



## **AUMENTO DE EFICIENCIA TÉRMICA EN LA CIUDAD DE BARILOCHE: PROPUESTA DE PLAN DE MEJORAS CON DIRECCIÓN DE SUBSIDIOS A LA INVERSIÓN, Y NO AL CONSUMO**

**Alejandro D. González**

Instituto de Investigaciones en Biodiversidad y Medioambiente (INIBIOMA),  
CONICET y Universidad Nacional del Comahue, 8400 Bariloche, Río Negro.  
e-mail: [agonzalez@crub.uncoma.edu.ar](mailto:agonzalez@crub.uncoma.edu.ar)

**RESUMEN:** En trabajos previos de diferentes autores, se ha demostrado que la eficiencia térmica en el sector edilicio de Argentina es muy baja. Cerca del 60% de los hogares recibe los beneficios de un programa de precios bajos y subsidios al consumo de gas natural. Se estudia la eficiencia en el uso del gas natural en Bariloche, donde el precio domiciliario del recurso se encuentra entre 13 y 44 veces por debajo del de otros países. Como consecuencia de envolventes y artefactos ineficientes, existe un potencial de ahorro en gas para calefacción cercano al 70% del consumo actual. Esta reducción por rehabilitación tecnológica es mucho mayor a la que podría obtenerse con programas basados en comportamiento del usuario. Se propone un plan de mejora de viviendas, con aporte de subsidios para la formación de grupos técnicos e infraestructura. Se busca incentivar la inversión permanente, y no el consumo excesivo de un recurso no renovable.

**Palabras clave:** Eficiencia térmica – Ahorro – Subsidios – Plan de mejoras

### **INTRODUCCIÓN**

A lo largo de dos décadas, se han publicado una diversidad de trabajos que demuestran la necesidad de aumentar la eficiencia térmica de las envolventes de edificios en Argentina. Entre algunos de los más recientes: Filippin et al. (2008); Díaz y Czajkowski (2006), González et al. (2006); Filippin et al. (2005); Ganem et al. (2005); de Schiller et al. (2003); Rosenfeld et al. (2003a y 2003b); Czajkowski et al. (2003a y 2003b). En ellos, se ha investigado detalladamente el diagnóstico y las soluciones técnicas que se requieren. En Rosenfeld et al. (2003b), “se concluye que se ha conformado una trayectoria hacia un desarrollo insustentable, por la irracionalidad en el uso de los recursos, su inequidad social, y los efectos en la dimensión ambiental”.

El problema abarca todas las zonas geográficas, y conduce a consumos de energía muy altos para compensar las pérdidas ocasionadas por deficiencias en las envolventes de los edificios, y en muchos casos también por la ineficiencia en los artefactos. Los consumos altos son económicamente posibles debido a los subsidios, directos e indirectos, con los que se benefician en forma temporaria los usuarios. En zona fría la demanda principal se usa en calefacción, con alto consumo de gas y leña. Sin embargo, en zonas cálidas, por las mismas ineficiencias en las envolventes, la demanda es muy alta en verano para mantener el acondicionamiento de aire y niveles apropiados de confort.

Para la ciudad de Bariloche, en trabajos anteriores se describieron las condiciones de uso de la energía en el sector residencial con provisión de gas natural (González et al., 2006). Este sector se ve favorecido por un subsidio en el precio del gas que alcanza un 60% del total consumido. Sin embargo, los subsidios sólo pueden explicar en parte los altos consumos observados. Las temperaturas interiores están acotadas por la preferencia de los usuarios, y los valores máximos rara vez superarán un cierto límite de tolerancia. Estas variables son parte de las fluctuaciones de consumos entre viviendas similares, pero la demanda principal está determinada por el balance de transferencia de calor dado por la calidad térmica (Czajkowski, 2003b). Es decir, si se contaran con las aislaciones adecuadas, el exceso de consumo se debería sólo a aquellos grados en más o en menos que eligen los usuarios como su temperatura personal de confort. Por el contrario, en Bariloche encontramos consumos de calefacción que son tres veces mayores a los que tendría una vivienda con aislación apropiada a las condiciones climáticas locales, y con niveles de confort estándar. En la misma temática, Díaz y Czajkowski (2006) han encontrado resultados similares para la ciudad de Río Grande, Tierra del Fuego. De las investigaciones realizadas, se infiere que los efectos primarios de los precios bajos de la energía actúan como incentivo para la falta de inversión en mejor calidad térmica de las viviendas. Las ineficiencias edilicias se resuelven entonces con consumos excesivos de recursos subsidiados, y el alto consumo resulta un corolario de la falta de inversión.

En el presente trabajo, se realiza un estudio comparativo de precios del gas natural, y se resumen investigaciones previas sobre el potencial de ahorro de energía por rehabilitación de las envolventes y mejora de eficiencia en artefactos. Se muestra que la reducción de consumo por cambios tecnológicos puede resultar en un orden de magnitud mayor a la que se obtendría por el cambio en comportamiento o mejor gestión energética por parte del usuario. Se propone, entonces, un plan de rehabilitación de las envolventes basado en apoyo estatal con subsidios dirigidos a la formación de grupos técnicos y ejecutores. Subsidiar mejoras permanentes representaría un cambio clave en la política energética. Por el contrario, subsidiar el consumo directo de un recurso no renovable, y aquellas infraestructuras y obras que lo apoyan y promueven, deriva en una política energética de muy corto plazo, con consecuencias futuras gravísimas para la vida y la economía en Argentina.

## PRECIOS, SUBSIDIOS, Y CONSUMOS

El precio final con impuestos para uso residencial en Bariloche, con un subsidio especial del 60% aplicado para la Patagonia resulta de alrededor de \$0,08/m<sup>3</sup>. Sin el subsidio, el precio final domiciliario del gas natural es del orden de \$0,13/m<sup>3</sup>. En otra zona del país, por ejemplo, en Buenos Aires, el precio domiciliario está cerca de \$0,23/m<sup>3</sup>. Estos precios pueden variar en ±10% por la incidencia del cargo fijo y valores adicionales de impuestos menores.

