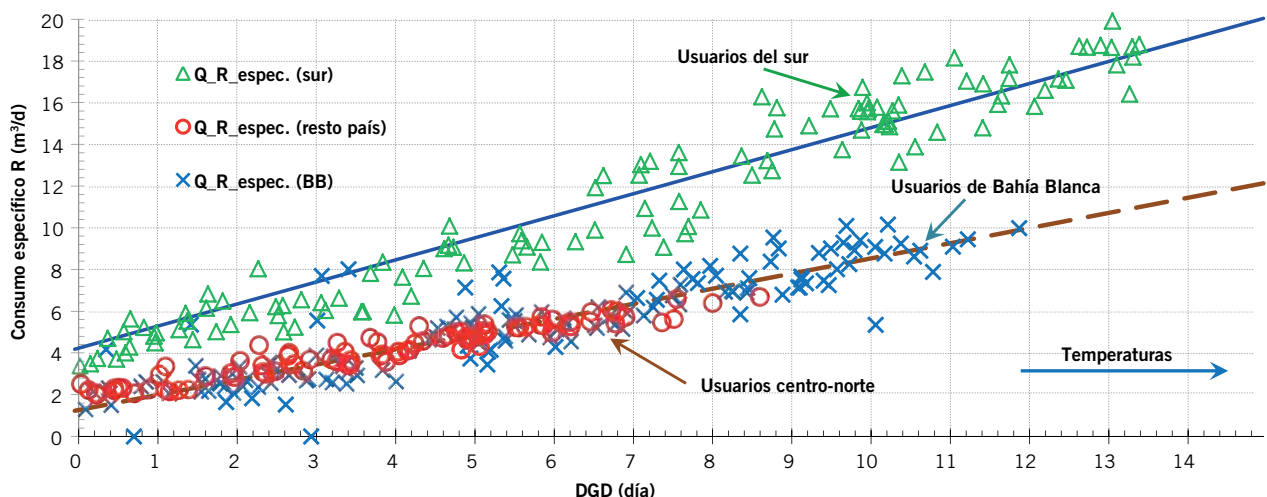


Figura 4. Variación del consumo específico residencial como función de la Deficiencia Grado Día (DGD_d). Los símbolos corresponden a los consumos diarios medios de cada mes; la DGD_d es, asimismo, el promedio de la deficiencia grado día del mes. Los círculos corresponden a los usuarios de la zona central y norte del país. Las cruces pertenecen a la zona de Bahía Blanca y los triángulos a los usuarios al sur del Río Colorado. La línea sólida marrón, es un ajuste a los datos de la zona centro-norte del país. Se observa que un determinado valor de la DGD, o sea a una temperatura dada, en el sur se consume aproximadamente el doble que en el resto del país.

