

## **EFICIENCIA EN EL USO DEL GAS NATURAL EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES DE LA CIUDAD DE BARILOCHE**

**A. D. González \***, **E. Crivelli \***, **S. Gortari \*\***

\*- *Conicet, y Grupo de Estudios Ambientales, Centro Regional Universitario Bariloche, Universidad Nacional del Comahue, 8400 Bariloche, RN. e-mail: [agonzalez@crub.uncoma.edu.ar](mailto:agonzalez@crub.uncoma.edu.ar), [crivelli@crub.uncoma.edu.ar](mailto:crivelli@crub.uncoma.edu.ar)*

\*\* - *Grupo de Servicios de Ingeniería, Temadi, CAB-IB, CNEA, 8400 Bariloche, [gortari@cab.cnea.gov.ar](mailto:gortari@cab.cnea.gov.ar)*

**RESUMEN:** Se realizó una encuesta energética en 70 viviendas unifamiliares de Bariloche. Se obtuvieron datos sobre las características edilicias, número de habitantes, artefactos de calefacción y agua caliente, los consumos de gas por bimestre y promedios de electricidad por año. El consumo promedio anual de gas natural encontrado es 23 veces mayor que el consumo de electricidad en términos de energía equivalente, y el porcentaje de energía directa usado en calefacción es de más del 80% del uso total. Se comparan estos consumos con los de viviendas unifamiliares de Estocolmo (Suecia), con necesidad de calefacción similar. Por vivienda y por año, el consumo de Bariloche es el doble, y si se comparan los valores por metro cuadrado habitable, estos son aún tres veces mayores. Se analizan estos resultados en función de la aislación térmica de los cerramientos y de la eficiencia de los artefactos de calefacción. Se concluye que ambos son inadecuados para el clima de la región.

**Palabras clave:** Energía residencial – Eficiencia – Aislaciones térmicas – Conservación de recursos

### **INTRODUCCIÓN**

Estudios detallados de la energía usada en el sector residencial, basados en encuestas y auditorias, fueron realizados para la ciudad de La Plata (Rosenfeld et al., 2003); y en particular con énfasis en el uso del gas natural (Czajkowski et al., 2003a). Para la década del '90 se encontraron consumos de gas de alrededor de 66 GJ/año y por vivienda, y de casi 9 GJ de electricidad en el mismo período. La Plata presenta una temperatura media anual de 15,8°C, y una cantidad de grados-día de calefacción (base 18) de alrededor de 1170 grados-día (SMN, 2006). El grado-día es una medida de la necesidad de calefacción, estimada en base a las diferencias entre la temperatura media exterior y una temperatura de referencia, para calefacción de 18°C (Eto, 1988).

En un trabajo previo, se estudió a través de encuestas domiciliarias los consumos de gas natural y electricidad para el sector residencial de la ciudad de Bariloche (González et al., 2005). En ese trabajo se encontró un consumo energético elevado (171 GJ/año vivienda), y se lo relacionó con la presión sobre los bosques de la región de la Patagonia Andina. Por ejemplo, el consumo de gas natural promedio obtenido corresponde a una cantidad de leña de entre 11000 kg y 15000 kg por año y por vivienda, dependiendo de la eficiencia de los equipos de calefacción. Este sería el consumo de un domicilio no conectado a la red de gas. En Bariloche la temperatura media es de 8,1°C, y presenta una cantidad de 3620 grados-día de calefacción (SMN, 2006). La presión sobre los bosques proviene de la conjunción del clima muy frío, de las deficiencias edilicias y de la relación de precios con otros combustibles no subsidiados, como el gas envasado, el kerosén o el diesel.

Por otro lado, en la ciudad de Bariloche, ha ocurrido reiteradamente que los proveedores de gas natural no pueden cumplir con la demanda local. Las explicaciones de los proveedores se basan en las limitaciones del gasoducto que alimenta a la ciudad. Sin embargo, en 2005 se terminó una ampliación significativa del gasoducto, pero su capacidad quedó nuevamente saturada a principio del invierno de 2006. La gran demanda de gas natural, así como también la observación de las soluciones constructivas en la región, incluyendo la elección mayoritaria de calefactores de tiro balanceado de bajo rendimiento (Juanicó et al, 2006), motivó el presente estudio.

En esfuerzos por el desarrollo de soluciones constructivas conservativas y que aprovechen la energía solar, Filippin y Marek (2004) investigaron el comportamiento de edificios escolares en la Provincia de La Pampa. En esa región, al problema de la necesidad de calefacción se agrega (al igual que en La Plata) el acondicionamiento en verano. Ambas localizaciones presentan una necesidad relevante de enfriamiento, la cual es despreciable en el caso de Bariloche, en donde la temperatura media de verano no supera los 15°C (SMN, 2006). Una investigación en zona fría similar a Bariloche, sobre viviendas conservativas, se realizó en la región centro sur de Suecia. Se demostró que, hasta con temperatura media anual de alrededor de 7°C, es posible construir viviendas unifamiliares con requerimiento energético cercano a cero (anual por vivienda de 6 GJ) (Wall, 2006). Este caso muestra hasta qué punto extremo puede ahorrarse energía a través de la calidad de la construcción y de los materiales de aislamiento térmico.

En el presente trabajo, se muestran resultados de la ampliación de la encuesta anterior (González et al., 2005), concentrándola ahora en 70 viviendas de tipo unifamiliar conectadas a la red de gas natural en barrios de Bariloche cercanos al centro de la ciudad. Detallamos las observaciones y los consumos registrados de gas y electricidad, así como el número de habitantes, superficie, y tipo y cantidad de calefactores. Analizamos las características edilicias y de los artefactos de calefacción con

relación al potencial de ahorro y uso racional de los recursos. De esta manera ha sido posible comparar con datos de otras localizaciones con climas similares, pero que utilizan masivamente soluciones constructivas con aislación térmica eficiente.

