



OPTIMIZACIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA ARGENTINA EN LA CLIMATIZACIÓN DEL SECTOR RESIDENCIAL

C.G. Tanides¹, J.M. Evans², F.N. Nicchi³, R. Pedace⁴, y G. Gazzola
GEA; Departamento de Electrotecnia, Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires
Av. Paseo Colón 850, Subsuelo, (1063) Capital Federal
Tel.: (+54 11) 4343 0891 Ext. 159, Fax: Ext. 365, e mail: ctanide@fi.uba.ar
Centro de Investigación Hábitat y Energía, CIHE-SI-FADU-UBA
Pabellón 3, Piso 4, Ciudad Universitaria, C1428BFA Buenos Aires
INTI Centro INTI – ENERGÍA, Av. Gral. Paz 5445 - San Martín - Bs. As.

RESUMEN

La calefacción residencial representa alrededor del 60% del consumo de gas en el sector residencial. El presente trabajo evalúa los sistemas de calefacción a partir de gas natural, los más utilizados en la Argentina, frente a la alternativa del uso de bombas de calor eléctricas, de reciente incorporación masiva en el mercado doméstico, con un rendimiento mucho mayor que los sistemas convencionales a gas. El trabajo analiza los factores que contribuyen al reemplazo de artefactos de gas con instalaciones eléctricas de alta eficiencia, considerando la factibilidad técnica y económica, y el balance energético en cuanto a la extracción, generación, transporte, distribución, y utilización para calefacción en vivienda, junto con sus impactos ambientales. El estudio está enfocado en la Ciudad de Buenos Aires y la región metropolitana, donde el consumo de energía representa la mitad de la demanda nacional, y las condiciones climáticas son aptas para el uso de bombas de calor.

Palabras clave: uso eficiente de la energía, sector residencial, calefacción, bombas de calor, artefactos de gas.

INTRODUCCION

En un marco global en el que las fuentes energéticas se van transformando en un bien escaso y progresivamente más costosas y en donde cualquier intento de mitigar el cambio climático debe proponer una reducción drástica del 50% de la quema de combustibles fósiles y en un futuro, su eliminación (Barros, 2006), surge como prioritario la optimización del sistema energético en términos de sustentabilidad requiriendo que se realice un abordaje integrado de las alternativas posibles para brindar el servicio energético buscado.

Específicamente, en relación con la calefacción, que representa el 62% del consumo de gas natural en el sector residencial argentino, existen un sinnúmero de opciones que permiten, al estar integradas inteligentemente, abordar de manera óptima la provisión de este servicio. Estas opciones pueden ser normativas (IRAM, 2010), informativas con etiquetas de eficiencia energética (SE, 2011), constructivas, tarifarias, educativas y finalmente de fuentes energéticas y tecnologías asociadas, que es el caso de análisis del presente trabajo.

Se pretende entonces caracterizar los consumos que utilizando diferentes fuentes dan lugar a dos tecnologías bien distintas para proveer calefacción: combustión a gas y bomba de calor eléctrica, evaluando a partir del análisis integrado el impacto sobre los distintos factores tales como los económicos (involucrando costos iniciales, tarifas de los energéticos, extensión de las redes de gas y electricidad), ambientales etc.

El trabajo parte de un objeto de estudio acotado que es la climatización del sector residencial y comercial y público en la región de la Ciudad de Buenos Aires y Gran Buenos Aires que representa casi el 50% del consumo de energía del país y constituye un primer abordaje al tema que será profundizado en el futuro.

LA CALEFACCIÓN

En el sector residencial, el consumo total de energía, tanto primaria como secundaria, correspondiente a 2009, alcanzó un valor de 11.972 miles de TEP según lo indica la Secretaría de Energía, representando el 23% del total de energías primaria y secundaria consumidas en el país para ese mismo año. La Figura 1 indica las fuentes de energía utilizadas por el sector residencial y la participación de cada una de ellas en el total de energía consumida por este sector.

