

COMPARACIÓN DE LA DEMANDA DE ENERGÍA PARA CALEFACCIÓN EN ARGENTINA Y OTROS PAÍSES

Jorge Daniel Czajkowski

Arquitecto. Profesor Titular e Investigador CONICET. czajko@yahoo.com

Universidad Nacional de La Plata - UNLP, Facultad de Arquitectura y Urbanismo - FAU, Laboratorio de Arquitectura y Hábitat Sustentable - LAYHS. Calle 47 N° 162, (1900) La Plata, Argentina. Tel.: (54) 221 4236587/90 int 255

RESUMEN

Diversos trabajos muestran que en la Argentina el consumo de energía en calefacción es alto en relación a otros países y también que la calidad energética edilicia tiende a reducirse con el transcurrir de los años. Esto conlleva a una preocupante insustentabilidad del hábitat construido producto de una inefficiencia energética creciente. Así se busca por una parte construir indicadores de consumo para poder hacer comparables trabajos realizados desde la oferta de energía y desde los sectores que la demandan. Estos últimos analizados mediante auditorias energéticas y construcción de tipos edilicios para segmentar el tejido urbano. Los resultados muestran una similitud entre valores medios de consumo generados por entes nacionales e investigaciones del sector académico. Por otra parte la comparación con otros países muestra que por una parte el consumo medio real es similar a otros países pero con desconfort y hacinamiento y que de alcanzarse el confort y uso total de las viviendas implicaría casi triplicar el consumo nacional de gas natural. También se muestra que nuestras normas poseen exigencias similares a varios países con clima templado.

Palabras-clave: demanda de energía, viviendas, eficiencia energética, edificios, normas.

ABSTRACT

Several studies have shown that in Argentina energy consumption in heating is high relative to other countries and also that energy quality in buildings tend to decrease with the years. This leads to the unsustainable of the built habitat as a result of the growing energy inefficiency. The present paper attempts to present consumption indicators to make comparable work from energy supply sectors and from energy demand sectors. This works are analysed through energy audits an building type - consumption. Results show similar average values of consumption generated by national bodies and academic sector research. Moreover the comparison with other countries shows that on one hand the actual average consumption is similar to other countries but with overcrowding and discomfort and if comfort and complete use of housing were attained, this would almost triple the national consumption of natural gas. This paper also shows that our standards have similar requirements than several countries with temperate climate.

Keywords: energy demand, housing, energy efficiency, buildings, standards.

1. INTRODUCCIÓN

La producción edilicia en la Argentina se ha realizado hasta el presente sin que se hayan incorporado en ellas técnicas adecuadas de habitabilidad higrotérmica y racionalidad energética. En función de esto este trabajo, que forma parte de los objetivos de dos proyectos de investigación que lleva adelante el LAYHS denominados: "Eficiencia energética en el Hábitat Construido" uno y "Eficiencia energética edilicia en áreas metropolitanas" financiados ambos por la ANPCyT- Agencia Nacional de Promoción de Ciencia y Tecnología. Mientras el primero es un proyecto en red de varios grupos de investigación nacionales el segundo con sede en la UNLP- Universidad Nacional de la Plata, integra a otros investigadores del país.

Siempre con el objeto de trabajar con un objetivo común consistente en la mejora energética del hábitat. Este trabajo aborda el problema del consumo de gas natural y la construcción de indicadores.

Así, las normativas existentes, en particular las Normas IRAM- Instituto Argentino de Normalización, si bien han sido actualizadas, no son de aplicación obligatoria en estos aspectos y las prácticas parecieran apuntadas a resolver -en la mayoría de los casos- sólo la reducción del costo inicial del edificio. Queda para los usuarios sean públicos o privados resolver las deficiencias, las patologías debidas al tipo de ocupación, la reposición y mantenimiento y los altos costos operativos con sus recursos. En síntesis: costo inicial lo más bajo posible y no consideración del costo total en el ciclo de vida del edificio. Costo total que en algunos casos triplica el costo inicial.