## CARACTERÍSTICAS DEL SECTOR RESIDENCIAL DE BARILOCHE

### Características de la encuesta

Se encuestaron 70 viviendas unifamiliares, de barrios cercanos al centro de la ciudad en un radio de 2 km, todas con provisión de gas natural. Un tercio de las encuestas se entregaron impresas a través de personas conocidas o en el ámbito laboral, y fueron completadas por los residentes. Los dos tercios restantes se completaron recorriendo los barrios. Usualmente menos del 20% de los domicilios aceptaron tanto hablar con el encuestador como así también responder con los detalles de consumo solicitados. Se realizaron entrevistas radiales (pero no publicidad) para dar a conocer el estudio, sin embargo ninguno de los encuestados las recordaba. En total se recorrieron alrededor de 200 domicilios. Al presentarse a la puerta de la vivienda, el encuestador explicó claramente la intención del trabajo y el carácter voluntario de la participación. Muchos vecinos no respondieron, en general manifestando desconfianza por posibles inspecciones encubiertas de organismos controladores. Otros respondieron a las preguntas edilicias pero no quisieron mostrar los datos de consumo, y por lo que no son incluidos en este trabajo. La mayoría realizó muchas preguntas al encuestador antes de aceptar la participación. El encuestador (uno de nosotros, ADG) mostró en todos los casos una carta de la Universidad indicando la intención de realizar un estudio académico.

### Características de ocupación

La Figura 1 muestra la distribución de personas en función de la superficie de la vivienda. El promedio de la superficie de las viviendas de la muestra analizada es 99,7 m<sup>2</sup>, con un promedio de habitantes por vivienda de 3 personas. Por simplicidad, no se discrimina por edades (toda persona cuenta como un adulto). La interpolación lineal es en este caso sólo indicativa, ya que el factor de correlación R<sup>2</sup> es muy bajo.

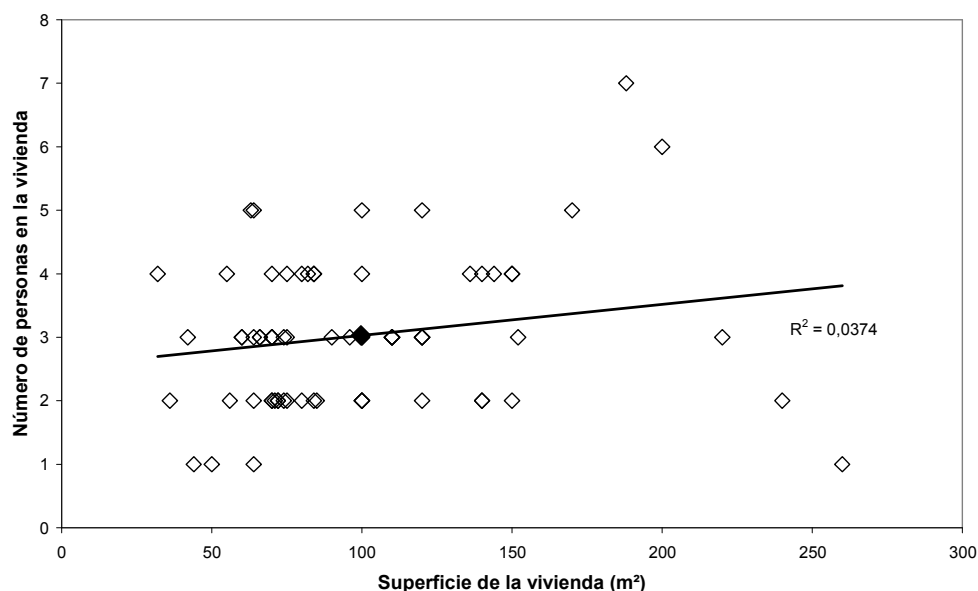


Figura 1: Distribución de personas en cada vivienda en función de la superficie habitable. Los rombos abiertos son los datos obtenidos en la encuesta, el lleno representa el promedio de ambas variables.

Los datos obtenidos sobre ingresos económicos del hogar son parciales, y son insuficientes para incluirlos en el análisis. Por la distribución de encuestas y por las visitas puerta a puerta, se puede afirmar que en su mayoría los hogares encuestados disponen de ingresos medios o medio altos. Sin embargo, la mayoría de los encuestados no quiso responder sobre este particular, y entonces la falta de datos precisos en este aspecto impide desagregar a los encuestados por sector socio económico.

### Características edilicio-constructivas

Con respecto a la aislación térmica, se obtuvo que:

- Sólo el 2,8% de las viviendas disponían de paredes con algún tipo de cámara de aire o de aislación térmica
- Sólo el 1,4% disponía de aislación térmica de algún tipo en el piso de la planta baja. Es muy común observar plateas de HoAo que sobresalen hacia el exterior en un metro por lado contando desde el asentamiento de las paredes. En la mayoría de las viviendas se usan pisos cerámicos sobre contrapisos sin aislamiento térmico.
- Todos los techos encontrados fueron de algún tipo de chapa y con el interior recubierto, en madera o en otro revestimiento. En el 46% de las viviendas informaron de la presencia de alguna aislación térmica entre la chapa y el revestimiento interno (en general, lana de vidrio); y el 54% informó de la presencia sólo de una barrera hidrófuga, tipo Ruberoi. Por otra parte, en otras dos construcciones en avance se observó que la lana de vidrio se colocaba en trozos irregulares, no adaptados a los rectángulos de la carpintería, dejando espacios relevantes sin aislar.

- En el 7% se instalaron vidrios dobles en todas las ventanas, y en el 10% de las viviendas había vidrios dobles en porcentajes menores al 50%. En Bariloche es común la preferencia por grandes superficies vidriadas, tanto para fines turísticos como residenciales.
- Salvo en el 2,8%, los marcos de puertas y ventanas no presentaron barrera térmica. En la mayoría se observó la inexistencia de burletes y en muchos casos con grandes espacios para filtraciones de aire. (Un bajo puerta por donde pasa un sobre conteniendo 10 hojas puede considerarse una filtración seria para una región con 8,3°C de temperatura media anual). Normalmente se usan aberturas comunes de Aluminio, del tipo usadas en zonas subtropicales del país, y también puertas de chapa y de madera de bajo espesor y sin aislamiento térmico.
- En general se registró la carencia casi total de conciencia de la importancia de la aislación térmica. Por ejemplo, en aquellas viviendas con hogar y chimenea, ésta raramente dispone de compuerta. Como consecuencia, en una vivienda con provisión de gas natural, el hogar se encuentra usualmente sin fuego y la chimenea opera como tubo de ventilación del aire caliente del ambiente.