¹ Profesor Adjunto, Facultad Ingeniería UBA / Investigador GEA

² Profesor Titular, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, UBA

³ Profesor Adjunto, Facultad Ingeniería, UBA / Investigador GEA

⁴ Profesor Adjunto en Maestría en Política y Gestión CyT-UBA / Investigador GEA

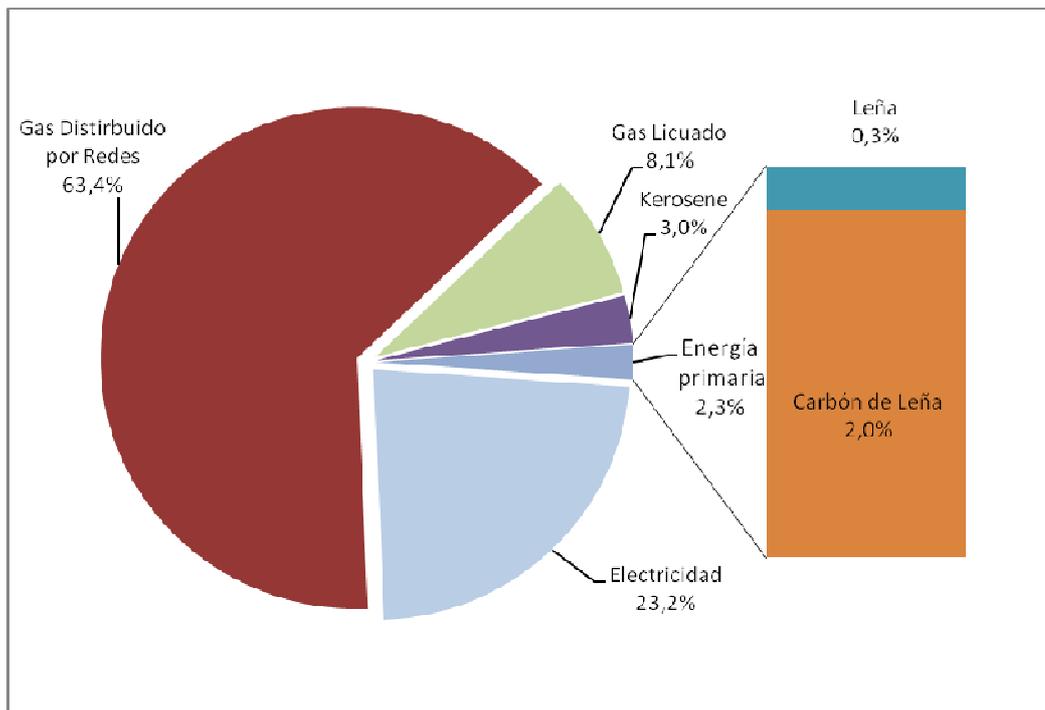


Figura 1. Participación de cada fuente energética en el consumo final de energía del sector residencial correspondiente a 2009. Fuente: Balance Energético Nacional de 2009 – Secretaría de Energía.

En particular, la Argentina muestra un enorme impacto en su consumo de gas natural debido a la calefacción, siendo el mayor uso final del gas en el sector residencial, comercial y en los entes oficiales, con una participación promedio en el orden del 62%.

En la Figura 2 puede observarse la evolución del consumo en 2006 y 2007.⁵

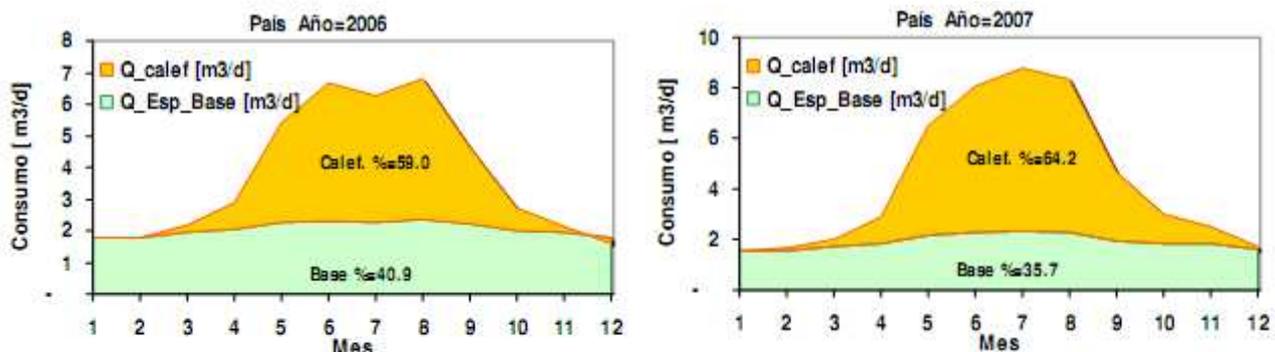


Figura 2. Consumos de gas natural mensuales residenciales a lo largo de los años 2006 y 2007. Fuente: Bezzo et al., (2010).

La demanda pico está vinculada con las bajas temperaturas invernales que se registran en casi todo el país, produciendo un consumo importante de energía por parte de los usuarios, por el mayor uso de los artefactos de calefacción. En este sentido, el comportamiento del consumo específico de gas natural de los usuarios, en función de la temperatura ambiente, es común en todo el país. En los edificios residenciales, y comerciales y públicos el empleo por encima de los 20 °C se mantiene prácticamente constante, llamado consumo de base, constituido por la cocción y el calentamiento de agua, mientras que por debajo de este valor y marcadamente a partir de los 17 °C la demanda comienza a aumentar hasta saturar la utilización de calefactores alrededor de los 7 °C.

Características térmicas de viviendas y calefacción

La demanda de energía para calefacción depende de la calidad térmica de la envolvente edilicia y las condiciones climáticas exteriores. En una localidad dada, las condiciones de diseño exterior son fijas, y la Norma IRAM 11.603 (1996a) indica la temperatura de diseño exterior para invierno y los grados días de calefacción, indicador de la duración y severidad de invierno. Por otro lado, la calidad térmica de la envolvente es variable y los estudios demuestran la posibilidad de reducir la demanda de energía de calefacción en un 20 a 35 % con mayores espesores de capas aislante en techos y muros. Sin embargo, no hay reglamentos nacionales o provinciales para niveles obligatorios de aislación térmica de edificios, con excepción de la Ley 13.059

⁵ El incremento de este porcentaje en el año 2007 respecto del año 2006 es explicable por el hecho que el año 2007 fue uno de los años más fríos de las últimas décadas, mientras que el año 2006 tuvo un invierno moderado.

de la Provincia de Buenos Aires (2010). Hasta el momento, si bien el cumplimiento de la ley en la Provincia es muy limitado, su implementación en forma generalizada y progresiva puede reducir la demanda de calefacción de nuevos edificios en un 35%. La adopción de aislación térmica correspondiente al Nivel 'B' Medio, en vez de Nivel 'C' Mínimo, permite reducir la demanda de energía en 22 % (IRAM, 1996b).

