

EFICIENCIA ENERGÉTICA: ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE DOS VIVIENDAS CONVENCIONALES

S. Mesquida¹, I. Blasco Lucas²

Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat (IRPHA) – Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño (FAUD).
Universidad Nacional de San Juan (UNSJ) – Av. Ignacio de La Roza y Meglioli – 5400 San Juan – Argentina
Tel.: +54 (0)264 423 2395 / 3259 Int. 318 – Fax: +54 (0)264 423 5397
E-mail: mesquidasabrina@hotmail.com, iblasco@faud.unsj.edu.ar

Recibido:20-04-10; Aceptado:10-05-10.

RESUMEN.- Se realiza un análisis comparativo del consumo energético de dos viviendas convencionales, una tipo estatal ampliada (FONAVI) y otra construida por inversores privados en la ciudad de San Juan, Argentina, aplicando el método socio-técnico, que combina datos cuantitativos y cualitativos con el fin de considerar los hábitos de los usuarios. Para la parte cuantitativa fueron procesados los registros diarios de consumo eléctrico y de gas en 3 campañas ejecutadas durante verano e invierno respectivamente, y calculadas las cargas e índices de calefacción y refrescamiento conforme Normas IRAM. El aspecto cualitativo se abordó al finalizar cada estación mediante una encuesta semi-abierta efectuada a cada habitante, que fue elaborada específicamente para este estudio. La contrastación de ambos análisis sintetiza la relación “consumo-uso” de cada Caso, evidenciando que para lograr eficiencia energética en viviendas convencionales existentes es imperativo re-educar a los usuarios y mejorar tanto la envolvente edilicia como el equipamiento de climatización.

Palabras claves: eficiencia energética, consumo-uso, socio-técnico, viviendas convencionales, análisis comparativo

ENERGY EFFICIENCY: A COMPARATIVE ANALYSIS BETWEEN TWO CONVENTIONAL HOUSES

ABSTRACT.- It has been performed a comparative analysis of energy consumption of two conventional homes, an expanded state-like (FONAVI) and another built by private investors in the city of San Juan, Argentina, using the socio-technical approach, which combine quantitative and qualitative data in order to consider the user's habits. For the quantitative part were processed daily records of gas and electric consumption in three campaigns carried out during summer and winter respectively, and also calculated the heating and cooling loads and rates under IRAM Standards. The qualitative aspect was developed at the end of each season through a semi-open inquire to every inhabitant, specifically designed for this study. The comparison of both analyses summarizes the relationship "consumption-use" of each Case, showing that is imperative re-educate users and also improve the building shell as well as the air conditioning equipment for achieving energy efficiency in existing conventional homes.

Keywords: energy efficiency, consumption-use, socio-technical, conventional housing, comparative analysis.

1.- INTRODUCCIÓN

Gran parte de las emisiones de carbono son provocadas por el parque construido, por lo cual se considera que la arquitectura juega un rol muy importante al momento de proponer recursos alternativos para disminuir el impacto producido al medioambiente. Se estima que el 4,5 de 6 billones toneladas de carbono emitido en el mundo por las actividades humanas proviene de los países industrializados. Aproximadamente la mitad de estas emisiones proviene de las construcciones; pero si éstas tuvieran en cuenta el uso eficiente energético se podrían reducir un 60%, es decir se disminuirían 1,35 billones de toneladas de carbón. (Ibarra 2007).

Un estudio realizado por el autor antes referenciado para el IMEI (Instituto Mexicano de Energía Eficiente), afirma que en el ámbito latinoamericano los edificios consumen: 40% de toda la energía y 71% de toda la electricidad, 12% del agua fresca y 88% del agua potable, 40% de toda la madera, acero, y otros materiales como también vastas superficies de terreno. Es decir; los edificios contribuyen entre 40-50% de las emisiones de Gases Invernadero (GHG) y crean el 65 % de desechos sólidos. Además se estima que podrían ser reciclados entre el 90-95% de los desperdicios de construcción y demolición. Finalmente, expresa que 3/4 del costo total en el ciclo de vida de los edificios ocurren después de haber sido terminada la construcción, teniendo en cuenta una vida útil promedio de 40 años.