#### Equipamiento domiciliario conectado al gas natural

En cuanto a equipos de calefacción, el 81% de las viviendas encuestadas utilizan calefactores de tiro balanceado. En el 11% de los casos se tuvo calderas modernas con sistema de circulación de agua caliente, en el 2,8% se observaron calderas y radiadores antiguos y en estado de mantenimiento dudoso, y en 5,2% había sistemas de circulación de agua caliente producida en calefones adaptados para calefacción. Los equipos de tiro balanceado presentan eficiencias térmicas hacia el ambiente interior de entre 40 y 60%, dependiendo del tipo de chimenea instalada (Juanicó et al., 2006).

Para otros artefactos que usan gas, en general se observa la falta de preocupación por la eficiencia de uso específico del equipo. Por ejemplo, se midió la temperatura en el horno de una cocina estándar a gas. Con el quemador del horno encendido en mediano, y cocinando una comida habitual de dos o tres kilogramos, se midió en el interior del horno una temperatura de 200°C, en las paredes laterales externas 90°C; en la pared posterior externa 140°C; y una temperatura de 100°C en el piso del local debajo del horno —el piso del local está separado físicamente del quemador sólo por una chapa de hierro de alta emisividad infrarroja—. En las recomendaciones de Enargas (2006) se solicita no usar el horno como calefactor, lo cual es correcto en vista de que los gases de combustión no disponen de salida al exterior, y que además se usa aire del ambiente para alimentar el quemador. Sin embargo, el horno en sí parece mejor diseñado para emitir calor al ambiente del local que para contenerlo y usarlo eficientemente en la cocción de alimentos.

#### Consumos observados y costumbres del usuario

La Figura 2 muestra el consumo bimestral de gas de los usuarios encuestados. Cada usuario está representado por 7 bimestres consecutivos. No siendo relevante para este gráfico, un mismo símbolo puede repetirse para distintos usuarios. Los mayores consumos se tienen, como es lógico, para los bimestres de invierno. En este trabajo no hemos obtenido consumos de gas discriminados, y no disponemos aún de la capacidad de auditorías como las realizadas por Czajkowski et al. (2003a). Sin embargo, en el análisis de los consumos por bimestre, no se observan los mínimos esperados para los períodos de verano. Por una parte, esto puede estar relacionado a la baja eficiencia en la cocción de alimentos con gas (González, 2003); y por otra parte a las bajas temperaturas del agua a calentar para el uso sanitario, de no más de 13°C en verano.

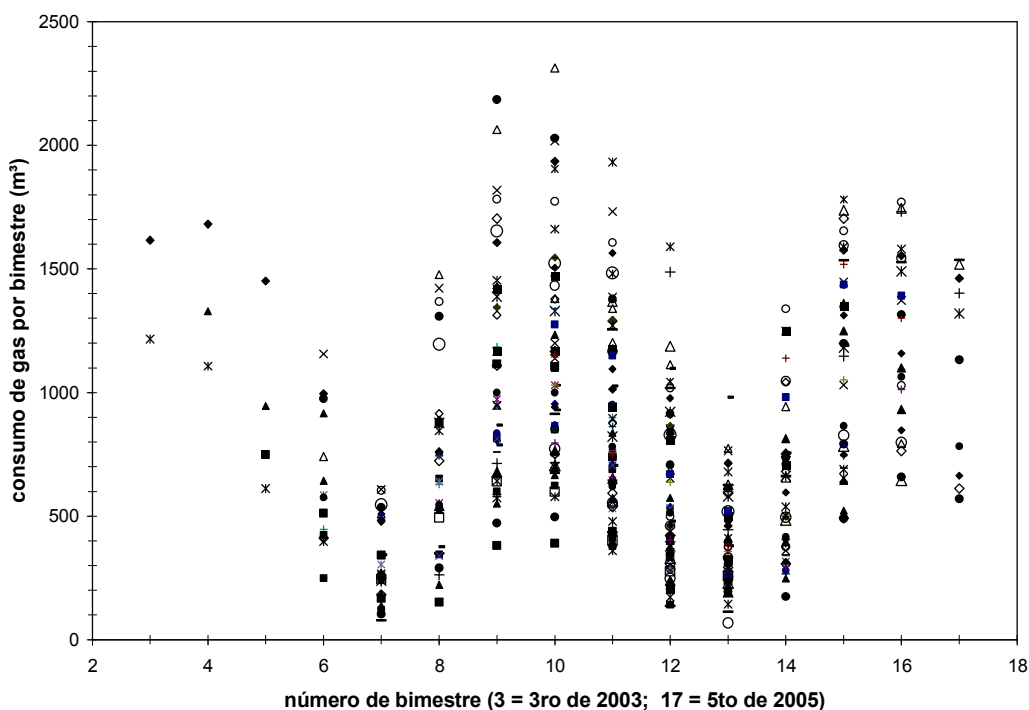


Figura 2: Consumo de gas natural por bimestre y por vivienda. En la abscisa se representan bimestres consecutivos, el número 3 corresponde al tercer bimestre de 2003 (mayo-junio de 2003), y el número 17 al quinto de 2005 (setiembre-octubre de 2005), respectivamente.