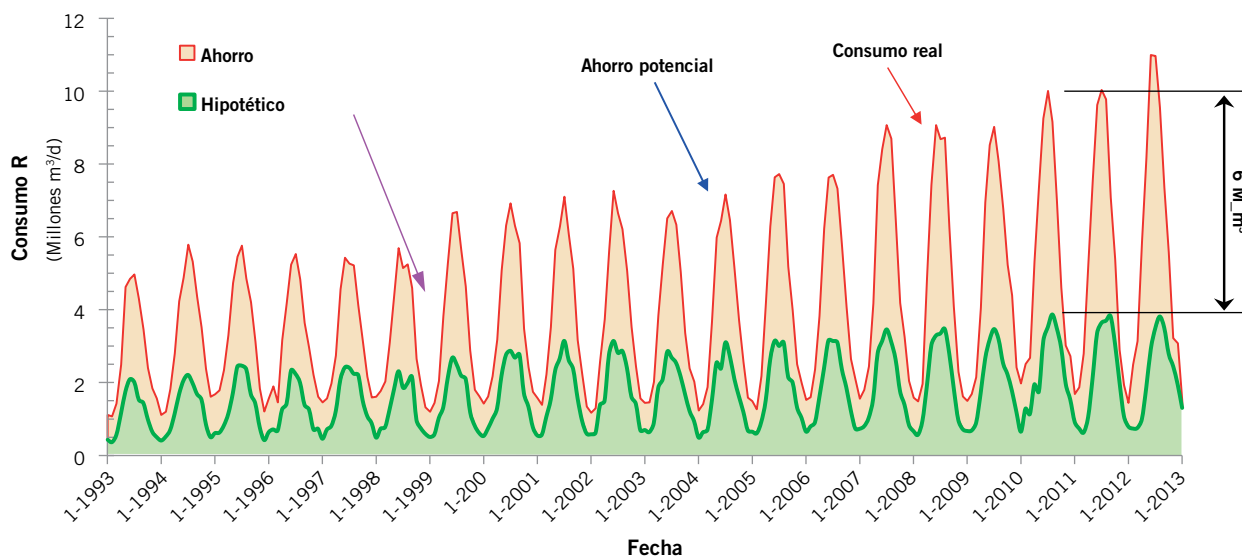


Figura 5. Variación de los consumos residenciales totales en la zona sur. La curva delgada superior (roja) representa los consumos realmente observados. La curva verde que rodea el área amarilla (oscura) representa el consumo residencial de la zona sur si esta región tuviese un consumo específico como el resto del país, pero respetando sus escenarios térmicos reales. El área verde (superior) indica la magnitud del posible ahorro diario medio de gas, cuya aproximación sería de unos 6 millones de m³/día en los días más fríos.¹¹

giones del país. Se toman como base los datos de consumos mensuales desde 1993 a 2012.

Esta figura 4 muestra que el consumo específico destinado a calefacción varía linealmente con DGD_d, de acuerdo con la Ec.(1); de hecho, los parámetros Q_{base} y B, pueden obtenerse de estos gráficos. De esta forma, se espera que el consumo anual resulte proporcional a la DGD_a. Es interesante señalar que varias normas internacionales y nacionales, que permiten estimar los consumos de calefacción, utilizan la proporcionalidad del consumo de energía con la DGD_a.⁹ En el Apéndice A se discute un modelo simplificado que permite comprender esta dependencia. Así, de la línea marrón de la figura 4, que describe un consumo medio diario, se puede obtener el consumo medio anual de gas de la región centro-norte, dependiente de la DGD_a según la expresión:

$$Q_{R_{medio}} \left[\frac{m^3}{año} \right] \approx 0,60.DGD_a + 500 \quad (3)$$

Consumos en la región sur de Argentina

Como puede apreciarse de la figura 4, los usuarios al sur del Río Colorado tienen un comportamiento diferente al resto del país. Estos usuarios están representados por los símbolos triangulares en esta figura, y genéricamente lo designamos como sur. Para un

determinado valor de la DGD_d, en el sur se consume aproximadamente el doble que en el resto del país. En otras palabras, a una misma temperatura diaria, el consumo por usuario en el sur es el doble del consumo por usuario del centro o norte de la Argentina. Un hecho notable de esta figura, que ilustra y en cierto modo explica la diferencia de consumo entre la zona centro-norte y sur, es el comportamiento de la subzona Bahía Blanca, representado por cruces. Esta subzona tiene temperaturas intermedias entre las dos regiones (centro-norte y sur); sin embargo, su comportamiento cae en la misma sistemática de la región centro-norte, consistente con el hecho de que el subsidio de la zona sur no llega a Bahía Blanca. Por lo tanto, sugiriendo que la explicación de este comportamiento diferente entre las regiones centro-norte y sur, es consecuencia de estos subsidios.