El cuadro antes descrito incluye tanto los edificios construidos por iniciativa particular como los construidos por la iniciativa oficial en el territorio nacional. Esto abarca la totalidad del parque construido sea para habitación, salud, educación, cultura o esparcimiento, administración, turismo y comercio.

En el caso de viviendas sean de gestión pública o privada el problema adquiere toda su relevancia si se advierte que será utilizada por franjas de usuarios que están mayormente situados en lo que el INDEC denomina "bajo el límite de la pobreza". Las tarifas de la energía (Energía eléctrica y gas natural por redes) se mantuvieron en valores congelados en el período 2001 hasta principios del 2009. Y llevó a que se presentaran perturbaciones en el consumo de energía.

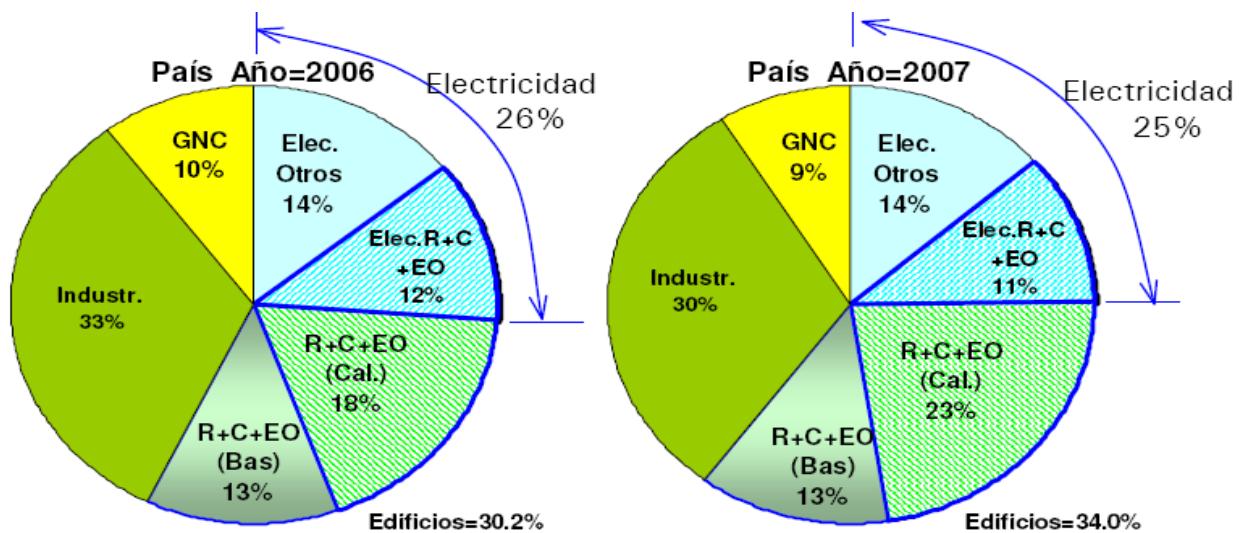


Figura 1: Consumo de gas natural en la Argentina para los años 2006/7. Fuente: ENARGAS.

En la figura 1 puede verse la distribución en el consumo de gas natural por redes en el hábitat donde en promedio el 25,5% se utilizó para generar electricidad en centrales de ciclo combinado y el 32% fue consumido por el sector edilicio. El *Ente Nacional Regulador del Gas* (ENARGAS), estima que un 13% corresponde a un consumo base medio anual en calentamiento de agua y cocción mientras el 20,5% corresponde a la calefacción de estos.

En la figura 2 se muestra la relación entre las temperaturas medias mensuales y el consumo específico de gas natural en el sector residencial (ENARGAS, 2009). Estos separaron a los usuarios residenciales patagónicos que cuentan con tarifas altamente subsidiadas del resto del país, principalmente en zona templada. Puede notarse la gran diferencia que se presenta cuando hay subsidios tanto por mayor consumo como por la dispersión.

Pero en la zona templada que mantuvo una de las tarifas más bajas del mundo hasta febrero de 2009 la dispersión es relativamente baja y muestra un crecimiento con la disminución de la temperatura media mensual. Esto indica una cierta homogeneidad en el consumo que se corresponde con trabajos propios previos, donde se mostraba que el modo de construcción en el país es independiente de la condición climática. Por lo tanto menor consumo específico a mayor temperatura media.