Considerando el promedio de 3 personas en la vivienda, con un uso de 3 horas diarias de una hornalla de cocina (1,5 kW) y de una hora de horno (3,7 kW) se necesitan alrededor de 45 m<sup>3</sup> de gas natural por bimestre para cocción de alimentos. Para el agua caliente sanitaria puede considerarse una provisión de 50 litros por día y por persona, a 50°C de temperatura, y un rendimiento de termotanque de 70% (este se obtiene del valor de recuperación declarado por el fabricante, [www.rheem.com.ar](http://www.rheem.com.ar)). Así, para una temperatura de provisión de agua en verano de 13°C, se necesitan alrededor de 51 m<sup>3</sup> de gas natural por bimestre, lo que hace un promedio estimado de verano de alrededor de 96 m<sup>3</sup> por bimestre y por vivienda. Si se tiene en cuenta la dispersión de habitantes por vivienda entre 2 y 4 personas (Figura 2), puede estimarse una fluctuación de este valor típico de consumo de verano entre 60 y 120 m<sup>3</sup> de gas por bimestre, lo cual está por debajo de la fluctuación observada en verano en la Figura 2. Si se agrega a esto el hecho de que los pilotos de los calefactores quedan habitualmente encendidos, entonces se explican mejor los mínimos observados en verano. Esto responde a que el clima de montaña es cambiante, y pueden presentarse noches de 4°C a 6°C en verano, con algunos días de máximas alrededor de 15°C. De hecho, el bimestre enero-febrero en Bariloche presenta una cantidad de 250 grados-día de calefacción (SMN, 2006). Sin una aislación térmica adecuada, la vivienda pierde rápidamente calor y el usuario restablece el nivel de confort encendiendo calefactores. Más allá del gasto parcial diario en calefacción de verano, que no se puede desagregar en el presente estudio, sí puede estimarse el consumo de la llama piloto encendida en forma permanente. Una llama piloto consume alrededor de 20 litros de gas natural por hora, lo cual representa 0,48 m<sup>3</sup> por día. Para el 81% de la muestra que usa calefactores con piloto, el promedio es de 3,4 artefactos instalados por vivienda, lo que genera un consumo promedio de pilotos encendidos cercano a 98 m<sup>3</sup> por bimestre. Sumado al promedio estimado para cocción y agua caliente sanitaria, se obtienen cerca de 200 m<sup>3</sup> por bimestre de verano, con una fluctuación aproximada de ± 100 m<sup>3</sup> (considerando número de personas y cantidad de artefactos). Esto explica sólo parcialmente los mínimos de verano y sus fluctuaciones. Para cada bimestre, en la Figura 2, las dispersiones en el consumo bimestral corresponden a las distintas superficies y grados de habitabilidad de las viviendas, a las diferencias socioeconómicas y a los comportamientos y nivel de confort elegidos por los usuarios. Estas desagregaciones no pueden realizarse aquí dado el tamaño de la muestra.

En la Figura 3 se resumen los valores de consumo anuales de gas natural y electricidad de las 70 viviendas encuestadas. Se indican también los promedios con cuadrados y triángulos llenos para gas y electricidad, respectivamente, correspondientes a la superficie de vivienda promedio de 99,7 m<sup>2</sup>. Los valores para Estocolmo fueron obtenidos de Statistics Sweden (2006) y representan promedios de consumo anual total para distintos rangos de superficie de viviendas y distintos recursos energéticos usados. Elegimos las unidades de consumo equivalente de gas natural por ser este el recurso usado en mayor asiduidad en el sector residencial estudiado. El equivalente calórico estándar de facturación es 9300 kcal/m<sup>3</sup> = 38,9 MJ/m<sup>3</sup> = 10,8 kWh/m<sup>3</sup>. Los promedios de la presente muestra son de 4780 m<sup>3</sup> de gas natural y 205 m<sup>3</sup> de gas equivalente en electricidad, por año y por vivienda, respectivamente. De aquí se observa claramente que el consumo energético en gas natural en la muestra de Bariloche es 23 veces mayor que el de electricidad. Este hecho no se condice con los esfuerzos en los programas de ahorro, los cuales son más insistentes con respecto al ahorro eléctrico que al de gas. En La Plata, para la década del '90, Rosenfeld et al (2003) encontraron consumos anuales promedio de 1880 m<sup>3</sup> de gas natural y 2430 kWh de

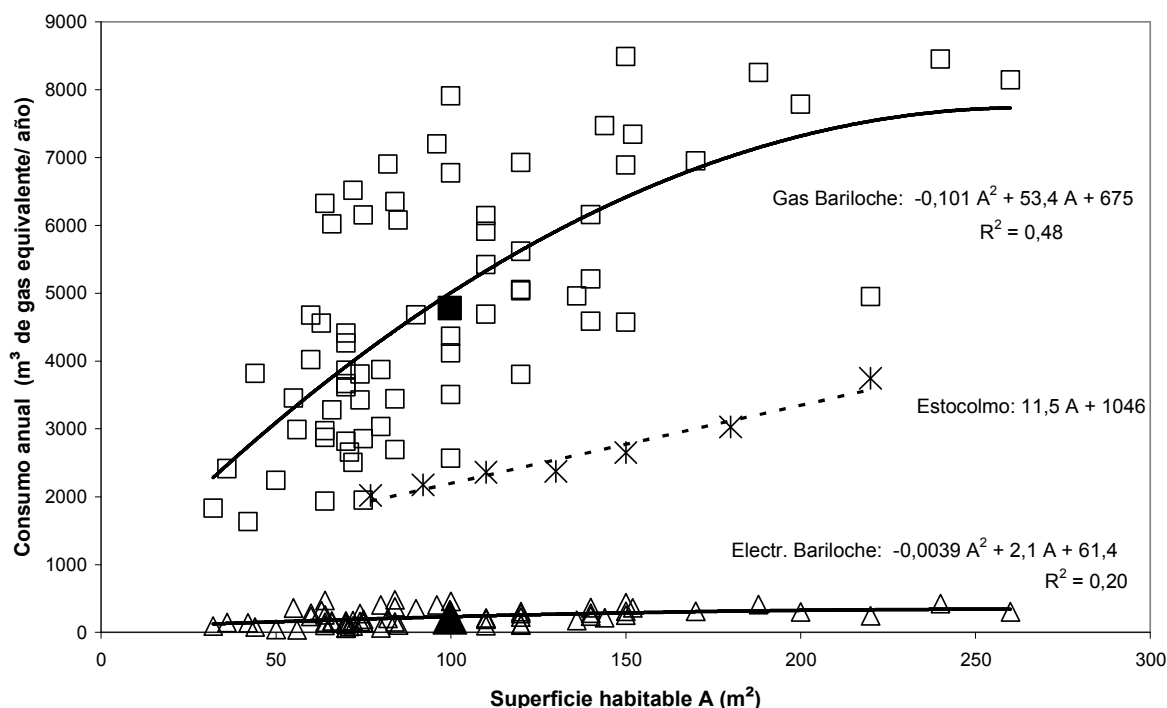


Figura 3: Consumo de energía en la vivienda unifamiliar. Los cuadrados abiertos representan el consumo de gas natural de cada vivienda, y los triángulos abiertos de electricidad, ambos para la encuesta en Bariloche. Los respectivos cuadrados y triángulos llenos son los promedios para la muestras. Las cruces son promedios de energía directa total por vivienda en Estocolmo.

electricidad (equivalente a 225 m<sup>3</sup> de gas natural). Para La Plata la relación de uso de gas a uso eléctrico es de 8 veces, con características bien distintas que las que observamos en el clima frío cordillerano. Los programas de ahorro energético no tienen en cuenta las variaciones climáticas, que además son muy vastas en Argentina. Las diferencias encontradas, entonces, confirman que los programas deberían modificarse inmediatamente, incluyendo el conocimiento del que ya se dispone en la materia.