Este patrón en el comportamiento de los usuarios se ha mantenido prácticamente invariable a lo largo de los últimos 20 años⁶. Varios estudios independientes¹⁰ indican que los requerimientos de energía en viviendas del sur constituyen un consumo anual por metros cuadrados [m²] de más del doble que los valores correspondientes en viviendas de países de Europa (Suecia, Alemania y Holanda) con condiciones climáticas similares. Toda esta información y análisis indica que es necesario promover medidas que tiendan a generar conductas

que promuevan un uso más eficiente del gas y, en general, de la energía en todo el país, pero particularmente en el sur.

Este patrón de consumo, en gran medida, puede explicarse por la diferencia tarifaria. El costo del gas natural en la zona sur es aproximadamente la mitad del costo de las zonas del resto del país. Nótese que este incremento de consumo de la zona sur respecto del resto, se observa a una misma temperatura. El hecho de que en el sur las temperaturas medias sean menores que en el resto del país, se evidencia en que los datos de consumos específicos de la zona sur se agrupan con mayor probabilidad en la zona de más bajas temperaturas, o sea mayores valores de DGD_d, de la figura 4.

En la figura 5 se muestra la variación del consumo diario a lo largo del tiempo en la zona sur. La curva delgada superior (roja) indica la magnitud de los consumos residenciales realmente observados. La curva de trazo grueso inferior (verde) indica la variación hipotética del consumo en la zona sur si esta tuviese el mismo comportamiento que el resto del país, pero con escenarios térmicos propios de esas zonas. Es interesante notar que la magnitud de los posibles ahorros de gas es del orden de 6 millones de metros cúbicos diarios en los días con mayor consumo.

La magnitud de estos volúmenes de gas es muy significativa, es casi el 50% de las importaciones de Bolivia.

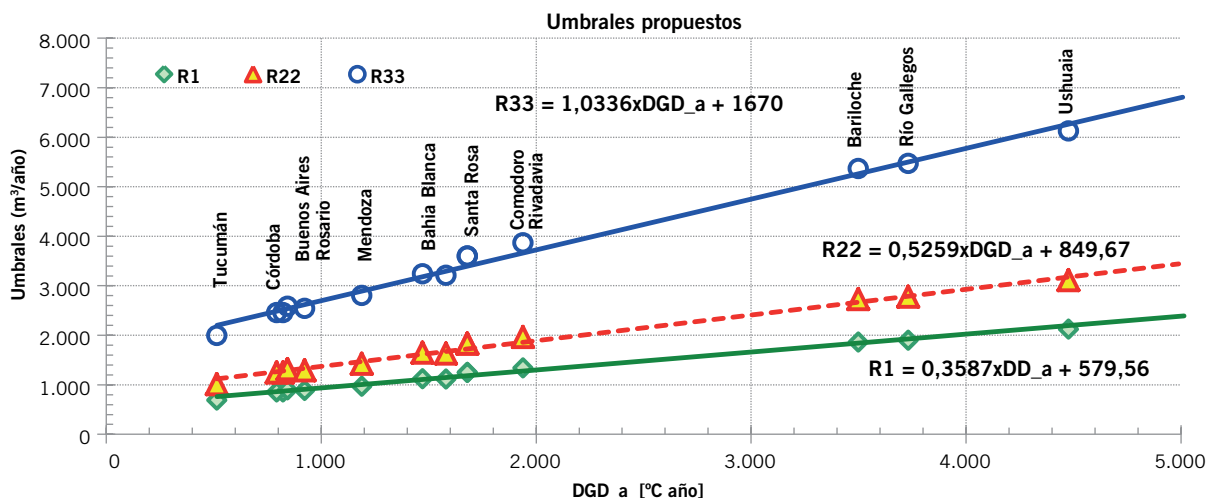


Figura 6. Variación de los umbrales de consumos R1, R22 y R33 en función del DGD anual para distintas ciudades del país, obtenidos con el modelo propuesto. La línea continua indica el ajuste lineal a los datos de todas las ciudades del país.