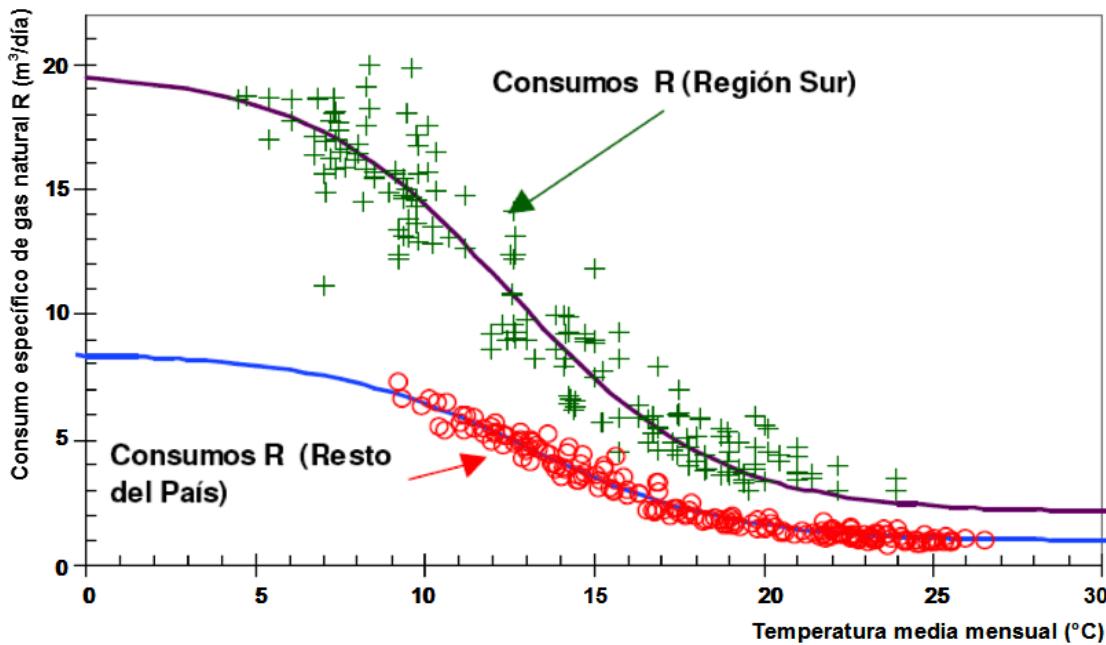


Figura 2: Variación del consumo específico de gas natural del sector residencial en Argentina en relación a la temperatura media mensual. Región sur comprende las provincias patagónicas de Neuquén, Río Negro, Chubut, Santa Cruz y Tierra del Fuego. Fuente: ENARGAS, 2009.

Entendemos que una manera de bajar el consumo específico es la "barrera tarifaria", como fue implementado por el gobierno este año y otra es el uso racional del gas natural mediante medidas efectivas que tiendan a una mayor eficiencia energética en el hábitat construido. Acordamos con ENARGAS, que prácticamente un tercio del consumo nacional de gas natural, es para el funcionamiento edilicio. Entonces es necesario implementar políticas que tiendan a la mejora de la calidad térmica de las edificaciones nuevas y existentes.

En los últimos años se han realizado numerosos análisis de la demanda de energía en la Argentina con el fin de comprender el comportamiento de los usuarios a fin de tender a trazar estrategias de ahorro y uso racional del gas que puedan derivar en políticas. Lo particular es que no hubo conexión entre los análisis desde el estado, caso ENARGAS e investigadores académicos.

Este trabajo se inicia con un primer contacto en 2008 que deviene en el inicio de una cooperación con el fin de comprender el comportamiento en la demanda de gas natural desde dos enfoques: a. un Ente que vigila y regula el consumo del gas natural y b. trabajos de investigación a nivel de trabajo de campo y auditorías energéticas en edificios.