La Tabla 1 resume datos de Bariloche, de Buenos Aires, y de algunos países citados en el informe anual de la Agencia Internacional de la Energía (IEA, 2007). Se indican los precios a consumidor final con impuestos. Para los cálculos se consideró el poder calorífico superior de 9300 kcal/m<sup>3</sup> (38,87 MJ/m<sup>3</sup>). Los valores están en pesos de Argentina, y la conversión del dólar se tomó al promedio de compra y venta, \$ 3,035 /dólar. Los distintos casos se listaron por orden creciente del precio del gas en hogares. Como referencia se indica también el precio del diesel para automóviles. Los precios son del primer trimestre de 2007.

	Gas natural hogares \$/ m <sup>3</sup>	Gas natural industria/comercio \$/ m <sup>3</sup>	Diesel automotor \$/ litro
Argentina, Bariloche	0,08 <sup>1</sup>	0,13 <sup>1</sup>	2,10
Argentina, Buenos Aires	0,23 <sup>2</sup>	0,19 <sup>2</sup>	1,85
Finlandia <sup>3</sup>	1,02	0,71	4,82
EE.UU. <sup>3</sup>	1,31	0,86	1,89
Turquía <sup>3</sup>	1,35	1,14	5,90
Canadá <sup>3</sup>	1,42	0,73	2,43
Polonia <sup>3</sup>	1,63	0,95	3,91
México <sup>3</sup>	1,73	0,96	1,86
Francia <sup>3</sup>	2,12	1,11	4,74
Reino Unido <sup>3</sup>	2,26	1,07	5,18
Italia <sup>3</sup>	2,34	1,00	4,83
España <sup>3</sup>	2,37	1,05	3,79
Suiza <sup>3</sup>	2,40	1,60	3,82
Holanda <sup>3</sup>	2,87	0,64	5,48
Japón <sup>3</sup>	3,52	1,13	3,48

<sup>1</sup> Calculado con IVA de 21% en hogares y 30% en comercio, y otros impuestos según facturación de Camuzzi Gas del Sur ([www.camuzzigas.com](http://www.camuzzigas.com))

<sup>2</sup> Idem 1 con datos de Gas Natural Ban ([www.gasnaturalban.com.ar](http://www.gasnaturalban.com.ar))

<sup>3</sup> Precios de gas y diesel a consumidor final de IEA (2007)

Tabla 1: Precios a consumidor final para gas natural domiciliario, gas natural industria, y diesel automotor.

Como puede observarse en la Tabla 1, los precios del gas natural domiciliario en Bariloche se encuentran entre 13 y 44 veces por debajo de los precios en otros países. En esta lista, EE.UU., Canadá, Reino Unido y Holanda, están entre los 10 productores más importantes de gas en el mundo. Por otro lado, Canadá ocupa el segundo lugar como exportador, y Holanda se encuentra en el quinto lugar. México es también productor de gas, con un volumen similar a Argentina. Es interesante ver que estos países productores y exportadores no favorecen con el precio al consumo residencial. En los casos de Canadá y Holanda, el uso industrial y comercial tiene precios inferiores en factores 2 y 4 a los domiciliarios, respectivamente. Los precios del diesel automotor son similares en Argentina, Canadá, México y EE.UU.; aunque los precios del gas natural en hogares son mayores que en Bariloche entre 16 y 22 veces, y en comercio entre 6 y 7 veces, respectivamente.

Esta comparación muestra que los precios del gas natural en Argentina están fuertemente subsidiados en todas las zonas del país. Por ejemplo, el precio domiciliario en Bariloche es un 35% del de Buenos Aires. Sin embargo, lo que se considera el precio "normal" de base ya tiene aplicados subsidios que lo sitúan por debajo de distintos precios internacionales. Mientras, el precio mayorista en boca de pozo para la importación desde Bolivia se estima en cerca de \$0,80/m<sup>3</sup> (7 dólares/MBTU), y el importado como Gas Natural Licuado durante 2008, en barco, desde Bélgica, e inyectado en puerto de Bahía Blanca, se estima en \$1,80/m<sup>3</sup> (16 dólares/MBTU). Estos valores se obtuvieron de fuentes periodísticas (La Nación, 2008), ya que no pudo accederse a otro tipo de información al respecto. De las mismas fuentes, se deduce que el precio que obtiene el productor local es cercano a \$0,22/m<sup>3</sup> (2 dólares/MBTU). No se encontraron datos sobre posibles compensaciones a los productores locales.

Por otro lado, existe un amplio sector urbano, periurbano y rural, que no está conectado a la red de gas y que utiliza principalmente Gas Licuado de Petróleo (GLP) o electricidad para cocción y agua sanitaria, y leña para calefacción. De estos recursos energéticos, el GLP cuenta con algún grado de subsidio, pero de proporción mucho menor al aplicado al gas de red. El precio general de 1 kg de GLP en Bariloche se encuentra entre \$2,20 y \$3,10, dependiendo de las condiciones de venta. El GLP envasado en tubos de 45kg tiene un precio de \$2,9/kg con subsidio, y de \$3,7/kg sin subsidio (Los Notros, 2008). El precio del GLP es menor si se provee a granel, para el cual existe un subsidio hasta 2400kg/año y el precio actual es de \$2,25/kg. Si se supera este límite el precio es de \$2,85/kg en un proveedor (Coopetel, 2008) y \$3,10/kg en otro (YPF, 2008). Estos precios son algo mayores a los publicitados para la denominada garrafa social. Esto tal vez se debe a que en toda la Provincia de Río Negro hay sólo 8 bocas de expendio de ese producto, 2 en Cipolletti, 3 en Viedma, 1 en Catriel, 1 en Villa Regina, y 1 en Choele Choele (Garrafa, 2008).

Como se deduce de estos precios, el subsidio en GLP, tanto envasado como a granel, es del orden del 25%, mucho menor al 60% aplicado en la zona al gas natural. Además, el subsidio al GLP se aplica sobre un precio base de la unidad de energía que está entre 7 y 20 veces por encima del gas natural. Por otro lado, la limitación (de 2400kg/año) para la compra de GLP subsidiado, no existe al consumo de gas natural. Por un programa llamado de uso racional del gas, se aplica una suba de precios para los m<sup>3</sup> que superan el 90% de un consumo de referencia de años anteriores, pero esa referencia puede tomar cualquier valor.