Cabe aclarar que, a medida que la envolvente logra menores pérdidas de calor, las ganancias internas debido a personas, artefactos eléctricos y otras fuentes fortuitas de calor, incluyendo el ingreso de radiación solar por ventanas con orientaciones favorables, pueden aportar una significativa y creciente proporción de la demanda total. Este recurso de aislación térmica también disminuye la potencia y costo de los equipos de calefacción, favoreciendo el uso de bombas de calor.

Otra innovación reciente es la Norma IRAM (2010) 'Etiqueta de eficiencia energética de calefacción para edificios. Clasificación según la transmitancia térmica de la envolvente' promovida por la Secretaría de Energía, pero todavía sin aplicación obligatoria. Una desventaja de esta Norma es la dificultad de proyectar edificios con una etiqueta A, B o C, y la mayoría de los desarrolladores hasta el momento no consideran factible la obtención de una etiqueta de alta eficiencia para promover la venta de inmuebles.

Sin embargo, uno de los problemas para lograr eficiencia energética es el bajo costo de electricidad y gas distribuidos en red. En una muestra de 100 viviendas, el costo total de gas y electricidad, promedio anual, expresado en pesos por persona por día, nunca excede \$ 7,00, y para 90 % de la muestra es menor a \$ 3,00.

La gran variabilidad entre viviendas es otro factor que complica el análisis, debido a las diferencias de diseño, características térmicas, niveles de confort alcanzados y formas de uso. La Figura 3 indica la demanda anual de energía en kilowatt horas por metro cuadrado por año, de los cuales aproximadamente 60 % corresponde a calefacción. El tamaño de las viviendas de la muestra varía entre 38 m² y 350 m².

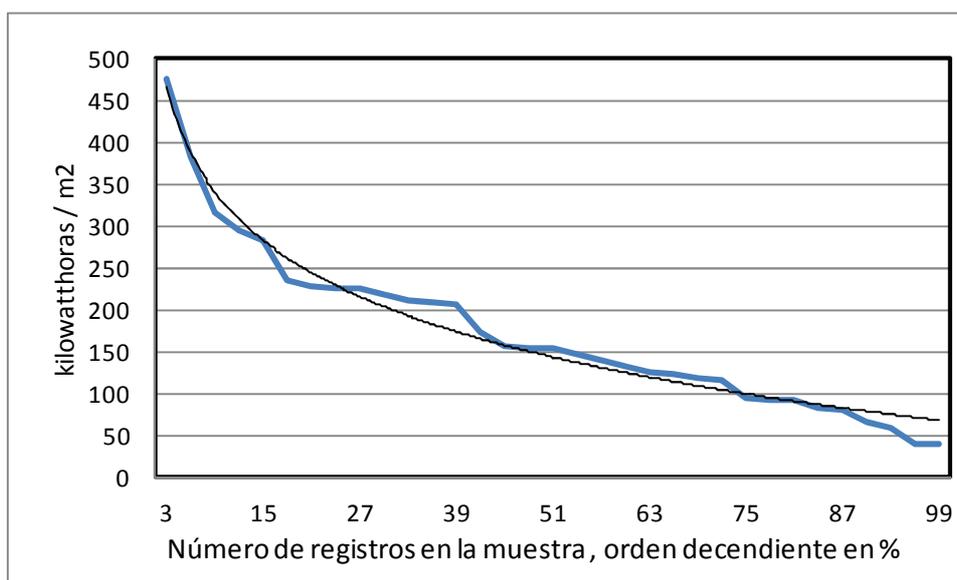


Figura 3. Demanda de energía total de vivienda en kilowatt-horas por metro cuadrado, Ciudad de Buenos Aires y Región metropolitana, muestra de 100 viviendas.

Las diferencias en las tecnologías de calefacción

Existen distintas fuentes y métodos para calefacción, que utilizan combustibles sólidos, líquidos o gaseosos. El enfoque de este trabajo se centra, fundamentalmente, en la utilización de gas natural y electricidad que son las fuentes más utilizadas en las grandes urbes de la región bajo análisis.

Calefacción a gas

Se puede clasificar los artefactos de calefacción a gas en viviendas en las siguientes categorías:

- Los artefactos sin ventilación directa al exterior, con pantallas infrarrojas o pantallas catalíticas. Ambas son muy eficientes, debido a la falta de ventilación directa hacia el exterior, pero son peligrosas por posibles escapes de gas, y altas concentraciones de CO₂ en locales sin adecuada ventilación. No se permiten en nuevas instalaciones, pero hay un número importante en edificios existentes. La calidad de la calefacción no es confortable, debido al fuerte componente asimétrico de radiación y la estratificación de aire. Estos artefactos requieren rejillas fijas de ventilación.
- Los artefactos con tiro balanceado son más seguros, no aportan productos de combustión al aire interior, pero su eficiencia es mucho menor, con valores de ensayo de 60 a 65 % en modelos de conducto horizontal, pero con valores entre 50 y 55 % en conductos en 'U' (Juanicó, 2007). Este tipo de artefacto es el más común en viviendas, y corresponde a aproximadamente 65 % de todas las viviendas urbanas con conexión a red de gas. El confort de esta calefacción es intermedio debido a la estratificación de aire. Algunos de los artefactos de mayor potencia con tiro balanceado incorporan ventiladores para lograr una mejor distribución de calor en espacios de mayor volumen. No requieren rejillas fijas de ventilación.
- Algunas viviendas de mayor tamaño y categoría tienen calderas a gas, con distribución de calor con agua, por losa radiante o radiadores. Estas instalaciones son los más seguros, controlables y eficientes, con eficiencias en el orden de 75 a 85 % en

instalaciones grandes y nuevas. La calidad de calefacción es favorable debido a las relativamente bajas temperaturas de radiadores o losas radiantes.