Así, comparar la demanda de energía en calefacción en hábitat construidos diversos no es sencillo debido a diversos códigos de edificación, sistemas constructivos, modos de uso de la energía, rigurosidad climática, entre otros. El indicador más usado en la actualidad surge de determinar la demanda total de energía por todo concepto (calefacción, refrigeración, iluminación, electrodomésticos, cocción y agua caliente sanitaria) en kW/año o kW/m² año.

También y a los fines estadísticos, se los toma por separado, pero la mayoría de los autores (MAIER, T. et Al, 2009) (HEIPLE & SAILOR, 2008) (TIBERIU, et A., 2008) (ASDRUBALI, 2008), usa esta unidad de medida de la demanda de energía circunscripta a su caso, país o región. Esto dificulta la comparación entre países.

Una alternativa consiste en eliminar el factor climático dividiendo la demanda de energía anual por los grados día de calefacción a 18° (°D) que es un indicador de la rigurosidad climática del sitio. De esta forma se pueden comparar estándares propuestos por diversos países (PREDAC) (Decreto 192; 2005) (CSTB, 2005) (CTE, 2006).

En europa existe la Directiva 2002/91/EC que busca que cada país de la comunidad establezca estándares propios y los haga de cumplimiento obligatorio mediante Códigos de Edificación, usualmente dando el poder de policía a los municipios según corresponda.

En la Argentina existen Normas IRAM para regular la calidad térmica de la construcción pero no son de uso obligatorio. Solo la provincia de Buenos Aires posee la Ley 13059/03 vigente que hace de cumplimiento obligatorio las Normas IRAM sobre Acondicionamiento Térmico de Edificios dando el poder

de policía a los municipios. A la fecha el poder ejecutivo provincial no la reglamentó y ningún municipio la incorporó a sus Códigos de Edificación.

2. OBJETIVO

Este artículo tiene el objetivo de encontrar indicadores de consumo de energía en edificios y poder compararlos con consumos específicos dados por entes reguladores nacionales y con valores internacionales a fin de cuantificar el estado de calidad térmica del parque edilicio en el país .

3. MÉTODO

El trabajo consta de dos partes donde a partir de una muestra de más de 500 casos de viviendas auditadas en la última década se analizan los consumos de gas y las demandas potenciales para mantenerlas en confort (18°C).

Se parte del indicador de calidad energética denominado "G_{cal}" en W/m³°C - Coeficiente volumétrico glocal de pérdidas térmicas (Norma IRAM 11604). Este indicador define la calidad térmica de un edificio y otros parámetros puede llegarse al consumo de gas natural en calefacción por grado de diferencia de temperatura con la siguiente expresión:

$$CC_{\circ C} = \frac{G_{cal} \times V \times T_{cal} \times FCV}{Pc \times \rho} \quad [\text{ecuación 1}]$$

Donde:

CC_{°C} : Consumo de gas natural en calefacción por día y grado diferencia temperatura [m³/h °C dia]

G_{cal} : Coeficiente Volumétrico de pérdidas de calor en calefacción [W/m³ °C]

V : Volumen interior de aire a calefaccionar [m³]

T_{cal} : Tiempo medio de calefacción [hs/día]

FCV : Factor de % calefaccionamiento vivienda [adim]

Pc : Poder calorífico del gas natural [10816 Wh/m³ (9300 kcal/m³)]

ρ : Rendimiento medio sistema calefacción [0,5]

3.1. Viviendas, sus características:

Surge de auditar viviendas relevando sus características formales, de materiales de construcción de la envolvente. Para el armado del modelo urbano edilicio se eligieron tres tipos de vivienda usuales en el gran Buenos Aires (casa compacta, departamento en propiedad horizontal bajo o en altura, viviendas grandes). (CZAJKOWSKI; et Al, 2003) (ROSENFELD; et Al, 2003)

Esto a fin de simplificar la clasificación tipológica de viviendas que consistía en 17 tipos se reduce a solo tres con el fin de hacer compatible la muestra auditada con valores dados por el Censo Nacional de Población y Viviendas (INDEC 2001). Con esto se reduce a lo que denominaremos *casa compacta*, *casa grande* y *departamento* (Rosenfeld&Czajkowski, 1992). Luego se calcula el "peso" de cada tipo en la muestra total y se obtienen valores medios muestrales para cada tipo. Esto permite estimar el peso de participación de cada tipo de vivienda en el tejido urbano.