Considerando el contenido energético de cada tipo de gas, 49.7 MJ/kg para el GLP y 38.9 MJ/m<sup>3</sup> para gas natural, resulta una equivalencia de 1,28 m<sup>3</sup> de gas natural por kg de GLP. Entonces, el usuario de GLP usa este recurso a un precio que, en unidades de gas natural, tiene valores en el rango de \$1,75/ m<sup>3</sup> a \$2,30/m<sup>3</sup>. Este rango de precios se sitúa exactamente en la franja media de los precios internacionales del gas natural resumidos en la Tabla 1, y son abonados por cerca del 40% de la población.

En trabajos anteriores mostramos que en la región Andino Patagónica esta situación presiona sobre los bosques nativos (González et al., 2005). Por ejemplo, en Bariloche y El Bolsón (Provincia de Río Negro), las poblaciones no conectadas a la red de gas natural se encuentran principalmente en la periferia, y son sectores de menores recursos. De aquí se infiere que los subsidios no cumplirían una función de ayuda para aliviar las condiciones climáticas o sociales desfavorables. Por el contrario, se derivarían en promociones al alto consumo en sectores con capacidades para la instalación y operación del equipamiento necesario. Esto se vio reflejado en un estudio que se realizó en Bariloche, y que mostró un promedio de 3,4 calefactores de tiro balanceado por vivienda conectada al gas natural, con un promedio de potencia instalada cercana a los 13500 W, y un promedio de consumo de 4800 m<sup>3</sup>/año (equivalente a 3750 kg de GLP) (González et al., 2006). Realizar esta instalación de calefacción en una vivienda unifamiliar promedio de 100m<sup>2</sup> en Bariloche tiene un costo estimado de \$10000 (de los cuales aproximadamente \$3000 son de mano de obra y planos por un matriculado, y el resto materiales).

En la Tabla 2 se muestra el costo anual del consumo promedio de energía proveniente del gas en viviendas unifamiliares de Bariloche, de 4800m<sup>3</sup> de gas natural o de 3750kg de GLP. Para la provisión de esta cantidad de GLP se requiere de carga en tanques, para lo cual se consideraron las condiciones y los precios mencionados más arriba (Coopetel, 2008).

	Costo de 4800 m <sup>3</sup> de gas natural en hogares (\$)	Costo de 3750 kg de GLP en hogares (\$)
Bariloche	384	9250
Buenos Aires	1104	
Finlandia	4900	
Canadá	6800	
Promedio de Tabla 1, desde Finlandia a Japón; \$2,03/m <sup>3</sup>	9700	
Holanda	13700	
Japón	17000	

Tabla 2: Precios de gas natural y GLP en hogares de distintas localidades para la provisión de una energía equivalente a 4800 m<sup>3</sup> de gas natural.

Se observa una diferencia substancial en la comparación entre el costo anual que tendría el uso de GLP y el de gas natural en Bariloche, con un factor 24 si se compara con el precio local y de un factor 8 en más si se compara con el precio del gas natural en Buenos Aires. El costo anual del reemplazo de gas natural por GLP es comparable con los costos que la misma cantidad de energía en gas natural se abona en otros países. En efecto, si se toma el promedio de los precios externos mostrados en la Tabla 1 para los hogares, el resultado es de \$2,03/m<sup>3</sup>, lo que conduciría a un gasto anual de \$9700 para la provisión de 4800 m<sup>3</sup> de gas. El nivel de costo de este promedio internacional es el que un usuario desconectado a la red de gas en Bariloche debería abonar para proveerse de la misma cantidad de energía en GLP. Esta comparación es relevante al análisis y a la propuesta de mejoras que se desarrolla más abajo.

En cuanto al sector industrial y comercial, los valores que se resumen en la Tabla 1 para otros países son mayores en el rango de 3 a 12 veces a los abonados en Argentina. En la industria el gas natural se usa tanto para los edificios como para procesos de producción, mientras que en el comercio el peso edilicio sobre el consumo de gas en general es mayor. En Bariloche, con el turismo como principal actividad económica, el mayor consumo comercial e industrial se debe a la hotelería, la gastronomía, y el sector público. Estos utilizan el gas en funciones similares a las de las viviendas, y presentan características edilicias similares. Escapa al alcance de este artículo la discusión de las mejoras que involucren a estos sectores; sin embargo, es de notar aquí que existen otros consumos importantes de gas natural incentivos por precios bajos y relacionados con la calidad térmica de cerramientos y artefactos.

## CALIDAD TÉRMICA Y REDUCCIÓN DE CONSUMO

La región cordillerana de la Patagonia tiene clima frío durante la mayor parte del año. Por ejemplo, Bariloche tiene una temperatura media anual de 8°C y una necesidad de calefacción de 3620 grado-día (base 18), con promedios mensuales de viento de 20 a 29 km/h (5,6 a 8,1 m/s). Aun los meses de verano presentan temperaturas medias de 13 a 14 grados y del orden de 150 grado-día mensuales de calefacción (base 18). Sin envolventes adecuadas, la calefacción se usa en forma continua en cerca de 10 meses por año, y en forma intermitente en verano. Esto también fue observado por Díaz y Czajkowski (2006) en la ciudad de Río Grande.

La situación energética en la región de Bariloche, tanto en subsidios como en discriminación en la provisión de energía a distintos sectores de la población, involucra varias consecuencias indeseables:

- i) muy alto consumo de un recurso no renovable y con reservas limitadas, hasta en corto y mediano plazo;
- ii) falta de inversión en aislaciones térmicas adaptadas a la región climática;
- iii) el bajo precio del gas no incentiva ni el ahorro ni el uso de energías renovables.
- iv) las falencias técnicas se resuelven con muy alto consumo de gas subsidiado;
- v) insatisfacción de la demanda por mayores costos en un sector que en su mayoría es el de menor poder adquisitivo, lo cual constituye un caso grave de injusticia social medio ambiental;
- vi) en el sector desconectado, se observa que los esfuerzos se dirigen a conseguir los recursos económicos para conectarse a la red subsidiada; esfuerzo de ambas partes, autoridades y usuarios
- vii) la demanda de leña presiona la conservación de los bosques nativos de la región;
- viii) el alto consumo de gas natural presiona continuamente a la ampliación de gasoductos para satisfacer una demanda que podría reducirse a menos de la mitad con mejoras edilicias y en eficiencia de los artefactos.