Estos volúmenes, convertidos en energía eléctrica, podrían abastecer una central de ciclo combinado de unos 1.200 MW, equivalentes a la energía producida por una central eléctrica del tamaño de Embalse de Río III y 2 Atuchas I combinadas.

Esta distorsión en los consumos tiende a perpetuarse en el tiempo, debido a que los umbrales establecidos para caracterizar a los usuarios residenciales, en las distintas categorías tarifarias, es decir, los R1, R21, etcétera, se definieron en base a los datos históricos de consumos. Por lo tanto, dichos umbrales de categorización tienden a mantener las distorsiones.

Umbrales que promuevan un uso eficiente del gas

Una posible manera de desestimular el exceso de consumo, y al mismo tiempo proteger a los usuarios de menores ingresos, sería redefinir los umbrales de consumo que determinan las categorías tarifarias residenciales en la zona sur.

En Argentina, los usuarios residenciales se categorizan en 8 particiones: R1, R21, R22, R23, R31, R32, R33 y R34 según el consumo registrado en su último año. En general, los umbrales que separan cada partición reflejan los consumos históricos que, como señalamos previamente, tienden a perpetuar las posibles distorsiones. El criterio que se propone para definir los umbrales de consumo para las distintas categorías es el siguiente:

Para cada subzona tarifaria se toman los registros térmicos de los últimos 10 años; con ellos se evalúan

las DGD_a de cada región. Usando la Ec.(3) se estima los consumos medios. Con este valor, usando la curva de la figura 2, se estima la mediana de la distribución de consumo.

Conociendo la mediana de la distribución de los usuarios, similar a la figura 1. Se divide la población de usuarios en 8 grupos de igual número y se obtienen los umbrales de cada categoría. La figura 6 ilustra, a modo de ejemplo, el resultado de aplicar este procedimiento para el caso de los umbrales de las categorías R1, R22 y R33.

Si se restringiesen los subsidios de gas solo al primer cuartil de menor consumo, se podría continuar beneficiando a muchas familias de menores ingresos, impactando únicamente en una fracción modesta del volumen total de gas, el 13%. Por otra parte,

en los usuarios de mayor consumo, no alcanzados por los subsidios, se generaría un fuerte incentivo para que efficienten su consumo.

Existen estudios que indican que con relativamente moderadas inversiones, en mejoras de la aislación térmica en viviendas, tienen un impacto muy importante en el consumo¹², y justamente los usuarios de las categorías más altas son quienes tienen las mayores posibilidades de realizar estas mejoras.

En muchos países de la Unión Europea¹³, desde hace varios años, se han impulsado programas de eficiencia energética en edificios que han logrado bajar el consumo de viviendas familiares a un promedio del orden de los 150 kWh/m².año. Como puede verse en la figura 7, en Argentina los consumos por calefacción son altamente superiores a los de Europa.