En la Figura 3, cada punto representa una vivienda. Para cada superficie se observa una gran dispersión en los valores de consumo. Esta dispersión se debe a distintas calidades edilicias, sumado a la dispersión en el número de habitantes por vivienda (mostrado en la Figura 1), a distintos comportamientos de los usuarios y al nivel socioeconómico. Esta dispersión podría reducirse si se discrimina la muestra en subgrupos definidos por rangos de parámetros. Esto no es posible con la muestra actual de 70 viviendas. De todos modos, los valores de R<sup>2</sup> muestran que las interpolaciones cuadráticas son significativas, más aún para el caso relevante del consumo de gas.

#### *Comparación entre distintas características edilicias*

En la Figura 3 se compara con datos de Estocolmo, cuyo clima es similar al de Bariloche. La temperatura media anual en Estocolmo es de 7 °C, y en Bariloche 8,1 °C. Para comparar Bariloche con Estocolmo usamos la información de la Organización Meteorológica Mundial (OMM, 2006) que resume los datos oficiales de ambas localizaciones. Estocolmo requiere de 4070 grados-día de calefacción, y Bariloche de 3620 grados-día, ambos en base 18°C, y considerando datos promedio de 30 años, respectivamente (OMM, 2006). Es interesante la observación de las temperaturas medias mensuales, en donde se aprecian inviernos más fríos en Estocolmo, pero por el contrario, veranos más cálidos que en Bariloche. Por otro lado, en cuanto a comportamiento del usuario residencial, la temperatura de confort elegida por los usuarios en Suecia es de más de 20°C (Wall, 2006), también similar a la de los hogares encuestados en Bariloche.

De la comparación de consumos se observa que, para todos los rangos de superficie de vivienda, los valores en Estocolmo son mucho menores. Si consideramos la vivienda promedio de nuestra muestra (99,7 m<sup>2</sup>), resultaría un consumo anual de 2200 m<sup>3</sup> de gas equivalente para Estocolmo; esto es alrededor de la mitad que en Bariloche. Entonces, claramente, el consumo de gas natural en Bariloche es excesivo.

De las interpolaciones de los datos para Bariloche en la Figura 3 pueden extraerse varios parámetros útiles. Para los valores de gas, el coeficiente independiente de la interpolación cuadrática (675 m<sup>3</sup>), representa la energía usada en una vivienda de superficie cero. Esto es, el valor que excluye la calefacción, y por lo tanto puede interpretarse como el uso en cocción y agua caliente sanitaria. En una estimación similar a la realizada para la Figura 2, que considera el promedio de 3 personas por vivienda y una necesidad estándar de 50 litros de agua caliente por día y por persona, y sumando la cocción de alimentos, el valor que se obtiene es muy cercano a los 650 m<sup>3</sup>/año para estos usos. El coeficiente del término lineal tiene las unidades de energía dividido por la superficie (53,42 m<sup>3</sup> de gas/m<sup>2</sup>) y representa el valor interpolado del consumo por metro cuadrado de superficie habitable. Si, por otro lado, se consideran los valores de energía por unidad de superficie para cada vivienda y estos se promedian, el resultado es similar: 51 m<sup>3</sup> de gas/m<sup>2</sup>. En Estocolmo, el promedio se encuentra entre 14 y 18 m<sup>3</sup> equivalente de gas por metro cuadrado y por año (Statistics Sweden, 2006). Considerando los consumos energéticos por unidad de espacio habitable, en Estocolmo son cerca de 3 veces menores a los observados en Bariloche. Esta comparación está de acuerdo con la investigación de Czajkowski et al (2003b), acerca de la diferencia de exigencia en calidad de aislantes entre las normas IRAM y las ISO Europeas.

Descontando el consumo en cocción y agua caliente sanitaria, para Bariloche se encuentra un valor estimado para calefacción de 4100 m<sup>3</sup> de gas por año y por vivienda. Esto representa el 85% del total de gas usado, y el 81% de la energía total directa de gas y electricidad combinado. En Estocolmo, también con clima frío, según los estudios de los entes gubernamentales, el porcentaje derivado en calefacción es del 62%. En La Plata, de acuerdo a los estudios de Rosenfeld et al. (2003), la calefacción demanda el 27% del gas natural usado en el sector residencial. La relación de grados-día de calefacción entre Bariloche y La Plata es de 3620/1170=3,1 (OMM, 2006), lo cual explica en parte la diferencia entre los porcentajes de uso del gas en calefacción en ambas localizaciones. Tanto en Bariloche como en La Plata las características de las viviendas son similares, aunque situadas en climas distintos. La Plata y Bariloche presentan consumos eléctricos del mismo orden, entre 205 y 225 m<sup>3</sup> equivalentes de gas por año y por vivienda, respectivamente.

La región Andino Patagónica continúa experimentando una fuerte expansión económica, que en Bariloche está motorizada por la fuerte afluencia de turismo. Esto genera una intensa migración poblacional desde otros lugares de la Argentina. Al presente, no hemos investigado el uso del gas en el sector turístico (hoteles, cabañas, centros invernales, etcétera); sin embargo, la observación de las características edilicias, junto con la elección deliberada de mantener muy altas temperaturas interiores para garantizar el confort de los clientes, sin duda generan requerimientos de gas quizá mayores que los del sector residencial. Los gasoductos existentes no pueden satisfacer la demanda total, y existen permanentemente listas de espera de usuarios domiciliarios que solicitan una conexión a la red. En 2005 el gasoducto que llega a Bariloche desde el norte fue ampliado, y pudieron conectarse nuevos usuarios. A los pocos meses la capacidad quedó saturada, y en 2006 ya se relevaban nuevas listas de espera y se proyecta la construcción de nuevos gasoductos. Evidentemente, la posibilidad de resolver el problema en forma irracional, simplemente con más gas, está comenzando a mostrar sus límites.