Sumado a las deficiencias en las envolventes, la mayoría de los hogares (85%) usan calefactores de tiro balanceado. Estos dispositivos tienen eficiencias térmicas de calefacción entre 40% y 60%, dependiendo de la configuración de chimeneas y de la intensidad de llama (Juanicó y González, 2008a).

En un trabajo previo, comparamos los consumos de viviendas unifamiliares de Bariloche con las de Estocolmo, Suecia (González et al., 2006). Las dos localidades presentan condiciones climáticas similares. Estocolmo tiene una temperatura media algo inferior (7°C), y necesidad de calefacción, medida en grado-día, de 12% superior a Bariloche. Se encontró que la energía anual promedio en viviendas unifamiliares es de 196 GJ/año (4800 m<sup>3</sup> de gas y 2300kWh eléctrico) en Bariloche, y de 85 GJ/ en Estocolmo. En Bariloche, el consumo de gas natural promedio superó en 23 veces al consumo de electricidad. Restando la parte correspondiente a agua caliente sanitaria y cocción de alimentos, se obtuvo que la vivienda promedio en Bariloche usa el 81% de la energía directa en calefacción, mientras que en Estocolmo el porcentaje en calefacción es del 62% (González et al., 2006). Estos porcentajes conducen a consumos promedio en calefacción de 160 GJ y 53 GJ para Bariloche y Estocolmo, respectivamente; lo cual representa, por unidad de superficie habitable, aproximadamente 1600 MJ/m<sup>2</sup>·año y 500 MJ/m<sup>2</sup>·año, respectivamente. Con condiciones climáticas similares, la diferencia en calidad térmica de las envolventes implica consumos en calefacción de un factor 3 mayores en Bariloche.

En la Tabla 3 se comparan condiciones climáticas y demandas energéticas de los promedios para viviendas en La Plata, Bariloche y Estocolmo. Estas localidades presentan condiciones frías, y templadas cálidas. Como se analizó en los trabajos previos, las características físicas de las envolventes en una zona fría como Bariloche no difieren de las de otras localidades en Argentina con clima templado cálido. Para La Plata se usan datos de calefacción en viviendas unifamiliares publicados por Czajkowski et al. (2003a).

	La Plata	Bariloche	Estocolmo
Temperatura media anual (°C) <sup>1</sup>	15,5	8,1	7
Grado-día de calefacción (base 18) <sup>1</sup>	1170	3620	4070
Energía en calefacción (MJ/año)	55000 <sup>2</sup>	160000 <sup>3</sup>	53000 <sup>3</sup>
Porcentaje en calefacción	42 % <sup>4</sup>	81 % <sup>3</sup>	62 % <sup>3</sup>
Energía anual en calefacción por cada Grado-día (MJ/Grado-día·año)	47	44	13

<sup>1</sup> Datos del Servicio Meteorológico Nacional ([www.meteofa.mil.ar](http://www.meteofa.mil.ar)) y de la Organización Meteorológica Mundial ([www.wmo.org](http://www.wmo.org))

<sup>2</sup> Czajkowski et al. (2003a), para una SC = 100m<sup>2</sup>

<sup>3</sup> González et al., 2006 y 2007, para una SC = 100m<sup>2</sup>

<sup>4</sup> El porcentaje dado por Czajkowski et al. (2003a) es de 45% del uso del gas. Para calcular el total se tomó el consumo eléctrico para uso residencial, de 9000 MJ/año, dado por Rosenfeld et al. (2003a)

Tabla 3: Algunos parámetros climáticos, y consumos de energía promedio de viviendas unifamiliares en distintas localidades

El grado-día es proporcional a la diferencia de temperatura entre la media exterior y una temperatura fija, y por lo tanto representa parte de la ecuación de transferencia térmica de la envolvente. Es interesante, entonces, comparar la demanda anual en calefacción por unidad de grado-día. Como se observa en la Tabla 3, para Bariloche y La Plata se obtienen valores similares de esta magnitud (44 y 47 MJ/grado-día·año, respectivamente), los cuales representan cuantitativamente las similitudes de la calidad térmica global en ambas localidades. Se encuentra un valor mucho menor para Estocolmo, de 3,4 veces inferior a Bariloche. Es de notar que en consumos promedio para calefacción, los de La Plata y Estocolmo son similares (55 y 53 GJ, respectivamente). Esto se debe a que la diferencia en eficiencia térmica compensa la diferencia de casi un factor 3 en los grado-día de calefacción entre una y otra localidad. Esta comparación confirma las conclusiones dadas ya en 2003 por Czajkowski et al. (2003b), acerca de las fuertes deficiencias en la normativa local en cuanto a calidad térmica.

Del análisis anterior, se deduce que existe un enorme potencial de ahorro por rehabilitación tecnológica. Si se mejoraran las aislaciones térmicas de las viviendas a valores del promedio de Estocolmo, el ahorro en Bariloche sería de alrededor de un 70% en energía para calefacción. Este potencial de ahorro está de acuerdo con estudios anteriores de otros investigadores argentinos y que ya han sido publicados a nivel local e internacional (Filippin et al., 2008; Ganem et al., 2005; Filippin et al., 2005; de Schiller et al., 2003; Czajkowski et al., 2003a y 2003b).

Para la vivienda unifamiliar promedio de la ciudad de Bariloche esto representaría una disminución en el consumo de gas de aproximadamente 2800 m<sup>3</sup>/año. Esta cantidad es mucho mayor que lo que se obtendría por cambio de comportamiento. A través de estas estrategias, si funcionan, se espera obtener reducciones entre 5 y 10%. Las consecuencias ambientales del ahorro por rehabilitación tecnológica son inmediatas. De acuerdo a los datos del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (PICC, 2006), la combustión de cada MJ de gas conlleva emisiones por 0,056 kg de CO<sub>2</sub>. Por lo cual, el total anual en reducción de emisiones sería de 6200 kg de CO<sub>2</sub> por vivienda unifamiliar promedio. Estas emisiones equivalen a conducir un automóvil por 33000 km (considerando el promedio 0.186 kgCO<sub>2</sub>/km (PICC, 2006).