- Una variante con caldera es la combinación de agua caliente con ventiladores para distribución de aire caliente, a veces combinado con sistemas de aire acondicionado. El problema de sistemas de distribución con aire caliente es el volumen de los conductos, comparado con el reducido tamaño de caños de agua. Estos sistemas son poco frecuentes en regiones templadas de Argentina.
- Finalmente, existen equipos que combinan refrigeración en verano con calefacción por aire caliente, utilizando una cámara donde intercambia el calor del gas natural quemado con el aire inyectado al ambiente mediante conductos. Tiene las mismas características que el sistema anterior.

Cabe aclarar que la eficiencia de los sistemas de calefacción a gas depende también del régimen de uso. En el caso de uso intermitente o potencias bajas, la eficiencia disminuye significativamente, especialmente en las primeras dos categorías. Las calderas con agua caliente tienen importante inercia térmica, una característica desfavorable en climas templados donde la temperatura frecuentemente oscila entre fría y confortable.

La necesidad de ventilar al utilizar artefactos de gas puede aumentar las pérdidas de calor por ventilación en invierno, llegando a superar 35 % de las pérdidas totales, según estimaciones basados en la Norma IRAM 11.604 (11604) y mediciones con 'Blower door' (Chamorro, 2011). El uso de artefactos con ventilación directa, tales como tiro balanceado, no elimina la necesidad de ventilación para cocinas, termotanques y calefones en el interior de la vivienda.

El etiquetado de artefactos de gas puede promover la comercialización de artefactos de mayor eficiencia. Existe una importante experiencia que, tanto el sector eléctrico como el de gas, ha avanzado en colaboración con el Instituto Argentino de Normalización (IRAM). De hecho, el ENARGAS está participando en la elaboración de etiquetado de artefactos a gas para la cocción, el calentamiento de agua y la calefacción. Claramente esta línea de acción es importante y debería seguirse hasta su implementación en todos los artefactos a gas, particularmente en los de calefacción (los que más afectan el consumo) y aquellos que tienen piloto constantemente encendido, un uso de energía que puede eliminarse.

Calefacción eléctrica

Los sistemas convencionales de calefacción: estufas de cuarzo, caloductos y radiadores con y sin aceite tienen un rendimiento cercano a la unidad, ya que básicamente transforman la energía eléctrica en calor por efecto Joule. La diferencia entre unos y otros se encuentra en la efectividad con la que transfieren el calor al aire, en forma natural o forzada.

Por otro lado existen otro tipo de tecnologías que permiten captar calor de una fuente fría y transferirlo a una caliente tal como lo hacen las **bombas de calor** típicamente en las heladeras o acondicionadores de aire. En el caso en que la fuente fría se ubica en el ambiente exterior y el calor se transfiere al interior de la residencia, esto constituye en un sistema de calefacción.

Las bombas de calor frecuentemente son llamados 'equipos Split frío-calor', aunque no todos los Split utilizan las bombas de calor. Tienen la ventaja de instalaciones relativamente sencillas comparadas con instalaciones de gas: no requiere inspecciones antes de la habilitación y se puede incorporar los cables eléctricos en muros sin obras mayores. El impacto estético en las fachadas es un factor potencialmente desfavorable: los reglamentos internos de algunos barrios cerrados privados no permiten instalaciones a la vista por esta razón.

El **desempeño energético** de una bomba de calor se evalúa a través de su rendimiento, denominado COP (*Coefficient of Performance*) que es mayor que la unidad. Entonces, en toda bomba de calor se verifica que el calor transmitido a la fuente caliente es la suma del calor extraído de la fuente fría más la potencia consumida por el compresor, que se transmite al fluido, ver Ec. (1).

$$Q_C = Q_F + W \quad (1)$$

Donde:

Q_C : cantidad de calor entregado a la fuente caliente

Q_F : cantidad de calor entregado por la fuente fría

W : trabajo eléctrico

Cuando la bomba de calor se utiliza para calentar un ambiente, el efecto útil es el calor introducido, y el COP se calcula como lo muestra la Ec. (2):

$$\text{COP} = \frac{Q_C}{W} = \frac{Q_F + W}{W} \quad (2)$$

En la Tabla 1 se observan la distribución de las clases de eficiencia energética establecida en la Norma IRAM 62.406:2007, en relación con el COP de los equipos funcionando en modo calor.

Clase de Eficiencia Energética	Condición
A	$3,60 < COP$
B	$3,60 \geq COP > 3,40$
C	$3,40 \geq COP > 3,20$
D	$3,20 \geq COP > 2,80$
E	$2,80 \geq COP > 2,60$
F	$2,60 \geq COP > 2,40$
G	$2,40 \geq COP$

Tabla 1. Clases de Eficiencia en Acondicionadores de Aire de tipo dividido (Split). Fuente: IRAM, (2007).