#### **RECURSOS ENERGÉTICOS DISPONIBLES EN EL SECTOR RESIDENCIAL DE BARILOCHE**

En esta sección analizaremos las diferentes posibilidades energéticas de los usuarios residenciales conectados o desconectados a la red de gas natural. En Bariloche, la proporción de usuarios domiciliarios conectados al gas natural es cercana a la media nacional, del orden del 60% de los hogares. En población esto puede representar una cifra mayor, dado

que los desconectados son mayoritariamente barrios periurbanos, con población de menores recursos, familias más numerosas y mayor ocupación edilicia.

La Tabla 1 muestra el poder adquisitivo energético de un salario medio, y el costo para que un hogar se provea de una energía equivalente al promedio encontrado para el consumo de gas natural, de 4780 m<sup>3</sup> por año y por vivienda en Bariloche, y comparado al promedio de consumo en Estocolmo, de 2200 m<sup>3</sup> equivalentes por año y por vivienda.

En la primera columna se indican fuentes de energía disponibles para el usuario residencial en la región Andino Patagónica. La segunda columna indica el valor energético en MJ por cada unidad física habitual de comercialización. Para los combustibles se indica el poder calorífico inferior, ya que los equipos que los utilizan no recuperan el calor del vapor de agua producido en la combustión (la diferencia es menor al 10%). El salario medio para Bariloche se obtuvo del Indec (2006), y es de \$779 neto mensuales en el primer semestre de 2006. Este es el salario medio formal (en blanco), correspondiente al 52% de los trabajadores; el resto, 48% no formal, de considerarse disminuiría el salario medio. Para Estocolmo, se promediaron los salarios medios de cinco rubros distintos en la ciudad de Estocolmo, obteniéndose un salario medio neto de 16590 Coronas Suecas (igual a \$ 7120 mensuales). Los precios de los combustibles se consideraron para usuarios residenciales, con todos los impuestos y tasas incluidas, y locales en Bariloche y Estocolmo, respectivamente.

Fuente de energía	Energía por unidad de compra	Energía comprada con un salario medio en Bariloche ( GJ/salario )	Energía comprada con un salario medio en Estocolmo ( GJ/salario)	Número de salarios para la compra del equivalente a 4780 m <sup>3</sup> de gas, Bariloche	Número de salarios para la compra del equivalente a 2200 m <sup>3</sup> de gas, Estocolmo
Gas natural subsidiado	35.4 MJ/ m <sup>3</sup>	230		0.7	
Gas natural sin subsidio	35.4 MJ/ m <sup>3</sup>	110	68	1.5	1.1
GLP subsidiado	46.1 MJ/kg	22		8	
GLP sin subsidio	46.1 MJ/kg	16		10	
Electricidad	3.6 MJ/kWh	15	54	11	1.4
Leña Pellets	15 MJ/kg	58	100	3	0.8
Kerosene	35.2 MJ/litro	18		9	
Diesel	36.6 MJ/litro	19	55	9	1.1

Tabla 1: Poder adquisitivo energético de un salario medio en el sector residencial de Bariloche y Estocolmo. Para Bariloche se tomó el salario medio del Indec (2006), y para Estocolmo de Statistics Sweden (2006).

En la tercera columna, se indica la energía comprada con un salario medio en Bariloche, para distintas opciones. El gas natural subsidiado tiene un costo mucho menor que los demás, le sigue el gas natural sin subsidio, el cual no es provisto al sector residencial sino al comercio y la industria. La leña es el combustible que sigue en la escala de precios, con una relación de 4 veces más cara con respecto al gas subsidiado. Se observa que las alternativas de gas licuado de petróleo (GLP o gas envasado), la electricidad, el kerosén y diesel tienen precios similares. Para el GLP existe un subsidio de alrededor del 20% de descuento, muy inferior al subsidio del 60% aplicado al consumo de gas natural por red. Por otro lado, el GLP subsidiado se entrega con un máximo de 1000 kg por año y por hogar (equivalente a 1300 m<sup>3</sup> de gas natural), restricción que no existe para el gas natural de red subsidiado. Entonces, las alternativas al gas natural, excluida la leña, tienen precios entre 10 y 15 veces mayores al del gas de red subsidiado. Esto muestra una muy fuerte desigualdad de oportunidades para el 40% de los hogares que no están conectados a la red de gas.

Para Estocolmo (cuarta columna), la cantidad de energía comprada con un salario medio es similar en las opciones gas, electricidad y diesel, y algo mayor en el caso de pellets de aserrín, que son manufacturados con residuos de la industria maderera. Por simplicidad, al igual que para Bariloche, no hemos tenido en cuenta aquí las posibles diferencias en eficiencia en el uso final domiciliario entre recursos.

La quinta y sexta columnas son una estimación de la carga económica que representa la necesidad anual de energía directa en hogares de Bariloche y Estocolmo. Se considera la cantidad de energía necesaria por año, medida en m<sup>3</sup> equivalente de gas natural. Para Bariloche, este es el consumo promedio obtenido en el presente estudio, para Estocolmo se tomó el promedio de las estadísticas obtenidas en Statistics Sweden (2006). En Bariloche, el usuario residencial conectado a la red de gas natural satisface esta demanda con menos de un salario medio por año (0,7); con 3 salarios en el caso de usar leña; y entre 8 y 11 salarios medios si se usa GLP, o electricidad o kerosén o diesel. En Estocolmo, se satisface la demanda anual de energía directa con 0,8 salario medio si se usan pellets; y en un rango de 1,1 a 1,4 salario medio si se usan gas, o electricidad o diesel. La diferencia para poder satisfacer la demanda entre distintos usuarios de Estocolmo es muy pequeña. Si se tuvieran en cuenta las distintas eficiencias térmicas —mayores para electricidad, medias para gas y diesel, y menores para pellets—, probablemente se encontrarían costos casi iguales para todas las alternativas a la mano del usuario. Muy por el contrario, la desigualdad energética que encontramos en Bariloche es enorme e inexplicable