A valores actuales, el ahorro monetario de 2800 m<sup>3</sup> de gas natural representa \$230/año. Mientras que, a valores internacionales de los países listados en la Tabla 1 (promedio \$2,03/m<sup>3</sup>) el ahorro sería de \$5800 /año.

A modo de ejemplo, consideremos el costo de aislar una pared convencional de ladrillo revocado agregando 5 cm de aislante térmico cubierto con chapa, o madera, o una placa de cemento en el lado externo. La mejora llevaría la conductividad de aproximadamente 1,5 W/m<sup>2</sup>°C a 0,6 W/m<sup>2</sup>°C, y evitaría los puentes térmicos. Esta rehabilitación puede considerarse moderada, y se realiza con materiales estándar y con mínimas molestias para los ocupantes. El soporte puede ser de listones de madera o perfilaría de metal liviana, en ambos casos fijados con tarugos y tornillos a la pared. Luego se coloca poliestireno expandido o lana de vidrio de 5 cm, una cubierta de ruberoi, se cierra con chapa, madera o placas de cemento, y se aplican tres capas de pintura como barrera de humedad y preservación. La Tabla 4 muestra el listado de materiales y costos estimados por m<sup>2</sup> de pared exterior. La mano de obra para este trabajo en Bariloche se encuentra entre \$40/m<sup>2</sup> y \$50/m<sup>2</sup>. Para el cálculo de materiales puede considerarse que el soporte se coloca generalmente en forma vertical con separación de 50 o 60 cm, con algún refuerzo horizontal espaciado. La cobertura con chapa o con placa de cemento implica el costo mayor de materiales.

	Costo en Bariloche (\$/m <sup>2</sup> )
Soporte con perfilaría metálica liviana o listones de madera, incluyendo tornillos	7
Poliestireno expandido de baja densidad	15
Ruberoi	2
Placa de cemento o chapa o machimbre, con tornillos	25
Pintura	6
Mano de obra	45
Total mano de obra y materiales	100
Superficie rehabilitada con 2800 m <sup>3</sup> de ahorro, con gas a \$0,08 /m <sup>3</sup>	2 m <sup>2</sup>
Superficie rehabilitada con 2800 m <sup>3</sup> de ahorro, con gas a \$2,03 /m <sup>3</sup>	58 m <sup>2</sup>

Tabla 4: Costo de la rehabilitación térmica de 1m<sup>2</sup> de pared convencional de ladrillo, y comparación con el ahorro en gas.

Los resultados de la Tabla 4 muestran que, a precio actual de Bariloche, la reducción global de consumo de 2800 m<sup>3</sup> de gas equivale a aislar sólo 2 m<sup>2</sup> de pared. En cambio, si se considera el promedio de precios internacionales de la Tabla 1, se rehabilitarían 58 m<sup>2</sup> de pared. Esto muestra claramente que las tarifas son un elemento clave, además de reguladores del consumo, como incentivo para inversiones en mejoras edilicias. Por otro lado, la comparación de las últimas dos filas de la tabla muestran otro aspecto importante. Si el gas natural no tuviera ningún subsidio (ni los regionales directos ni los indirectos), entonces los recursos económicos no erogados podrían invertirse en mejoras permanentes, las cuales en poco tiempo tendrían beneficios en el consumo y en las consecuencias ambientales.

## PLAN DE MEJORA TÉRMICA DE VIVIENDAS

La experiencia de varios países europeos en rehabilitaciones y disminuciones en consumo energético es una referencia importante. Por ejemplo, en Francia en 1973, se tenían consumos de 1170 MJ/m<sup>2</sup>-año, y luego de dos décadas de rehabilitaciones y nuevos códigos, en 1998 se redujeron a 650 MJ/m<sup>2</sup>-año. En Suecia, Noruega y Alemania se comenzaron planes de rehabilitación térmica en la década de 1950, y han logrado reducciones en consumos de más del 70% (Balaras et al., 2005). En principio se implementaron planes con subsidios y créditos ventajosos para el reemplazo de vidrios simples por DVH, y mejoras en aislaciones en techos y paredes. Al mismo tiempo, se fueron adaptando los códigos para las construcciones nuevas, con exigencias escalonadas. Al presente, las construcciones nuevas cumplen con normas muy estrictas, que llevan el consumo promedio a menos de 300 MJ/m<sup>2</sup>-año (Balaras et al., 2005). Es de notar que estos valores corresponden a construcciones actuales estándar, y no son los más bajos posibles. En las construcciones del tipo “energía cero” los consumos son aun menores (Smeds y Wall, 2007).

La presente propuesta de mejora térmica en Argentina se basa en trabajar simultáneamente los aspectos educativos, sociales, tecnológicos, y económicos. Esto puede lograrse con diversas estrategias, aquí se discuten algunas que podrían adaptarse a la ciudad de Bariloche, y que en algunos puntos se propuso en un trabajo previo (González et al., 2007). Se busca aumentar el nivel de eficiencia energética en los edificios, para conseguir reducciones de consumo significativas y permanentes.

Las líneas generales se resumen en lo siguiente:

- Formar grupos educativos para que los distintos actores tomen conciencia de la problemática. Estos grupos deben estar supervisados por investigadores y docentes que hayan demostrado la capacidad científica y técnica para la tarea específica, pero deben ser multidisciplinarios en el sentido de que los aspectos social, político, y comunicacional son

importantes para el éxito práctico del plan. La extensa red de universidades y centros de investigación y desarrollo en Argentina debe ser el consultor y eje de esta coordinación educativa, siguiendo las reglas de selección por excelencia propias de esas instituciones. No debe, bajo ningún punto de vista, aceptarse ningún clientelismo que use los planes de capacitación y extensión para beneficios políticos y sectoriales. Si esto no se puede cumplir al presente, el programa no debería iniciarse, porque conduciría a un armado de fantasía para satisfacer a un público falto de información y educación adecuada, mientras los recursos serían derivados en beneficios personales y sectoriales. Este no es un problema nuevo en el país (véase, por ejemplo, el trabajo de revisión de Auyero, 2000).