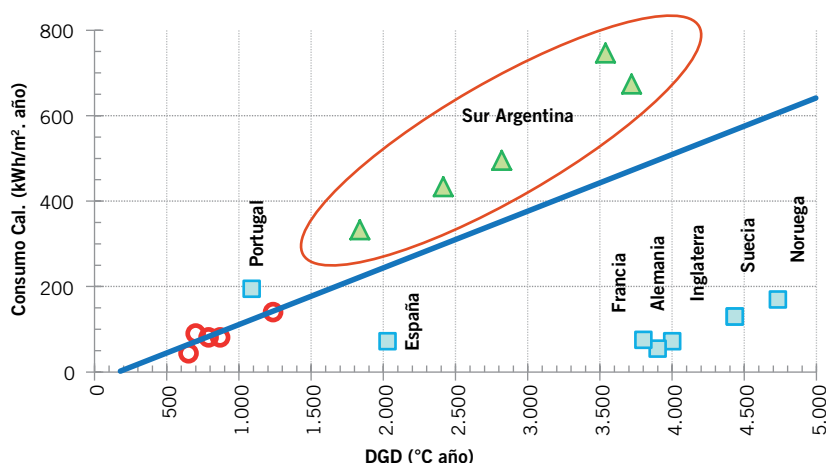


Figura 7. Consumo de energía por metro cuadrado para distintas regiones de Argentina y de Europa como función de la DGD. Los círculos rojos indican consumos en Argentina en las zonas al norte del Río Colorado. Los consumos al sur están representados con triángulos verdes. El hecho de que los consumos en varios países de Europa, con igual o mayor valor de la DGD, sean más bajos que en Argentina, señala la importancia de las buenas prácticas constructivas que han venido impulsando esos países.

Este gráfico pone en evidencia que es posible disminuir considerablemente nuestros consumos en calefacción.

Conclusión

En el presente trabajo se muestra que la distribución del consumo de gas en Argentina sigue una distribución log-normal, estando la mediana de esta distribución relacionada linealmente con el consumo medio anual de cada zona. Este consumo medio anual se puede estimar a partir de la Deficiencia Grado Día anual de cada lugar.

Asimismo, se propone un esquema de determinación de umbrales de consumo para todas las categorías de usuarios del país, intentando establecer un criterio de equidad entre las distintas zonas tarifarias que, respetando las condiciones climáticas, induzca a los usuarios a un uso más racional y eficiente del gas en Argentina.

Un esquema de este tipo permitiría lograr un ahorro importante de gas, cercano a los 6 millones de m³ diarios solo en el sur que, convertidos en potencia eléctrica, podrían abastecer una central de ciclo combinado de aproximadamente 1.200 MW.

En el año 2008 el Poder Ejecutivo Nacional sancionó el Decreto N° 2067/08, el cual establece un cargo específico que integra un Fondo Fiduciario para atender las importaciones de gas natural.¹⁴ Este cargo se aplica a las categorías de mayor consumo anual, más específicamente, usuarios R31 y superiores. Con este cargo, los usuarios con mayor consumo ven reflejado este cargo en la facturación. Esto, en parte tiende a promover un uso más eficiente pero en particular, en la zona sur, no es suficientemente efectivo, ya que los mismos umbrales de definición de estas categorías mantienen la distorsión, por lo que sería conveniente realizar una revisión crítica de los valores de la segmentación de las categorías.

Finalmente, dado que los recursos energéticos como el gas natural no son ilimitados, sería conveniente modificar el esquema de subsidio actual, sin dejar de atender a los sectores de más bajos recursos, pero proponiendo un esquema que "premie" el uso eficiente de la energía.

Las opiniones y los puntos de vista vertidos en este trabajo son responsabilidad exclusiva de los autores.

Apéndice A

Consumo de calefacción

En este apéndice (ENARGAS, 1992) deseamos plantear un modelo muy simplificado, pero que hace posible comprender la dependencia del consumo de gas con el uso de la calefacción, descripto por la figura 4 o la Ec.(3). Desde luego, la simplificación presentada aquí tiene un carácter didáctico, que hace plausible dicha dependencia, más que intentar explicar todos los complejos procesos que tienen lugar en una vivienda.⁸

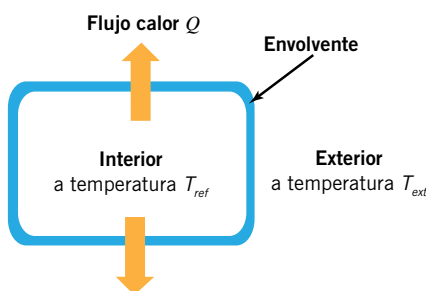


Figura 8. Modelo simplificado de un recinto cerrado a una temperatura interior T_{ref} en un medio externo a temperatura T_{ext} . El flujo de calor será proporcional a la diferencia de temperatura ($T_{ref} - T_{ext}$) y a la conductividad térmica de la envolvente.