## MEJORA EN LA EFICIENCIA DE USO DE ENERGÍA EN BARILOCHE

De acuerdo a los resultados encontrados en este trabajo, hay dos causas principales para la ineficiencia en el uso del gas: 1) la baja eficiencia térmica de los cerramientos, con soluciones constructivas que no incluyen la mejora del coeficiente térmico de la vivienda; y 2) la baja eficiencia térmica de los artefactos de uso masivo que operan a gas. La primera afecta en mayor medida a las zonas frías del país, aunque al presente no es tampoco despreciable el efecto que pueda tener también en la necesidad de refrigeración. Como un problema espejo del observado en Bariloche para la provisión de gas, en la actualidad, en verano, se han visto colapsar los sistemas eléctricos por el aumento en el uso de aire acondicionado. La necesidad de refrigeración en Bariloche es despreciable; pero no en La Plata, por ejemplo. Tanto para el uso racional de calefacción como de refrigeración el primer paso es contar con una envolvente térmica adecuada.

La eficiencia de los artefactos a gas es en general muy baja. En cocción de alimentos y calentamiento de agua los rendimientos térmicos se encuentran entre 40% y 55% (González, 2003). En calefacción, el equipo más usado en viviendas unifamiliares de Bariloche es el denominado tiro balanceado, tanto en su versión de chimenea horizontal o con chimeneas verticales. Estos equipos presentan eficiencias térmicas reales entre 40% y 60% (Juanicó et al., 2006). Las eficiencias de combustión del gas en los quemadores son más altas, pero la carencia de un diseño adecuado de tirajes e instalaciones no permite el mejor aprovechamiento de la emisión infrarroja y la convección hacia el ambiente de la vivienda, consecuentemente, las pérdidas por la chimenea son muy elevadas. Debe entenderse que, por definición, para un equipo de calefacción con 50% exacto de eficiencia térmica, no es posible decidir si ha sido diseñado para calentar la vivienda o el exterior.

De todos modos, nuestra estimación es que en el uso del gas en Bariloche, la influencia de la baja calidad térmica edilicia es más relevante que la de los artefactos. El subgrupo de 13 viviendas con calderas y circulación de agua caliente presentan una mejora de sólo 10% respecto al grupo con tiro balanceado (57 casos). Sin embargo, los datos son insuficientes para un análisis cuantitativo. Sería útil contar con un estudio detallado a través de auditorías y relevamientos arquitectónicos cuantitativos, que establecieran con mayor precisión las causas de la ineficiencia energética observada.

En vista de los resultados cuantitativos obtenidos en este trabajo, puede concluirse que los porcentajes del 5% al 10% en que se pretende disminuir los consumos de gas a través de presiones económicas sobre los usuarios (por ejemplo programa PURE), no responden a las escalas de consumo y necesidades de ahorro que realmente se tienen. El cambio requerido para el uso eficiente y racional de gas natural debería considerar una disminución en el consumo de al menos el 50%. Claramente, esto no se logra con cambios en hábitos o “mirando el termómetro”, sino trabajando sobre las causas tecnológicas del alto consumo.

En un trabajo reciente, propusimos diversas estrategias para mejorar la eficiencia energética en la región (González et al., 2006). Consideramos que debería iniciarse un plan de educación y concientización acerca de la importancia de las aislaciones térmicas y la eficiencia de los artefactos. Esto tal vez podría comenzar a través de la capacitación de profesionales, y de la implementación de oficinas técnicas locales que asesoren a los usuarios y constructores. Muchas construcciones son realizadas por personal capacitado en cuanto a estructuras e instalaciones, pero que carecen del conocimiento o el nivel de conciencia necesario para mejorar la aislación térmica. De hecho, los códigos de construcción de Bariloche no incluyen requerimientos térmicos. Por el contrario, sí existen requerimientos antisísmicos estrictos, lo cual es indiscutiblemente correcto para la región, pero que no existían hasta hace sólo algunas décadas. Con un horizonte de reservas de gas natural comprobadas más probables, de 14 años, parece razonable invertir inmediatamente en la formación de recursos humanos y tecnológicos para el mejor uso de esa fuente no renovable de energía, y de la cual la Argentina es profundamente dependiente.

Es aleccionador observar que en Suecia, hace 50 años no había triple vidrio térmico en las ventanas, ni tampoco pisos, paredes y techos con coeficientes entre 0,07 y 0,12 W/m<sup>2</sup> °K, como son usuales actualmente. Varios programas del Estado Sueco, y de la Municipalidad de Estocolmo, desarrollados con intensidad en las décadas del '60 y '70, y algunos con fuertes subsidios y líneas especiales de crédito, ayudaron a llevar gradualmente los niveles de calidad a los que luego se exigieron en los códigos de construcción. De todos modos, en vista de los resultados del presente estudio, es claro que el potencial de mejora es muy alto y deberían observarse cambios, que en muchos casos requieren de soluciones muy simples.

Podría pensarse que los subsidios al sector residencial patagónico favorecen el consumo excesivo. Esto está en parte confirmado por los resultados de potencia instalada, elección de soluciones constructivas, y los consumos aquí encontrados. Sin embargo, esta interpretación se contradice con el hecho de que los hogares sin provisión de gas natural presentan las mismas deficiencias edilicias en lo que a aislación térmica se refiere. Aún no hemos encuestado sistemáticamente hogares fuera de la red de gas, pero por los casos estudiados y la información preliminar obtenida, podemos inferir que allí el problema se resuelve o bien con un alto consumo de leña o con temperaturas bajas en los espacios habitables. En la región, la leña es el combustible más económico, luego del gas natural subsidiado, pero es 4 veces más cara que este. En el subgrupo no conectado a la red se usa mayoritariamente gas envasado para cocción de alimentos, y leña para calefacción. Como este sector agrupa mayoritariamente a la población de menores ingresos, entonces sus viviendas en general son aún de menor calidad térmica que las encuestadas aquí. Se observa, consistentemente, que la falta de una solución tecnológica o de uso racional de recursos lleva a disminuir los niveles de temperatura interior de las viviendas. Estimamos la temperatura interior de la vivienda en invierno en este subgrupo, en promedio, entre 6°C y 10°C por debajo de la obtenida en el sector abastecido por gas natural. Al disminuir la diferencia de temperaturas entre interior y exterior se disminuye la transferencia de calor, y consecuentemente la necesidad de combustible. Debido a estas apreciaciones entendemos que la educación y la concientización son el primer paso hacia un cambio sustentable.