Otro problema surge al definir un rendimiento medio en los sistemas de calefacción. dado que en las encuestas mayoritariamente se declara el uso de calefactores individuales a gas natural y lo más usual es que las viviendas utilicen tiros balanceado independientemente de la clase social. El uso de sistemas de calefacción central es bajo. En función de esto se adopta un valor medio de eficiencia de 0,5.

	G _{cal}	V _m	S _m	Peso	T _{cal}	FCV
	W/m ³ °C	m ³	m ²	%	hs/dia	adim
Casa compacta	2,98	180	67	60	12	0,45
Departamento	2,50	100	37	30	12	0,7
Casa grande	2,15	350	130	10	24	0,7

Tabla 1: Tipos de vivienda y sus características formales y térmicas.

La tabla 1 muestra una síntesis de valores medios de coeficiente volumétrico global de pérdidas térmicas G, volumen calefaccionado medio Vm, superficie calefaccionada media Sm, peso porcentual de participación en el tejido urbano en ciudades medianas a grandes, el tiempo medio de calefacción según encuestas Tcal y el factor de % de calefacción medio de las viviendas también de encuestas.

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. Sobre el consumo de gas natural medio en calefacción de viviendas

Se determina que los tres tipos tendrán un consumo específico de gas natural de $0,54 \text{ m}^3/\text{°C día}$ para el tipo *Casa compacta*, $0,39 \text{ m}^3/\text{°C día}$ para el tipo *Departamento*, y $2,34 \text{ m}^3/\text{°C día}$ para el tipo *Casa grande*.

Con los pesos de la tabla 1 puede determinarse el consumo específico de gas natural en calefacción ponderado CCp según la siguiente expresión:

$$\text{CC ponderado} = 0,54 \times 0,6 + 0,39 \times 0,3 + 2,34 \times 0,1 = 0,32 + 0,12 + 0,23 = 0,67 \text{ m}^3/\text{°C día} \quad [\text{ecuación 2}]$$

El valor de $0,67 \text{ m}^3/\text{°C día}$, surge de auditar las características de las viviendas y realizar un cálculo a partir de valores medios. Hemos encontrado que sea en casas compactas o en departamentos hay un porcentaje no despreciable que no climatiza la vivienda o lo hace mínimamente. Por otra parte no se está considerando el efecto del aporte solar medio que se calculó en un 12% para un 30% de días soleados en los meses de invierno. Esto haría reducir un poco este valor.

El valor medio ponderado obtenido difiere del valor calculado por el ENARGAS de $0,56 \text{ m}^3/\text{°C día}$. Esto muestra varias cosas: por una parte el valor medio de ENARGAS es un 19,6 % inferior al obtenido por este trabajo mediante auditorías e implica que se calefacciona menos de lo que se ha encuestado, otra posibilidad es que la muestra auditada tiene una tendencia hacia sectores económicos medios a medios altos. Lo cual implica que es significativo el impacto de los sectores de bajos recursos que habitan viviendas de similares características tanto en dimensiones como en sistemas constructivos. La diferencia es que consumen menos y esto solo se puede lograr por menor tiempo de calefacción, menor superficie calefaccionada y por ende temperaturas medias interiores muy por debajo de un confort a 18°C . Entre otras posibles hipótesis.