En el mercado argentino de las 339 licencias existentes a febrero de 2011 en acondicionadores de aire⁶, sólo 131 tienen equipos que pueden funcionar como frío calor, el resto son sólo frío. En la Figura 4 puede observarse la distribución de las cantidades de licencias por clases de eficiencia en modo calor para equipos menores y mayores a 4.500kCal. Es importante mencionar que bajo una misma licencia en muchos casos se comercializa el mismo equipo con diferentes marcas.

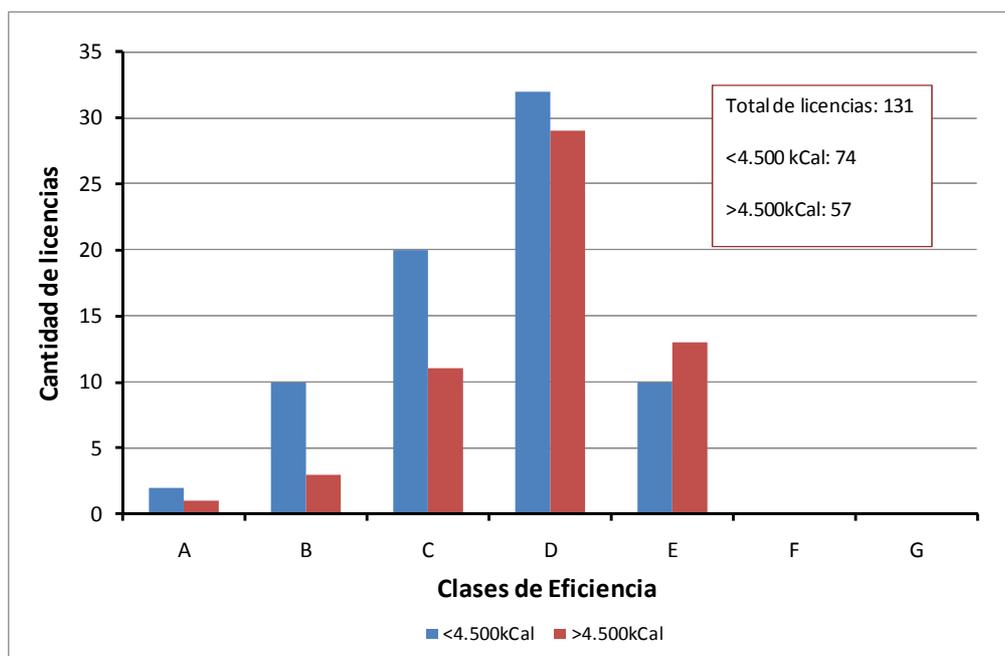


Figura 4. Cantidad de licencias certificadas de equipos acondicionadores de aire residenciales por clase de eficiencia en modo calor, a febrero de 2011 en la Argentina. Fuente: elaboración propia basada en información de las certificadoras de etiquetado de eficiencia energética de Acondicionadores de aire.

De la información surge que el COP promedio ponderado⁷ en el mercado de la Argentina a febrero de 2011 para acondicionadores en modo calor menores a 4.500kCal es igual a 3,13, y para equipos mayores a 4.500kCal es igual a 3,03.

Una primera aproximación nos muestra que el rendimiento de estos equipos típicamente con un COP = 3 resulta muy superior, 4,6 veces, al de un equipo de calefacción convencional ($\eta = 65\%$). Por supuesto que esto constituye solamente el último eslabón de la cadena de transformaciones energéticas. Un análisis más ajustado deberá considerar los rendimientos en toda la cadena desde la energía primaria hasta el uso final, tal como lo muestra la Figura 5.

Bombas de calor	Generación eléctrica en CCG	Transmisión y distribución	Rendimiento de conversión (COP)	Rendimiento total
	55%	84%	300%	138%
Tiro balanceado	Gas natural	Transporte y distribución	Rendimiento de conversión (η)	Rendimiento total
	100%	95%	65%	62%

Figura 5. Rendimientos parciales de la cadena de transformaciones energéticas desde la fuente secundaria (gas natural) hasta el servicio buscado: calefacción.

⁶ La norma se aplica a acondicionadores de aire sin conductos de tipo compacto o dividido con una sola unidad interior que tienen capacidad de refrigeración de hasta 10,5 kW.

⁷ Este es un valor estimado ya que las etiquetas en el caso modo calor no informan el COP si no que dan su clase de eficiencia que involucra un rango. En nuestra estimación se tomaron los valores promedios del rango y para clase A, 3,7.

En un análisis más detallado habrá que considerar que la bomba de calor tiene un rendimiento que depende de la temperatura de la fuente fría (exterior) y la fuente caliente (interior). En el caso de la fuente fría esta es variable y dependiente de la zona climática e influirá en la mejor adecuación o no de esta tecnología con el sitio en cuestión. El COP en la Norma IRAM 62.406:2007 está definido a 7°C.

El rendimiento del equipo en modo calefacción varía según ensayos realizados (Montserrat Hernández, 2010) según la Tabla 2:

Rango de potencias de calefacción (kW)	COP				Ecuación de la recta regresión
	-5°C	0°C	5°C	10°C	
0-50	2,02	2,26	2,66	2,87	$y= 0,2954x + 1,7143$

Tabla 2. Variación del COP de bombas de calor en función de la temperatura de la fuente fría. (Montserrat Hernández, 2010).