A su vez, en un análisis global ha sido demostrado que “mediante la aplicación de algunos principios de la arquitectura sustentable en el sector residencial de

1. Becaria Doctoral CONICET (Tipo I).
2. Investigadora UNSJ Categoría I.. Proyectos PIC 21/A813 (UNSJ) y PICT 06-00956 (FONCYT).

Argentina -con una fuerte promoción, regulación y control- se podrían reducir los consumos energéticos y las emisiones de CO₂ asociadas del Sector en un 76%, significando un fuerte impacto en el balance energético-ambiental nacional con un ahorro del orden del 16%" (Blasco Lucas, 2008).

Esta realidad global y nacional, incide negativamente de manera directa en todos los lugares del planeta, y a medida que crece la conciencia de su importancia, los gobiernos implementan programas paliativos, la mayoría promovidos mediante acuerdos internacionales (Protocolo de Kyoto, y a partir de 1992). En el caso específico de San Juan, Argentina, a partir del año 2008 el Gobierno provincial comenzó a divulgar por medios masivos de comunicación, campañas educativas para optimizar el ahorro energético en viviendas, explicando la relevancia del cambio de algunos hábitos, y emprendiendo una campaña conjuntamente con la empresa Energía San Juan S.A. a través de la cual se entregaba gratuitamente, una lámpara de bajo consumo a cambio de una incandescente por vivienda (folleto N° de serie 1236). Otra fuerte campaña apuntando al cuidado de la energía mediante los hábitos de los moradores surgió a partir de la infructuosa experiencia del cambio de uso horario realizado en el periodo estival de 2007/2008, lo cual llevó a que en el periodo 2008/2009 se decidiera no participar en tal propuesta nacional, con el compromiso de hacer un uso mesurado de la energía especialmente de 21 a 22 hs., bajo el lema: "la hora no se cambia, tu actitud sí" (Diario de Cuyo durante 11/2008).

Esta preocupación energética recayó en un primer aumento de la tarifa eléctrica para los consumos elevados (Diario de Cuyo, 01/11/2008). En febrero de 2009 se informó que cesaba el subsidio nacional a quienes consumiesen mensualmente más de 1000 kWh, cantidad que la mayoría de los sanjuaninos superaba (Diario de Cuyo, 02/02/2009). Tales acciones generaron una fuerte reacción social viéndose forzada la Nación a continuar con el subsidio. Por otro lado, en tan solo 5 años, la energía en San Juan aumentó 6 veces su valor (Diario de Cuyo, 08/11/2008). En esta Provincia, se prepara actualmente un programa de instalación de paneles fotovoltaicos, principalmente en viviendas de construcción masiva. Por lo argumentado en párrafos anteriores, dicha medida carecería de sentido si paralelamente no se contemplasen mejoras tanto de diseño y tecnológicas de la envolvente y del equipamiento, como de los hábitos de los usuarios, motivo por el cual se aborda la presente investigación que pretende aportar un diagnóstico a partir del análisis de dos casos convencionales representativos.

El trabajo se realiza a partir del análisis de antecedentes en el tema, tanto internacionales (Isaksson y Karlsson, 2006; Paul y Taylor, 2008; Müller y Schlenger, 2008; ASHRAE Standards, 2001 y 2004), como nacionales (Filippín et al. 1996, 2001, 2004; Martínez et al., 2002; Blasco Lucas, 2000, 2004, 2005, y 2007; Sulaiman y Blasco Lucas, 2009; Mesquida y Blasco Lucas, 2010; Normas IRAM, 1996, 2001, 2002, 2004 y 2007).

2. METODOLOGÍA

Para el análisis se aplicó el método socio-técnico que enfatiza la *observación e interpretación de significados* de los resultados cuali-cuantitativos obtenidos, por considerarlo el más apropiado a los fines del trabajo, ya que el usuario tiene una fuerte incidencia en el consumo energético, tal como lo demuestran las investigaciones antes referenciadas.