4.2. Sobre la demanda media anual de gas en calefacción de viviendas

Dado que en la Argentina no hay obligatoriedad en el cumplimiento de las Normas que tenderían a regular la calidad térmica edilicia, se presentan tres escenarios distintos para mostrar la demanda media anual por unidad habitacional en el Área Metropolitana de Buenos Aires con acceso a gas natural por red.

a. La demanda de energía por unidad habitacional suponiendo que se encuentra en confort térmico dado por la Norma IRAM 11604 (18°C) a lo largo de 24 horas en todo el período frío calefaccionando el 90% de la superficie cubierta. La denominaremos **Argentina a**

b. La demanda de energía "real" que surge de auditorías energéticas realizadas a lo largo de 20 años en la región. Donde solo se calefacciona parte de la vivienda y la temperatura media interior es sensiblemente inferior y no alcanza el confort. Lo denominaremos **Argentina b**

c. La demanda de energía si la vivienda media cumpliera con la Norma IRAM 11604 sobre "Ahorro de energía en calefacción". Lo denominaremos **Argentina IRAM 11604**.

En la Figura 3 se muestra la comparación donde puede verse claramente que la vivienda media que representa a las más de 3,62 millones de viviendas del AMBA (CZAJKOWSKI; et Al, 2003) es un 28% ($0,32 \text{ kWh/m}^2 \text{ °D año}$) más ineficiente que una vivienda media española ($0,23 \text{ kWh/m}^2 \text{ °D año}$) y un 93% más ineficiente que una vivienda alemana ($0,023 \text{ kWh/m}^2 \text{ °D año}$).

Siempre tomando la vivienda media construida según los Códigos de Edificación vigentes en la región. Dado que en ninguna ciudad de la Argentina hay exigencias para regular la calidad térmica de la construcción podemos asumir a **Argentina a** como un valor medio nacional.

Pero en la misma figura se muestra **Argentina b** que es la misma vivienda media en su condición "real" de funcionamiento según surge de auditorías en el AMBA (CZAJKOWSKI; et Al, 2003) (ROSENFELD; et Al, 2003) y claramente se está consumiendo casi 1/3 de lo que necesitaría para mantenerse en lo que se denomina temperatura de termostato a 18°C .

¿Porque una diferencia de 0,11 a 0,32? Pues por múltiples razones entre las que se encuentra: imposibilidad económica de calefaccionar todos los ambientes que lleva a sectorizar la vivienda entre zona

de uso diurno y nocturno; confort higrotérmico, habiéndose medido temperaturas internas medias semanales entre 10 a 16°C; uso de sistemas de calefacción individuales ineficientes; solo se calefacciona mientras la vivienda está ocupada; uso de sistemas constructivos para muros, techos y vidriados de muy mala calidad térmica. Así la vivienda "real" con infraconsumo energético y confort higrotérmico se encuentra a solo un 27% de cumplir con las Normas IRAM si fueran de cumplimiento obligatorio.