Un redireccionamiento de los subsidios, por ejemplo, hacia una mejora paso a paso de las viviendas (en lugar de subsidiar el consumo), tendría un doble efecto: por un lado, disminuir el uso del recurso; y por otro, aliviar la desigualdad social generada por la política energética. En la actualidad, en promedio, quien tiene menores ingresos se ve obligado a consumir un recurso energético mucho más caro y de menor conveniencia operativa. Mejorando el comportamiento térmico de las viviendas, y tal vez comenzando por subsidiar las mejoras de los que no tienen la posibilidad de conectarse a la red, se podría ver un impulso en la dirección correcta.

## CONCLUSIONES

Investigamos las condiciones de uso de la energía en el sector residencial provisto con gas natural subsidiado en la ciudad de Bariloche. Una encuesta de 70 viviendas unifamiliares muestra que las soluciones constructivas, materiales aislantes y la elección de los artefactos no son las más adecuadas para el clima de la Patagonia Andina que, en particular en Bariloche, requieren de más de 3600 grados-día de calefacción, con una temperatura media anual de 8,1 °C. Las condiciones climáticas son similares a las encontradas en Estocolmo (Suecia), sin embargo, la comparación con esta otra ciudad nos muestra que el consumo de gas natural en Bariloche, por vivienda y por año, es el doble que el equivalente en Estocolmo, y tres veces más si relacionamos los consumos en calefacción por metro cuadrado de espacio habitable. La carencia de aislaciones térmicas adecuadas en las paredes, pisos, techos y aberturas, llevan a coeficientes de pérdida de calor inadecuados para la región patagónica. A esto debemos agregarle, como otros autores lo señalan, que es baja la eficiencia térmica de los artefactos usados masivamente para calefacción. Los efectos se observan en los altos consumos de gas natural que, por ser este un recurso no renovable, condiciona la sustentabilidad de las comunidades asentadas en la región Andino Patagónica. Para el usuario residencial, los precios relativos de los recursos energéticos alternativos al gas natural son mucho mayores: entre 10 y 15 veces más para opciones de la misma calidad operativa; y 4 veces más para la leña a granel. El 40% de los hogares de la región (en general los de menores recursos económicos) no dispone de conexión a la red de gas natural subsidiado, y por lo tanto se ven discriminados por la desigualdad energética. Las estrategias de gobierno que incluyan la mejora térmica edilicia de todos los sectores sociales, pueden ayudar a modelar un futuro sustentable y más equitativo para la región que presenta la mayor necesidad de calefacción en el país.

## REFERENCIAS

- Czajkowski J., Corredera C., Saposnik M. (2003a). Análisis de la relación entre demanda de gas natural en calefacción según EnergoCAD y consumos reales en viviendas unifamiliares del Gran La Plata. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* 7, 07.13-07.17
- Czajkowski J. et al. (2003b). Comportamiento energético ambiental en viviendas del Gran La Plata. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* 7, 07.43-07.47
- Enargas (2006). Ente Nacional Regulador del Gas. [www.enargas.gov.ar](http://www.enargas.gov.ar)
- Eto J.H. (1988). On using degree-days to account for the effects of weather on annual energy use in office buildings. *Energy and Buildings* 12, 113-117
- Filippín C., Marek L. (2004). Monitoreo higrotérmico, energético y socio ambiental de una escuela solar en la provincia de la pampa. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* 8, 05.109-05.114
- González A.D. (2003). Comparación de artefactos domésticos, formas de energía y costo relativo, para el calentamiento de agua destinado a cocción de alimentos. *Energías Renovables y Medio Ambiente* 13, 27-36
- González A.D., Crivelli E., Gortari S. (2005). "Uso racional de energía y conservación de bosques en la Patagonia Andina", *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* 9, 7.10-7.16 con acceso libre en [www.asades.org.ar](http://www.asades.org.ar)
- González A.D. et al. (2006). Residential energy use in one-family households with natural gas provision in a city of the Patagonian Andean region. *Energy Policy*, aceptado, en prensa. (Elsevier Ed., [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com))
- Indec (2006). Instituto Nacional de Estadística y Censo, [www.indec.gov.ar](http://www.indec.gov.ar)
- Juanicó et al. (2006). Eficiencia térmica de calefactores a gas de tiro balanceado. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. Aceptado para publicación.
- OMM, 2006. Organización Meteorológica Mundial. Servicio de Información Meteorológica Mundial. <http://wwis.inm.es>
- Rosenfeld E. et al. (2003). El uso de la energía en el sector residencial del Gran La Plata. Discriminación de consumos, cambios tecnológicos y opinión de los usuarios en las décadas del '80 y '90. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* 7, 07.25-07.30
- SMN, 2006. Servicio Meteorológico Nacional, [www.meteofa.mil.ar](http://www.meteofa.mil.ar)
- Statistics Sweden. (2006). Energy statistics for one- and two-dwelling buildings in 2003. En [www.scb.se](http://www.scb.se)
- Wall M. (2006). Energy-efficient terrace houses in Sweden. Simulations and measurements. *Energy and Buildings* 38, 627-634

**ABSTRACT:** A survey among 70 one-family households in the city of Bariloche was made. Data on building characteristics, number of inhabitants, space and water heating devices, and actual gas and electricity consumption were obtained. Annual gas consumption was found to be 23 times higher than the corresponding one for electricity. The percentage used for space heating is near 80%. The results are compared to other location (Stockholm, Sweden) with similar climatic needs. Figures for Bariloche are almost double than Stockholm if annual household direct energy is considered, but three times higher if the consumption per square meter of living space is evaluated. We have analyzed the results in connection with the efficiency of building thermal insulation and of that for space heating devices. We conclude that both are unduly for the climatic region where the studied city is located.

**Keywords:** Households energy use, efficiency, insulations, resources conservation