La técnica empleada para el trabajo es la de estudio de Casos -en esta instancia dos en total- los cuales fueron seleccionados por su carácter representativo de tipos bien diferenciados de viviendas construidas principalmente en zonas suburbanas de la ciudad de San Juan. Uno corresponde al grupo de inversores privados y el otro al estatal (Instituto Provincial de la Vivienda: IPV).

El procedimiento se realizó en tres partes. La primera abordó los aspectos puramente técnicos de cada Caso, tales como el cálculo de índices energéticos mediante el modelo KG-MOD (Blasco Lucas, 2007) que aplica los métodos indicados en las Normas IRAM 11601 (2002), 11603 (1996), 11604 (2001) 11959-1 (2004) y 11659-2 (2007), y el monitoreo del consumo diario de electricidad y gas registrado por los medidores de las empresas distribuidoras durante la temporada invernal y estival, como también mediciones higrotérmicas y lumínicas a través de dataloggers HOBOS. Este último aspecto permitió constatar las condiciones de confort real en cada Caso y los resultados específicos han sido publicados en artículo anterior (Mesquida y Blasco, 2010). La segunda parte abarcó aspectos sociales, mediante una encuesta realizada a los moradores, la cual fue elaborada utilizando como referencia los trabajos de Blasco Lucas, et. al. (2000), Isaksson y Karlsson (2006), y Paul y Taylor (2008), con el objeto de determinar los hábitos de los usuarios que influenciaron en el desempeño energético de las viviendas. Finalmente, la tercera parte consistió en relacionar los resultados cuantitativos de la primera con los cualitativos de la segunda, para develar la importancia relativa de los aspectos físicos y sociales asociados específicamente al comportamiento energético de los Casos de estudio.

3. CASOS DE ESTUDIO

Ambos Casos están ubicados en áreas residenciales suburbanas de similares características edilicias del sector Sudeste de la ciudad de San Juan, en el Departamento Capital, próximas al anillo de la avenida de circunvalación. En la Fig. 1 se muestra su localización, designadas como C1 (Inversor Privado) y C2 (FONAVI ampliada). Las coordenadas geográficas de la ciudad son: latitud -31° 30', longitud -68° 3' y asnm 650 m. En tabla 1 se describen características generales de cada Caso.

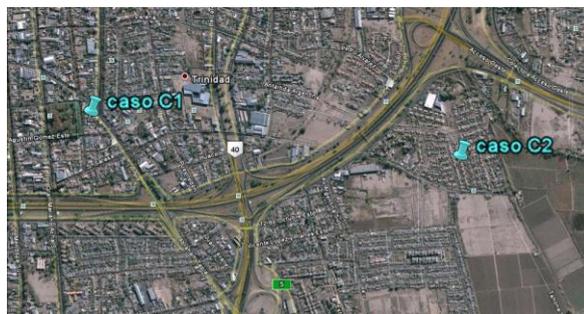


Fig. 1. Ubicación de los Casos C1 y C2. (Google Earth).

3.1. Caso C1

Todos los muros de C1 son de ladrillón revocado en ambas caras, terminados al yeso en el interior ($K= 2,39 \text{ W/m}^2\text{°C}$). La losa de planta alta ($K= 0,55 \text{ W/m}^2\text{°C}$) es de viguetas de H° pretensado y ladrillo cerámico, con una aislación térmica de granulado volcánico de 8 cm de espesor. El núcleo

resistente de la losa de planta baja es igual a la anterior, pero carece de aislación térmica contando con carpeta cementicia y piso cerámico ($K= 1,31 \text{ W/m}^2\text{°C}$). El piso de planta baja (PB) tiene esta misma terminación sobre contrapiso de 8cm de hormigón ($K= 1,97 \text{ W/m}^2\text{°C}$). Las puertas son de madera de pino ($K= 2,29 \text{ W/m}^2\text{°C}$), y las ventanas de aluminio ($K= 5,88 \text{ W/m}^2\text{°C}$), con vidrio de 3 mm ($K= 5,75 \text{ W/m}^2\text{°C}$). La Figura 2 esquematiza la ubicación del equipamiento para calefacción y refrigeración en ambas plantas de la vivienda.

Tabla 1. Características generales de cada Caso.