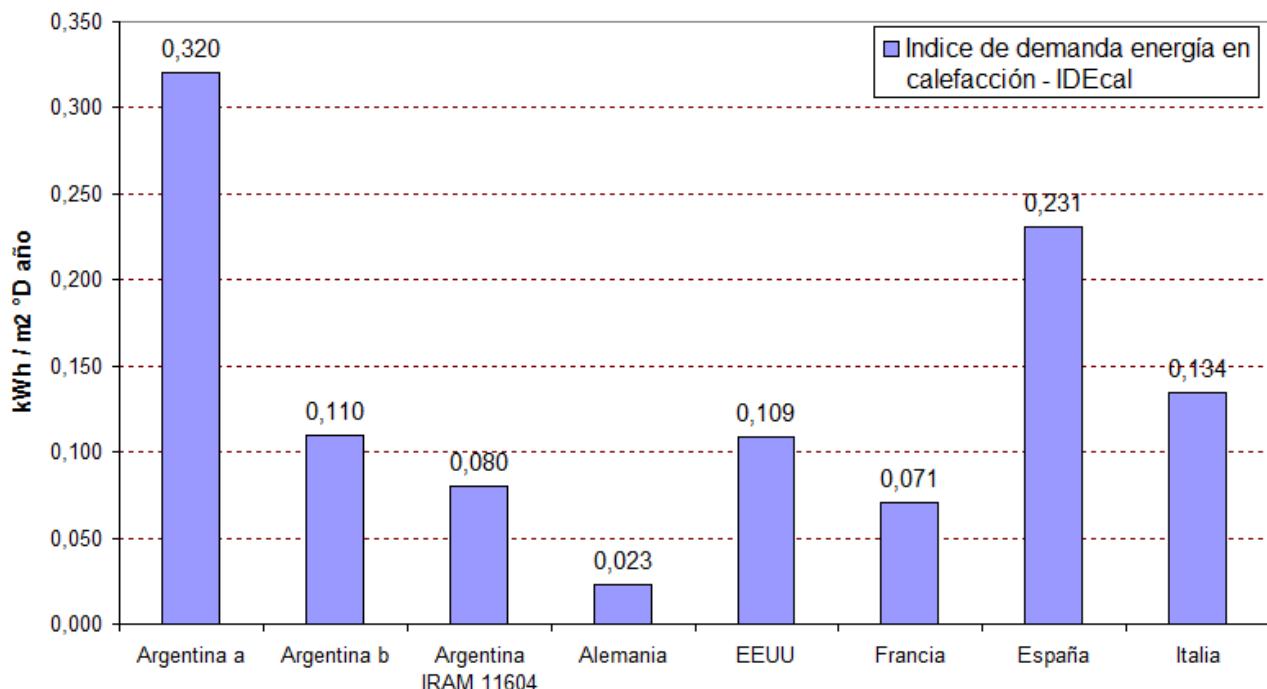


Figura 3: Comparación de la demanda de energía en viviendas tipo medios de Argentina y otros países.

Lograr hacer cumplir las Normas IRAM permitiría una reducción potencial de la demanda de energía en calefacción cercana al 27%, con el valor agregado de alcanzar el confort ahorrando energía, permitiendo ocupar la totalidad de la vivienda y *minimizando* la necesidad de utilizar sistemas de refrigeración en verano (CZAJKOWSKI; CORREDERA, 2003).

4.3. Comparación entre países:

Por lo expuesto no es sencillo comparar nuestra realidad con la de otros países donde las normas son de cumplimiento obligatorio. ¿Qué indicador utilizamos?

Argentina a es como se construye sin regulación térmica y es muy ineficiente respecto de países como Italia, Francia, EEUU o Alemania y un poco más cercana a las actuales exigencias de España. Si comparamos lo que una familia en una vivienda promedio demanda, **Argentina b**, es similar a EEUU, Italia, y mucho menos que España; pero distante de Alemania y Francia.

Si las Normas IRAM fueran de cumplimiento obligatorio en los 5 conglomerados urbanos más importantes del país, que contienen 4,58 millones de viviendas [INDEC 2001], la demanda sería similar a una vivienda francesa y mejor que una española, italiana y norteamericana aunque un 71% menos exigente que una vivienda alemana.

5. CONCLUSIONES

Hay gran resistencia a hacer de cumplimiento obligatorio las normas nacionales, sin debatir sobre los costos y beneficios que significaría su implementación. Por una parte se tendería en el tiempo a reducir la pendiente de la demanda permitiendo a las familias alcanzar el confort higrotérmico, hacer uso de la totalidad de la vivienda y que la factura de gas natural impacte menos en el presupuesto familiar.

Respecto a viviendas nuevas el sobrecosto no sería superior al 1 a 2,5% dependiendo de que las medidas de mejoramiento térmico sean aplicados a viviendas unifamiliares o multifamiliares (CZAJKOWSKI, et Al, 2008).

Dado que habría que introducir innovaciones en el modo de construir, llevaría a una mayor diversificación de la demanda de materiales, de capacitación de la mano de obra y profesionales, entre otros. Una vivienda bien aislada térmicamente reduce costos de mantenimiento ya que se evita el humedecimiento

de muros y techos logrando una mayor durabilidad en terminaciones. Es una espiral virtuosa que genera demanda y movimiento económico permitiendo ahorrar recursos energéticos no renovables.

Los indicadores elaborados facilitan la comparación de consumo real y consumo potencial de gas natural en calefacción. Permitiría facilitar la construcción de modelos de consumo de energía para que los entes de regulación puedan implementar políticas adecuadas para el ahorro de energía. Son un aporte más a los trabajos que se vienen realizando a fin de consensuar mecanismos y procedimientos de etiquetado energético de edificios en el mediano plazo.