- b) *Instalar la problemática energética en la enseñanza primaria y secundaria, con énfasis en eficiencia y uso de energías renovables.* Estos son temas que pueden incluirse fácilmente en las asignaturas de matemática y ciencias. En particular, debería formar parte substancial de la formación técnica, tanto a nivel secundario como de capacitación laboral, y no sólo en el área de construcciones. Por ejemplo, un gasista matriculado no puede ignorar las variantes que aumentan o disminuyen el rendimiento térmico de los equipos, o que un calefactor debajo de una ventana con vidrio simple producirá una pérdida enorme de energía (el vidrio no se empaña, pero en base al uso de gas y no de la aislación adecuada). Este punto implica la coordinación de grupos de formación docente y de información a la comunidad, y está relacionado con a) y c).
- c) *Formar oficinas técnicas por barrio, con seminarios y cursos permanentes de capacitación para los vecinos.* Seguramente existe un porcentaje de hogares que estarán dispuestos a comenzar las rehabilitaciones por su cuenta, o aplicarlas en ampliaciones de sus viviendas. El desafío de la informalidad en el sector de la construcción (tal vez no encontrado en los programas exitosos de Alemania o Suecia), puede considerarse una oportunidad para la incorporación de conocimientos y técnicas a través de la educación no formal. Esta se refiere a la educación de calidad que se brinda a la comunidad en forma de seminarios y talleres. En especial, debería capacitarse en el diseño bioclimático de edificios, aprovechando los amplios conocimientos que tienen diversos grupos de investigación y desarrollo del país. Estos tienen experiencia en construcciones eficientes, tanto de edificios públicos como de viviendas familiares, además de la implementación del uso de energías renovables en distintas formas.
- d) *Estudiar e implementar un incremento de tarifas al gas natural, escalonado, y con acuerdos precisos de fechas y montos.* Al comienzo, considerar la aplicación de tarifas especiales por altos consumos, pero no con incrementos despreciables sino llevando los excesos, en forma escalonada, a la tarifa internacional promedio (\$2,03/m<sup>3</sup> como se mostró más arriba). Por ejemplo, para una casa de 300m<sup>2</sup> en un barrio cerrado donde sólo de expensas se abona tal vez 20 veces la factura de gas, debería considerarse el precio internacional completo. Esto incentivaría a que se realicen las mejoras en aquellos hogares capacitados para asumirlas. Una casa bien aislada demanda menos energía, y con la realización de las obras los costos finales serían los mismos hasta en el corto plazo. Por ejemplo, podrían calcularse los incrementos temporales en función de mantener constante el costo de consumo a medida que se avanza en la rehabilitación térmica. Debido al gran desequilibrio ya instalado, la propuesta de cambio de tarifas no es fácil. El planteo y la implementación requieren de extensas explicaciones con argumentos sólidos y veraces, y de la búsqueda de puntos intermedios para sumar a todos los actores. En otro ejemplo, existen hogares con cuentas en telefonía y televisión que representan una parte substancial de sus ingresos, mientras la provisión de gas natural es prácticamente gratuita. Mientras tanto, en algunas audiencias públicas sobre discusión de tarifas se ha observado un enconado rechazo al planteo de pequeños aumentos, los cuales son órdenes de magnitud inferiores a otros gastos que hasta podrían considerarse prescindibles. De todos modos, en el mediano y largo plazo, los aumentos de tarifa deben ser globales, con precios a niveles razonables comparados con otros gastos regulares en los hogares. Para aquellos sectores imposibilitados de pagarlos se pueden adecuar planes de ayuda, pero se debería considerar la irracionalidad que implica subsidiar a todos porque hay subgrupos de escasos recursos. Aunque en la actualidad, la mayoría de estos ni siquiera está en la red de gas subsidiado.
- e) *La eficiencia de los artefactos puede mejorarse con mínima inversión, pero es necesaria la aprobación de las autoridades.* En Bariloche, la mayoría de los usuarios conectados a la red de gas usan calefactores de tiro balanceado. En trabajos previos, se mostró que estos son muy ineficientes (Juanicó y González, 2008a), y que pueden mejorarse con menos del 10% de su valor de compra (Juanicó y González, 2008b). La rehabilitación de estos equipos consiste básicamente en: i) aumentar la radiación por cambio de color; ii) aumentar la convección por apertura de gabinete y ventiladores; y iii) mejorar la combustión con control pasivo de chimenea. Para su implementación, estas mejoras deben ser aprobadas por las autoridades del área, aplicadas por los fabricantes a los modelos nuevos, y ejecutadas a través de equipos técnicos matriculados en aquellos calefactores existentes. Para los sectores desconectados del gas natural, los equipos sin mejoras pueden insumir altos costos en GLP. Sin embargo, la combinación de la rehabilitación térmica de la vivienda y de estos artefactos de calefacción, puede hacer que el uso de estos dispositivos aumente en todos los sectores.
- f) *El inicio de las obras debería realizarse en aquellos sectores no conectados al gas natural.* Estos llevan décadas de postergación energética. Con el aporte de sus impuestos, y de los precios internacionales que pagan por la unidad de energía han financiado parte de los grandes subsidios del resto. Entonces, para aliviar esta injusticia energética y ambiental, las mejoras con subsidio a las inversiones propuestas en este plan deberían comenzar con este sector. Por otro lado, dada la situación de emergencia social de vastos periurbanos no conectados al gas natural, es muy probable que esas sean las viviendas con mayores deficiencias térmicas. Se entiende de aquí que conectar estas a la red de gas subsidiado sólo incrementaría el consumo excesivo, y agravaría la insustentabilidad del sistema energético. Por otro lado, al comenzar por este sector con capacitación y acciones concretas de mejoras, se sumarían actores que al mismo tiempo podrían encontrar oportunidades para resolver su situación laboral. Nuevamente, aquí es muy importante garantizar la equidad y transparencia, con una coordinación que sea completamente independiente del clientelismo político instalado (Auyero, 2000). En aquellos lugares donde esto no puede conseguirse al presente, el plan no debería