Superficie cubierta (m ²)	C1		C2	
PB	144.07		119.75	
PA	68.9			
Total	212.97		119.75	
Moradores	Cantidad	Edad /sexo	Cantidad	Edad /sexo
Adultos	2	33 / masculino	2	72 / femenino
		30 / femenino		50 / femenino
Niños	1	2 / femenino		
Fachada orientada al:	Oeste		Noroeste	

registrados cada 30 minutos durante períodos de 12 días (288hs.) en 3 campañas de invierno y 3 de verano (Tabla 2). En las Figs. 2 y 3 se indican la ubicación de dataloggers y medidores de consumo de gas y de electricidad. Mediante estos últimos se hicieron lecturas diarias, y las estadísticas obtenidas se sintetizan en las Tablas 3 y 4. Por otro lado, las Figuras 4 y 5 comparan respectivamente los consumos eléctricos y de gas totales de los períodos de monitoreo de ambos Casos, donde se puede apreciar notables diferencias entre C1 y C2.

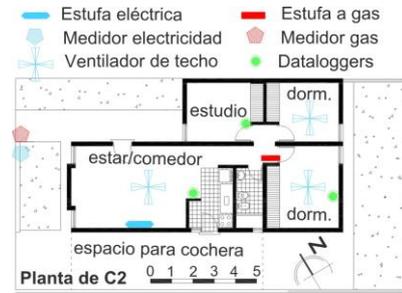


Fig. 3. Ubicación de los equipos de climatización en el Caso 2

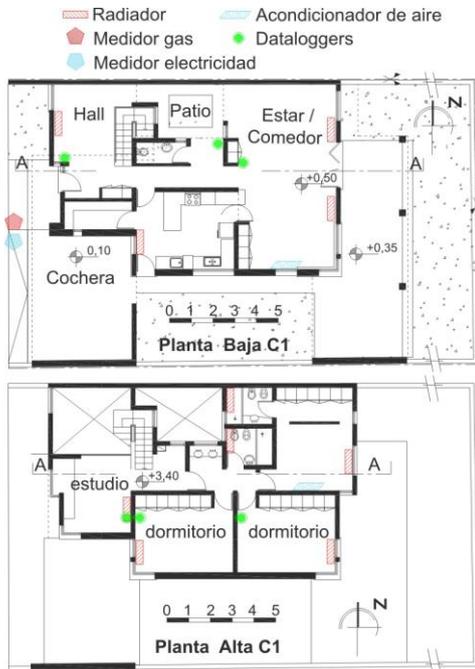


Fig. 2. Ubicación del equipamiento de climatización en el Caso 1.

3.2. Caso C2

Los muros de C2 son de mampostería de ladrillón revocado solo en el interior ($K= 2,27 \text{ W/m}^2\text{°C}$). El techo ($K= 1,19 \text{ W/m}^2\text{°C}$) es a dos aguas, de machimbre aislado térmicamente con 2,5 cm de lana de vidrio protegida por teja. El piso es igual al de C2 en PB, como también las puertas. Las ventanas son de chapa ($K= 5,82 \text{ W/m}^2\text{°C}$) con vidrios de 3mm de espesor. La Figura 3 muestra esquemáticamente la ubicación de los equipos de climatización en la planta de C2.

4.- ANÁLISIS CUANTITATIVO

4.1. Cuantificación Empírica.

Se llevaron a cabo simultáneamente en ambos Casos, mediciones de parámetros higrotérmicos y lumínicos

Tabla 2. Campañas de medición..

Campaña	Invierno				Campaña	Verano			
	Mes	Día Inicio	Día Final	Año		Mes	Día Inicio	Día Final	Año
1	Junio	16	28	2008	4	Diciembre	3	15	2009
2	Julio	14	26		5	Enero	1	13	
3	Agosto	14	26		6	Febrero	1	13	

Tabla 3. Estadísticas del consumo diario de electricidad (kWh) de ambos Casos en los períodos de monitoreo