Como puede observarse a partir de la Tabla 2 el COP del equipo disminuye al bajar la temperatura de la fuente fría y aumenta con temperaturas mayores. La temperatura mínima de diseño en invierno en Gran Buenos Aires es superior a 0° C (IRAM, 1996a), asegurando razonables eficiencias. Con temperaturas superiores a 0° C, también se eliminan los problemas de congelamiento de condensación, otro factor que favorece su uso en esta región templado.

Otra forma de ver este mismo fenómeno es observar que la potencia de calefacción baja al descender la temperatura y aumenta cuando la temperatura sube.

SISTEMA DE GENERACIÓN, TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN DE GAS Y DE ELECTRICIDAD

El efecto de crecimiento de la demanda de calefacción en el invierno se está trasladando al sector eléctrico que gradualmente comienza a hacerse cargo de este uso final por lo económico y práctico de su instalación y la aparición masiva de los acondicionadores de aire frío calor. El sistema energético nacional batió un nuevo récord en materia de demanda de energía, al alcanzar los 21.564 MW⁸, cifra registrada exactamente a las 20:18 horas del 1 de agosto de 2011. Este pico está asociado a la utilización creciente de acondicionadores de aire funcionando en modo calor y a la utilización de sistemas convencionales de energía eléctrica (estufas de cuarzo, caloductos y radiadores con y sin aceite).

Un análisis cualitativo de este proceso de sustitución sobre los sistemas de distribución, transporte, producción y generación de gas natural y energía eléctrica supone una respuesta para el corto plazo (transitoria), durante la cual se efectuará el reemplazo de calefacción a gas por bombas de calor y otro para el mediano y largo plazo en donde este fenómeno ha saturado (estado estacionario). Por otra parte, es esperable conseguir el reemplazo progresivo de calefacción eléctrica convencional por calefacción mediante bombas de calor, debido al mayor rendimiento de la bomba de calor eléctrica.

Efecto sobre las Redes de Distribución y Transporte

Al principio se descargará la **red de distribución** y de **transporte** de gas y se sobrecargará la red de distribución y transporte de energía eléctrica. Esto requerirá inversiones mayores a las de la normal ampliación de la red de distribución eléctrica, y más bien inmediatas. Luego, la capacidad remanente en la red de gas permitirá ir absorbiendo el crecimiento vegetativo de la demanda de gas sin necesidad de ampliaciones, ni siquiera cotidianas. Mientras tanto, la red de distribución eléctrica seguirá un patrón de ampliación normal. Finalmente, en el largo plazo, ambas redes de distribución, la eléctrica y la de gas, seguirán un sendero de ampliaciones normal. Esta secuencia tendrá efectos no sólo sobre las ampliaciones de capital, sino también sobre la eficiencia en la distribución de energía.

En el transporte aparecerá un notorio efecto de realimentación, ya que la sustitución planteada por un lado descargaría los gasoductos y sobrecargaría las líneas de extra alta tensión, pero por otro lado, al aumentar las necesidades de generación eléctrica, aumentará el tráfico de gas por los gasoductos. Para los yacimientos de gas que se encuentran en el mismo sitio que la generación eléctrica, este efecto será nulo, pero en los otros casos en que no coinciden espacialmente las ubicaciones de los productores de energía, la sobrecarga sobre los gasoductos existirá, aunque en una proporción menor para el mismo servicio según lo visto en la Figura 5.

Efecto sobre Producción de gas / Generación de energía eléctrica

En un primer momento se producirá una descarga aliviando a los yacimientos de gas y una sobrecarga sobre la **generación de energía eléctrica**. Esto demandará inversiones adicionales en plantas generadoras eléctricas a la vez que significará un respiro en la exploración y explotación de yacimientos gasíferos por un tiempo. Luego, en el largo plazo, se retomarán las tasas de crecimiento usuales.

Lamentablemente, parte de la eficiencia lograda en el uso final se pierde en esta instancia de la generación de energía eléctrica, ya que como contrapartida del gas entregado a las redes para un uso final de calefacción se requiere energía eléctrica generada en el mejor de los casos mediante un ciclo combinado que consume gas natural pero con una eficiencia del 55%. Esto es compensado con creces por la eficiencia lograda en el uso final, pero debe advertirse que la merma producida no es menor.

⁸ <http://portalweb.cammesa.com/Pages/noticias.aspx?List=eab09867-9af4-40fb-a51f-145b0a459cfd&ID=156>

Se pasa de quemar gas natural a la matriz de generación de energía eléctrica vigente, que no está compuesta únicamente por gas natural, sino que incluye otros componentes como recursos hidráulicos y energías renovables por un lado, pero por el otro también gas oil, fuel oil y energía nuclear. Es claro que la composición de esta matriz puede mejorar en el tiempo, incluso reduciendo las emisiones netas, pero lo cierto es que, en los picos de generación de energía eléctrica, las emisiones aumentan debido a la reducción de uso de gas y el aumento en el aporte de fuel oil.

Teniendo en cuenta ambas tecnologías y recurriendo nuevamente a la Figura 5, un hipotético reemplazo directo del gas destinado a la calefacción hacia un CCG considerando los rendimientos completos de la cadena desde el origen hasta el servicio, se observa que para la electricidad se obtienen 1,38 unidades de energía calórica por cada unidad de energía ingresante al ciclo combinado, mientras que en el caso de calefacción con artefactos de tiro balanceado por cada unidad de energía en el gasoducto se consiguen 0,62 unidades en la calefacción. La sustitución representa entonces un 55,3% menos de emisiones y de consumo energético para brindar el mismo servicio.