6. REFERENCIAS

- ASDRUBALI, F.; BONAUT, M.; M. BATTISTI, M. VENEGAS. *Comparative study of energy regulations for buildings in Italy and Spain*. Energy and Buildings 40 (2008) 1805–1815 {Italia y España}
- CSTB, Reglementation Thermique 2005, 2005
- CTE - Código Técnico de Edificación España. Marzo 2006.
- CZAJKOWSKI, J.; CORREDERA, C.; SAPOSNIK, M. (2003) *Análisis de la relación entre demanda de gas natural en calefacción según “EnergoCAD” y consumos reales en viviendas unifamiliares del gran La Plata*. En Avances en energías renovables y medio ambiente. Edit. INENCO-UNSa, Salta. ISSN 0329-5184. Vol: 7, Tomo 1, 6 Pág. [en: www.asades.org.ar]
- CZAJKOWSKI, C. DISCOLI, C. CORREDERA y E. ROSENFELD. (2003). *Comportamiento energético ambiental en viviendas del gran La Plata*. En Avances en energías renovables y medio ambiente. Edit. INENCO-UNSa, Salta. ISSN 0329-5184. Vol: 7, Tomo 1, 6 Pág. [en: www.asades.org.ar]
- CZAJKOWSKI, J. y CORREDERA C. (2007) *Ahorro de energía en refrigeración de edificios para viviendas y propuesta de indicadores de eficiencia y valores admisibles*. Avances en energías renovables y medio ambiente. Edit. INENCO-UNSa, Salta. ISSN 0329-5184. Vol: 10, Tomo 1, Pág. [en: www.asades.org.ar]
- CZAJKOWSKI, J.; GÓMEZ, A. y BIANCIOTTO, M.G. (2008) *Comportamiento térmico de viviendas sociales mediante incorporación de mejoras de diseño en la envolvente*. Avances en energías renovables y medio ambiente. Edit. INENCO-UNSa, Salta. ISSN 0329-5184. Vol: 12, Tomo 1, Pág. [en: www.asades.org.ar]
- Decreto Italiano no. 192/05. (modificado por Decreto no. 311/06)
- ENARGAS - Ente Nacional Regulador del Gas, Argentina. [<http://www.enargas.gov.ar>]
- HEIPLE Shem, SAILOR David J. *Using building energy simulation and geospatial modeling techniques to determine high resolution building sector energy consumption profiles*. Energy and Buildings 40 (2008) 1426–1436. {EEUU}
- INDEC - Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. *Censo Nacional de Población y Vivienda. Viviendas, hogares y hábitat*. [http://www.indec.gov.ar/principal.asp?id_tema=75]
- IRAM, Instituto Argentino de Normalización. Normas 11601, 11603, 11604, 11605, 11625, 11630, 11659-1-2 [<http://www.iram.org.ar>]
- MAIER, T., KRAZACZRK, M., J. TEJCHMAN, J. *Comparison of physical performances of the ventilation systems in low-energy residential houses*. Energy and Buildings 41 (2009) 337–353 {Alemania}
- PREDAC project. Guide for a Building Energy Label.
- ROSENFELD, E; DISCOLI, C.; MARTINI, I.; CZAJKOWSKI, J.; SAN JUAN, G.; BARBERO, D.; FERREYRO, C.; CORREDERA, C.; DIAZ, C. (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*. En Avances en energías renovables y medio ambiente. Edit. INENCO-UNSa, Salta. ISSN 0329-5184. Vol: 7, Tomo 1, 6 Pág. [en: www.asades.org.ar]
- ROSENFELD, E. & CZAJKOWSKI, J. (1992). *Catálogo de tipologías de viviendas en el área metropolitana de Buenos Aires. Su funcionamiento energético y bioclimático*. Edit FAU-UNLP. La Plata, Argentina.
- TIBERIU Catalina, VIRGONE Joseph, BLANCO Eric. *Development and validation of regression models to predict monthly heating demand for residential buildings*. Energy and Buildings 40 (2008) 1825–1832 {Francia}