comenzarse. En los periurbanos de la mayoría de las ciudades, y en particular de Bariloche, existen barrios de viviendas unifamiliares con estructuras independientes sobre terrenos de uso propio. Estos podrían ser elegidos como primer paso para la experimentación y mejora global de los planes de rehabilitación. Existen ya algunas iniciativas en las líneas generales de este punto. Por ejemplo, la que en conjunto plantean Edenor (2006), la Municipalidad de Moreno, y la Secretaría de Energía de la Nación. En ella, se busca rehabilitar 8 casas precarias y construir 2 nuevas de acuerdo a un diseño algo mejorado. Todas las experiencias son importantes, aunque, dada la magnitud del problema, lo mínimo de esa propuesta muestra las dificultades que pueden encontrarse para poner en marcha un programa nacional adecuado.

- g) *El uso de energías renovables, y de materiales y métodos de bajo impacto es de gran importancia para la sustentabilidad.* El diseño de esta propuesta debería promover el uso de energías renovables, y la investigación y desarrollo de materiales alternativos. Estos pueden ser, al mismo tiempo, de bajo impacto ambiental y presentar ventajas económicas a los usuarios. Por ejemplo, se pueden realizar aislaciones térmicas con paja de cereal embebida en arcilla, moldeado en forma de placas típicamente de 40cm x 40cm x 10 cm. Muchos de estos materiales usan materia prima local y tienen bajo costo, pero requieren de mano de obra intensiva. A través de la investigación de técnicas y materiales, y de la divulgación a la comunidad, también pueden incentivarse emprendimientos privados para la provisión de las alternativas. Por otro lado, existen técnicas no difundidas y que, con poco esfuerzo, producen beneficios múltiples inmediatos. Por ejemplo, los invernaderos adosados a las viviendas cumplen funciones térmicas, de ampliación de la superficie cubierta y aprovechamiento para producción de alimentos (Ganem et al., 2001). En la zona de Bariloche, se demostró que la cocción solar es posible en al menos 6 meses del año. Debido al soleamiento, la baja humedad ambiente y la altura, la radiación media es alta comparada con otras localidades (Raichijk et al., 2005). Sin embargo, las aplicaciones solares pasivas en general no son tenidas en cuenta en los diseños de la vivienda y su entorno, y menos aun en aquellos barrios desconectados a la red de gas.
- h) *La forma de contratación debería incluir a los actores locales, tanto en recursos humanos como en materiales.* La iniciación de los trabajos de rehabilitación requiere de la compra de materiales, de la logística de transporte, y del personal capacitado para realizar las instalaciones. Parte del programa propuesto se basa en la educación y en la organización social, por lo que deben cuidarse los aspectos de su equilibrio en un sentido amplio. Por ejemplo, no tendría sentido poner al borde de la quiebra a un corralón local por el hecho de proveerse de materiales desde otras localidades. Aunque surjan cuestiones de costo, siempre existen funciones de logística o de conveniencia en la diversidad, para contar con productos y servicios provistos localmente.
- i) *Formación y financiación de organismos de rehabilitación y mantenimiento para el uso eficiente de recursos naturales.* Al presente, es bien sabido que los problemas energéticos actuales se agravarán. Por un lado, por el agotamiento de recursos, y por otro, por las consecuencias ambientales que el impacto antropogénico está teniendo a nivel local y global, tanto en el corto como en el largo plazo. Así como existen organismos para la construcción, mantenimiento, y mejora de caminos (por ejemplo, Vialidad Nacional o provinciales), deberían existir organismos de rehabilitación y mantenimiento para el uso eficiente de la energía y de los recursos naturales. La organización propuesta no debería ser un ente centralizado rígido, sino que debería contar con la flexibilidad necesaria para interactuar con los diversos programas locales. Por ejemplo, la formación de grupos de trabajo en barrios para la ayuda mutua puede ser posible. Estas iniciativas son muy valiosas, pero la problemática energética a resolver puede demandar décadas, y entonces es importante que los grupos de trabajo estén organizados, y que reciban el pago correspondiente, tanto para trabajar en sus propias casas como en otras localizaciones.

Las condiciones del uso actual de un recurso no renovable como el gas natural motivaron la preocupación que genera esta propuesta de educación y acción. En el presente, la educación en esta temática es fundamental. No existe una conciencia pública sobre el carácter efímero de la provisión de cantidades enormes de un recurso tan valioso como el gas natural, y a un precio prácticamente nulo. Tampoco existe conocimiento sobre la gravedad de la situación que en el futuro derivará de la restricción en su consumo. No tiene el mismo grado de dificultad la solución a la eficiencia energética realizada en un plazo de dos o tres décadas, como se hizo en Suecia o Alemania, que adaptarse súbitamente a un cambio inesperado.

## CONCLUSIONES

En base a investigaciones previas y a bases de datos, se estudió la provisión y uso de gas natural en una localización fría como la ciudad de Bariloche. Se comparan las tarifas de gas natural de esta zona con las de otras en Argentina y con un grupo de otros países. Se encuentra que en el uso residencial se paga entre 13 y 44 veces menos por el gas natural en Bariloche que en otros países. En esta localidad, en los sectores no conectados a la red de gas natural se paga 24 veces más por la provisión del equivalente energético de gas licuado de petróleo. El costo de este en Bariloche es similar al promedio internacional que se abonaría por la misma cantidad de gas natural en los países considerados.