Aún cuando se hiciera la comparación con la matriz de generación vigente considerando un factor de emisión de 0,54 tCO₂/MWh del sistema eléctrico tendríamos un 33,8% menos de emisiones para brindar el mismo servicio de calefacción. Y considerando un rendimiento total del sistema eléctrico, definido como energía eléctrica producida en relación con energía primaria más secundaria para utilizada para su generación, del 50,3% (SE, 2009), tenemos una disminución del 51,3% del consumo en términos energéticos.

TENDENCIAS MUNDIALES EN CALEFACCIÓN EFICIENTE: LAS HOJAS DE RUTA EN LA FRONTERA TECNOLÓGICA

Aun cuando el mercado argentino de equipos ha seguido las tecnologías punteras en el mundo con retraso, para cualquier prospectiva sectorial nacional se requiere elucidar el cambio tecnológico esperable. Se dispone para ello de nuevas herramientas como las hojas de ruta requeridas para el cumplimiento de escenarios formulados por países y organismos como la Agencia Internacional de Energía (AIE). Este último considera las bombas de calor junto con la electrificación del transporte como la llave para el combate al cambio climático. Las áreas enfocadas por la AIE son: evolución de desempeño y coste de tecnologías clave; necesidades y objetivos de la I&D del sector; metas para la difusión de las tecnologías y recomendaciones para establecer las políticas y medidas para superar las barreras existentes. Las cuatro tecnologías elegidas son: energía solar térmica activa; cogeneración; bombas de calor y almacenamiento de calor.

En estos escenarios, si bien la cogeneración juega un rol menor en la mitigación de emisiones de CO₂, en la transición contribuye a dar respaldo ante la variabilidad debida a la penetración creciente de fuentes renovables en la generación eléctrica. Del mismo modo la combinación de energía solar térmica, almacenamiento de calor y bombas de calor reduce considerablemente los costes en el sistema al permitir el desplazamiento de los picos de consumo y compensar la intermitencia de la generación renovable (<http://www.iea-shc.org/task44>)

El estudio concluye que la calefacción resulta prioritaria en los países de la OCDE mientras que las necesidades de refrigeración y de agua caliente son mucho más importantes en los países en desarrollo. Estas últimas pueden ser satisfechas con bombas de calor que cumplen esa doble función. Se prevé la generalización de bombas de calor en medio urbano que usen agua o suelo como fuente de calor. En la Figura 6 puede observarse el impacto de estas tecnologías en la mitigación del cambio climático, medido en gigatoneladas de gases de efecto invernadero que se reducen por su uso.

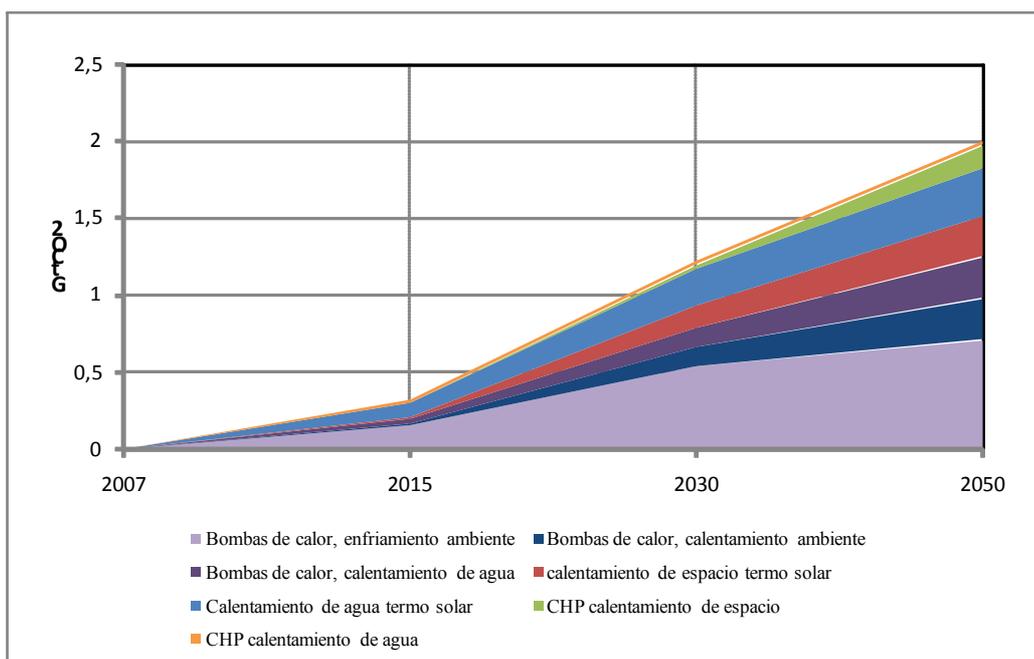


Figura 6. Rol de las bombas de calor y otras tecnologías en la reducción de emisiones de CO₂ para equipos de enfriamiento y calentamiento en el sector edilicio. Fuente: IEA (2011), p.16

En Japón los sistemas de aire acondicionado y los *chillers* centrífugos han elevado en los últimos años sus COPs desde 4 hasta 7. La investigación se orienta hacia los sistemas híbridos (polifunción, calentamiento de aire y agua) e integrados (con solar térmico) así como a la tecnología de inversores y controladores de velocidad. [IEA (2011), p.18 y 19]

Hacia el año 2050 en todo el mundo la capacidad instalada de energía solar térmica se incrementaría 25 veces por sobre el nivel de 2010, las bombas de calor serían el sistema dominante y el almacenamiento de calor estaría asociado con la mitad de los sistemas de calefacción y agua caliente. Especial atención exigirá el análisis de los efectos en todo el sistema energético para ver sinergias previsible de las nuevas tecnologías, e.g. la introducción de redes eléctricas inteligentes y el almacenamiento de energía calórica y eléctrica; los sistemas térmicos de refrigeración por absorción o adsorción (no eléctricos) con energía solar.