Período	Mes	Consumo eléctrico diario (kWh)					
		C1			C2		
		Max	Min	Prom	Max	Min	Prom
Invernal	Junio	8.00	5.30	6.43	17.70	7.40	11.95
	Julio	9.00	5.00	7.00	12.40	4.10	8.43
	Agosto	6.33	3.00	5.29	5.65	4.40	5.28
	total	9.00	3.00	6.24	17.70	4.10	8.56
Estival	Diciembre	17.33	2.00	11.46	4.70	3.95	4.39
	Enero	13.42	7.90	10.29	5.25	3.77	4.27
	Febrero	16.90	10.00	12.00	5.65	3.65	4.73
	total	17.33	2.00	11.25	5.65	3.65	4.46

Tabla 4. Estadísticas del consumo diario de gas (m³) de ambos Casos en los períodos de monitoreo

Período	Mes	Consumo gas diario (m ³)					
		C1			C2		
		Max	Min	Prom	Max	Min	Prom
Invernal	Junio	7.46	5.10	6.65	11.21	10.56	10.72
	Julio	18.92	5.00	13.69	16.90	4.10	9.62
	Agosto	10.23	5.55	6.80	13.21	7.16	9.73
	total	18.92	5.00	9.05	16.90	4.10	10.02
Estival	Diciembre	1.35	0.78	0.85	1.65	0.77	1.23
	Enero	1.35	0.78	0.94	1.26	0.94	1.10
	Febrero	1.08	0.70	0.88	1.43	0.82	1.06
	total	1.35	0.70	0.89	1.65	0.77	1.13

El consumo de electricidad de C1 durante el periodo estival triplica el de C2 (Fig. 4), debido principalmente a las instalaciones de refrescamiento, que en el primer Caso son usadas en forma continua y consiste en dos equipos de aire acondicionado, mientras que en el segundo sólo cuentan con

3 ventiladores de techo. En cambio, el consumo de energía eléctrica en invierno es superior en un 28% en C2 con respecto a C1, causado fundamentalmente por su sistema de calefacción mediante estufa eléctrica en el Estar, que complementa el de gas existente en el pasillo de los dormitorios.

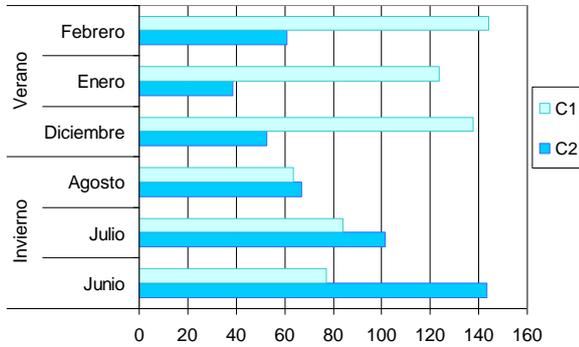


Fig. 4. Comparación entre el consumo eléctrico total (kWh) de C1 y C2 acumulado en cada campaña de monitoreo.

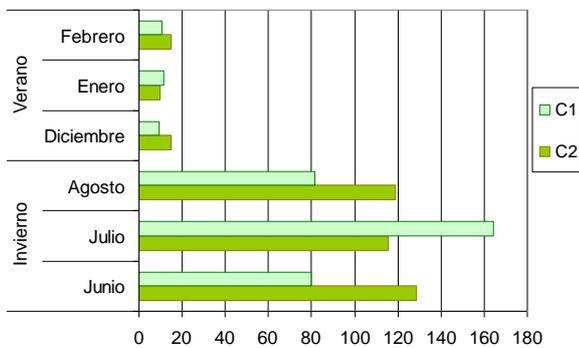


Fig. 5. Comparación entre el consumo total de gas natural (m³) de C1 y C2 acumulado en cada campaña de monitoreo.

Por otro lado, el consumo de gas natural en invierno en ambas viviendas es similar (Fig. 5), más constante en C2 que en C1, que duplica su consumo en el mes de julio. Teniendo en cuenta que el sistema de calefacción en C1 es por radiadores de agua y climatizan el doble del volumen de C2, se puede considerar que el mismo es más eficiente.

Los consumos de gas natural en verano de los dos Casos son bastante parejos, pues son ocasionados por el uso de equipos domésticos no destinados a climatización de ambientes -que serían sensibles a la diferencia de tamaño entre ambos- pero que está asociado a los hábitos de 2 adultos, cantidad de habitantes que posee cada Caso.