En la figura 8 se muestra un modelo simplificado de un recinto cerrado a temperatura interior, T_{ref} , en un medio externo a temperatura exterior, T_{ext} . El calor que se pierde por día, Q_{dia} , será proporcional a la diferencia de temperatura ($T_{referencia} - T_{media_exterior}$). De este modo, el consumo por calefacción, $Q_{calefaccion}$, a lo largo de un año resultará:

$$Q_{cal} \approx k \cdot DGD_a \quad (4)$$

Donde DGD_a , es la deficiencia grado día al año, dada por la Ec.(2) y k una constante que depende de la conductividad media de la envolvente y su área. En la Norma IRAM 11.6048 se discuten modelos más realistas. Para obtener el consumo residencial, al consumo de calefacción debemos sumar el consumo base, asociado con la cocción y el calentamiento de agua, que es casi independiente de la temperatura. ■

Referencias

- ENARGAS. (1992). Marco Regulatorio del Gas Ley 24.076 de la Nación Argentina. www.enargas.gov.ar
- 1 Modelo de predicción de consumo de gas

natural en la República Argentina. S.Gil et al. Petrotecnia (Revista del Instituto Argentino del Petróleo y del Gas) XL, N03, Sup. Tecn. 1,1 – Junio (1999).

- 2 Modelo generalizado de predicción de consumos de gas natural a mediano y corto plazo I - S. Gil, et al. Gas & Gas. Pub. para la Industria Gasífera - Año IV- N° 48, 24-30 (2002) y IV- N° 49 (2002).
- 3 Generalized model of prediction of natural gas consumption, Sigils et al. Journal of Energy Resources Technology Journals of The American Association of Mechanical Engineers (ASME International), junio de 2004.
- 4 Resolución ENARGAS N° 1/566 http://www.enargas.gov.ar/MarcoLegal/Resoluciones/Data/R08_i0566.pdf
- 5 Distribución log-normal – Wikipedia. http://es.wikipedia.org/wiki/Distribuci%C3%B3n_log-normal
- 6 Marco Regulatorio del Gas Ley 24.076 de la Nación Argentina - www.enargas.gov.ar
- 7 Resoluciones ENARGAS I/409/2008, y artículo 10 del Decreto 181/04. www.enargas.gov.ar
- 8 Ente Nacional Regulador del Gas en Argentina, ENARGAS. www.enargas.gov.ar
- 9 Norma Argentina de aislamiento térmico de edificios, IRAM 11604- 2001 www.iram.org.ar
- 10 Eficiencia en el uso del gas natural en viviendas unifamiliares de la ciudad de Bariloche, A. D. González , E. Crivelli , S. Gortari, Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol. 10, p (07-01), 2006.
- 11 Posibilidades de ahorro de gas en Argentina. Hacia un uso más eficiente de la energía, S. Gil, Petrotecnia (Revista del Instituto Argentino del Petróleo y del Gas) L, N02, (pág. 80-84), abril de 2009). ISSN 0031-6598.
- 12 Ahorro energético en el consumo de gas residencial mediante aislamiento térmico en la construcción, V. L. Volantino, P. A. Bilbao, Unidad Técnica Habitabilidad Higrotérmica – INTI Construcciones -Instituto Nacional de Tecnología Industrial, P. E. Azqueta, P. U. Bittner, A. Englebert, M. Schopflocher, integrantes del Comité Ejecutivo de INTI Construcciones; Comisión de Trabajo URE en Edificios.<http://www.mastropor.com.ar/Novedades/07AHORRO.pdf>
- 13 Europe's buildings under the microscope, A country-by-country review of the energy performance of buildings. 2011 by Buildings Performance Institute Europe (BPIE). http://www.bpie.eu/country_review.html
- 14 ENARGAS http://www.enargas.gov.ar/MarcoLegal/Resoluciones/Data/R09_i0615.htm