CONCLUSIONES

La calefacción de vivienda, correspondiente a 60% de la demanda total de energía en este sector, presenta uno de los mayores potenciales de ahorro, significativamente mayor a la de iluminación artificial. Los artefactos de gas que predominan actualmente tienen relativamente bajas eficiencias y el uso de bombas de calor puede lograr eficiencias significativamente más favorables. Las condiciones climáticas de Buenos Aires son favorables para el funcionamiento eficiente de estos equipos.

Aún con los COPs actuales puede observarse, en una primera aproximación, que la reducción de emisiones, debida al reemplazo de calefactores a gas por bombas de calor eléctricas, se ubica en el orden del 33 al 55%, según el caso, y la de consumo de recursos energéticos en el orden del 50%.

Los COP previsible en el futuro, mucho mayores que el valor 3 promedio actual, muestran un potencial de mejora sustancial lo que refuerza el interés de proyectar y planificar políticas tendientes a la implementación de este modo de calefacción. La transformación tecnológica de los sistemas de calefacción es compleja. Este trabajo indica los posibles impactos sobre la capacidad de la red, las eficiencias energéticas comparativas, los cambios en impactos ambientales, los problemas de instalación en la vivienda y la relación con posibles cambios en la calidad térmica de la vivienda, resultado de nuevas normas y legislación.

RECONOCIMIENTO

El presente trabajo es parte del desarrollo del subsidio del Proyecto Interdisciplinario UBACyT 2010-2012 entre la FI-UBA y la FADU-UBA, ES-01 "Optimización de la provisión de servicios energéticos en la Argentina a partir de la caracterización de los usos finales de la energía y el análisis de las alternativas".

REFERENCIAS

- Bezzo, E.J., Bermejo, A., Cozza, P.L., Fiora, J.A., Gil, S., Maubro, M.A., R. Prieto, (2010). *Impacto de los consumos pasivos en artefactos a gas en el consumo de energía*. Congreso Mundial de la Energía, Buenos Aires, 2010.
- Chamorro, A. (2011). Comunicación personal sobre resultados de mediciones de infiltraciones con 'Blower Door' en vivienda, Buenos Aires.
- IEA, (2011). Heat Pump Centre Newsletter, Vol.29, Nro.2, Sweden
- IRAM (1996a) Norma IRAM 11.603: 1996, Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación Bioambiental de la Republica Argentina, IRAM, Buenos Aires.
- IRAM (2001) Norma IRAM 11.604:2001. Acondicionamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en calefacción. Coeficiente volumétrico G de pérdidas de calor. Cálculo y valores límites, IRAM, Buenos Aires.
- IRAM (1996b) Norma IRAM 11.905: 1996, Acondicionamiento térmico de edificios, condiciones de habitabilidad en edificios, valores máximos admisibles de transmitancia térmica en cerramiento opacos. IRAM, Buenos Aires
- IRAM, (2007). Norma IRAM 62.406:2007, Etiquetado de Eficiencia Energética para Acondicionadores de Aires, IRAM, Buenos Aires.
- IRAM (2010), Norma IRAM 11.900: 2010. Etiqueta de eficiencia energética de calefacción para edificios. Clasificación según la transmitancia térmica de la envolvente. IRAM, Buenos Aires
- Juanicó, L. (2007) Eficiencia de calefactores a gas de tiro balanceado: medición e impacto en usuarios residenciales, Interciencia, Diciembre, Vol. 32, Número 012, pp 854-856.
- Monserrat Hernández, F., (2010). Estado de la tecnología de sistemas de refrigeración por compresión y análisis para un local en Teruel. Documento 1. Memoria.
- SE, (2009), Balance Energético Nacional, Secretaría de Energía de la Nación, Argentina.
- SE, (2011). <http://energia3.mecon.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=2863>, Secretaria de Energía de la Nación.

ABSTRACT

Heating systems in the residential sector represent about 60 % of the gas consumption of housing. This paper evaluates and compares the use of gas heating systems, the most common in Argentina, with the alternative using heat pumps, recently experiencing a significant increase in the domestic market, and having efficiencies much greater than conventional gas systems. The paper analyses the factors that contribute to the replacement of gas heaters with high efficiency electric heat pumps, considering the technical and economic feasibility, and the energy balance related to the extraction, generation, transport, distribution and use for heating in the housing sector, together with the environmental impacts. The study focuses on the Buenos Aires Metropolitan Region, as the energy demand represents about half of the national total, and the climatic conditions are favorable for the use of heat pumps.

KEYWORDS: energy efficiency, housing sector, domestic heating, heat pumps, gas heaters.