Se comparan los consumos promedio por vivienda unifamiliar en Bariloche, La Plata y Estocolmo, en particular los debidos a calefacción. Se encuentra que La Plata y Bariloche tienen demandas energéticas similares por unidad de grado-día, mientras Estocolmo presenta un consumo específico tres veces menor. Es interesante ver que los consumos promedio para calefacción en La Plata y Estocolmo son similares, aun cuando el primero presenta 1170 grado-día y el segundo 4070 grado-día para calefacción (base 18). Esta es la consecuencia en los consumos de las calidades térmicas similares en Bariloche y La Plata, las cuales son mucho menores a las existentes en Estocolmo. Se estima que el potencial de ahorro por rehabilitación térmica de las envolventes y mejora en artefactos puede alcanzar el 70% del consumo actual. Escapa a los alcances de este trabajo entender cómo y por qué se ha creado la percepción pública de que el gas barato es un recurso eterno. Sin embargo, de este análisis se entiende la falta de incentivos para invertir en aprovechamientos eficientes o en la búsqueda de recursos energéticos renovables.

Se propone un programa de mejora de la calidad térmica de viviendas financiado con subsidios, los cuales en forma creciente pueden dirigirse desde el consumo a la inversión en educación y mejoras permanentes. La operatoria del programa pone énfasis en los aspectos educativos, de participación de la comunidad, y de formación de instituciones adecuadas. La propuesta presentada aquí tiene el objetivo de renovar y ampliar las propuestas que durante décadas otros investigadores en Argentina ya han hecho.

## REFERENCIAS

- Auyero J. (2000). The logic of clientelism in Argentina. *Latin American Research Review* 35 (3), 55-81
- Balaras et al. (2005). Heating energy consumption and resulting environmental impact of European apartment buildings. *Energy and Buildings* 37, 329-442
- 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. *AVERMA (Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente)* 7, 07.13-07.17
- Czajkowski J., Díscoli C., Corredera C., Rosenfeld E. (2003b). Comportamiento energético ambiental en viviendas del Gran La Plata. *AVERMA* 7, 07.43-07.47
- Coopetel, (2008). Cooperativa de obras y servicios públicos, sociales y vivienda El Bolsón, Ltda. Tel. 02944 492300. Consultado el 13/08/08
- De Schiller S. et al. (2003). Edificación sustentable: consideraciones para la calificación del hábitat construido en el contexto regional latinoamericano. *AVERMA* 7, 05.13-05.18
- Díaz C., Czajkowski J. (2006). Auditorías energéticas en viviendas de interés social en Río Grande, Tierra del fuego. *AVERMA* 10, 07.33-07.38
- Edenor (2006). Proyecto casas por más energía. Construyendo beneficios para todos. [www.edenor.com.ar](http://www.edenor.com.ar)
- Filippín C., Flores Larsen S., López Gay E. (2008). Energy improvement of a conventional dwelling in Argentina through thermal simulation. *Renewable Energy* 33, 2246-2257
- Filippín C. et al. (2005). Response of conventional and energy-saving buildings to design and human dependent factors. *Solar Energy* 78, 455-470
- Ganem C., Esteves A., Coch H. (2001). El rol de la envolvente en la rehabilitación ambiental. *AVERMA* 9, 05.49-05.54
- Ganem C., Esteves A. (2001). Invernadero adosado: tecnología solar para acondicionamiento térmico de viviendas y obtención de hortalizas y forrajes en comunidades de bajos recursos. *AVERMA* 6, 02.19-02.24
- Garrafa, (2008). Puntos de venta de garrafas sociales. Secretaría de Energía. [www.energia3.mecon.gov.ar](http://www.energia3.mecon.gov.ar), 13/08/08
- González A.D. et al. (2005). Uso de energía y conservación de bosques en la Patagonia Andina, *AVERMA* 9, 7.10-7.16
- González A.D. et al. (2006). Eficiencia en el uso del gas en viviendas unifamiliares de Bariloche. *AVERMA* 10, 7.01-7.08
- González A.D. et al. (2007). Residential energy use in one-family households with natural gas provision in a city of the Patagonian Andean region. *Energy Policy* 35, 2141-2150
- Juanicó L., González A.D. (2008a). Thermal efficiency of natural gas balanced-flue space heaters: measurements for commercial devices. *Energy and Buildings* 40, 1067-1073
- Juanicó L., González A.D. (2008b). Savings in natural gas consumption by doubling thermal efficiencies of balanced-flue space heaters. *Energy and Buildings* 40, 1479-1486
- IEA (2007). Key World Statistics 2007. International Energy Agency. [www.iea.org](http://www.iea.org)
- La Nación (2008). Diario La Nación, de Buenos Aires. "Llegó el segundo buque con gas a Bahía Blanca", 16/06/08; y "El reino de la subinformación", 15/06/08. Disponibles en libre acceso en el buscador <http://buscador.lanacion.com.ar>
- Los Notros, (2008). Depósito Los Notros, gas envasado, representante Coopetel. Tel. 02944 424094. Consultado el 13/08/08
- PICC, (2006). IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Intergovernmental Panel on Climate Change. Disponible en <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.htm>
- Raichijk C., Grossi Gallegos H., Righini R. (2005). Evaluación de un método alternativo para la estimación de valores medios mensuales de irradiación solar en Argentina. *AVERMA* 9, 11.05-11.08
- Rosenfeld et al., (2003a). 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. *AVERMA* 7, 07.25-07.30
- Rosenfeld et al., (2003b). El consumo de energía en el área metropolitana de Buenos Aires en la década del '90: una trayectoria de desarrollo insustentable. *AVERMA* 7, 07.01-07.05
- Smeds J., Wall M. (2007). Enhanced energy conservation in houses through high performance design. *Energy and Buildings* 39, 273-278
- YPF, (2008). Distribuidora de GLP a granel en Bariloche. Tel. 02944 436063. Consultado el 13/08/08

**ABSTRACT:** In previous works by different authors, the very low thermal efficiency of the building sector in Argentina has been demonstrated. Around 60% of households are favored with low prices and regional subsidies for natural gas consumption. The efficiency in the use of this fuel in the city of Bariloche was studied. Households with provision of natural gas pay 13 to 44 times lower prices than the regular international ones. As a consequence of low thermal performance, a potential for consumption reductions up to 70% was found. This reduction, based on improved technologies, is much larger than any obtained with programs based on changing user behavior. Based on input subsidies for infrastructure and training, a program to improve thermal quality in the housing sector is proposed, encouraging the ongoing investment and reducing excessive non-renewable resources consumption.

**Keywords:** Solar energy – Cooking – Cold Patagonian climate