4.2. Cuantificación Analítica

La cuantificación analítica térmico-energética se realiza aplicando el modelo KG-MOD (Blasco Lucas, 2008), el cual además de tener en cuenta los procedimientos recomendados para este fin por las Normas IRAM correspondientes, permite determinar otros índices interesantes tales como los factores de forma volumétrico y superficial, los valores absolutos y relativos de masa térmica interior, exterior, y En la Figura 4 se comparan el volumen relativo de masa exterior (volumen total de muros dividido en el volumen total de la vivienda), la superficie relativa de ventanas

respecto a los muros (coeficiente de fenestración) y la carga anual de calefacción (Qcal) de ambos Casos. Se observa que si bien C1 posee un menor volumen relativo de masa térmica y duplica la superficie relativa de ventanas, tiene aún una Qcal 2 MWh menor que C2. C1 tiene un factor de forma superficial menor que C2, y aún siendo el volumétrico 0.14 m⁻¹ mayor, la diferencia relativa del coeficiente volumétrico de calefacción respecto al valor admisible ((Gcal adm - Gcal) / Gcal adm) resulta un 53% menor y mejora en 9 veces la de C2, como se muestra en la Figura 5.total, como también los coeficientes de fenestración en base a la superficie de muros y de envolvente total.

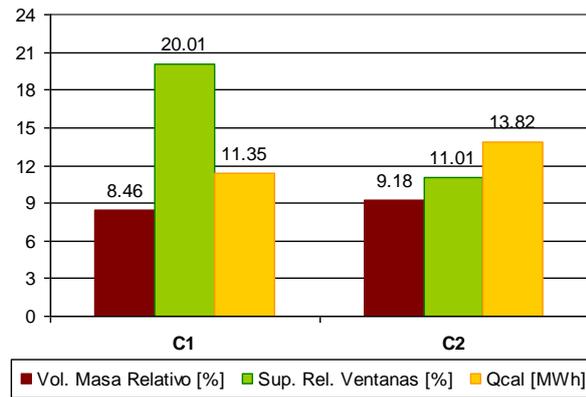


Fig. 4. Carga térmica por calefacción (Qcal: MWh) relacionada con valores relativos de volumen de masa y superficie de ventanas.

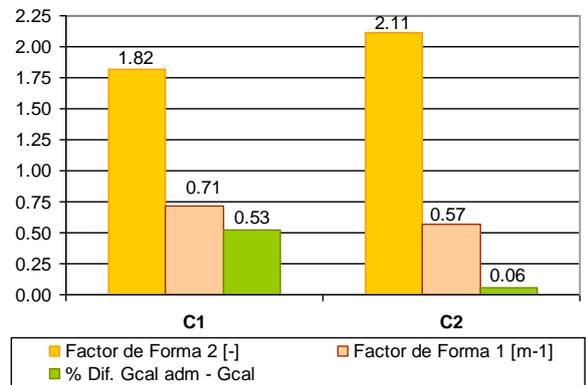


Fig. 5. Relación entre factores de forma y diferencia relativa del coeficiente volumétrico de calefacción (%) respecto del admisible.

En función de lo observado en Fig. 5, se analiza de manera aislada la relación entre el coeficiente volumétrico de calefacción y el correspondiente admisible para cada Caso (Figura 6), donde se constata que C1 tiene un Gcal menor a la mitad de C2 y es 0.76 W/m³°C menor que Gcal adm respectivo, mientras que el coeficiente de C2 resulta sólo 0.10 W/m³°C menor. De esta forma, ambos Casos se ubican por debajo de los valores recomendados, cumpliendo la normativa vigente.

Considerando el coeficiente volumétrico de refrigeración (Gr) sin tener en cuenta ganancias solares e internas, y comparándolo con el admisible, ambos Casos permanecen por debajo y muy cerca del valor indicado por Norma. Sin embargo, al adicionar las cargas antes omitidas, C1 prácticamente duplica el admisible y el incremento en C2 representa un 27% del mismo (Figura 7).

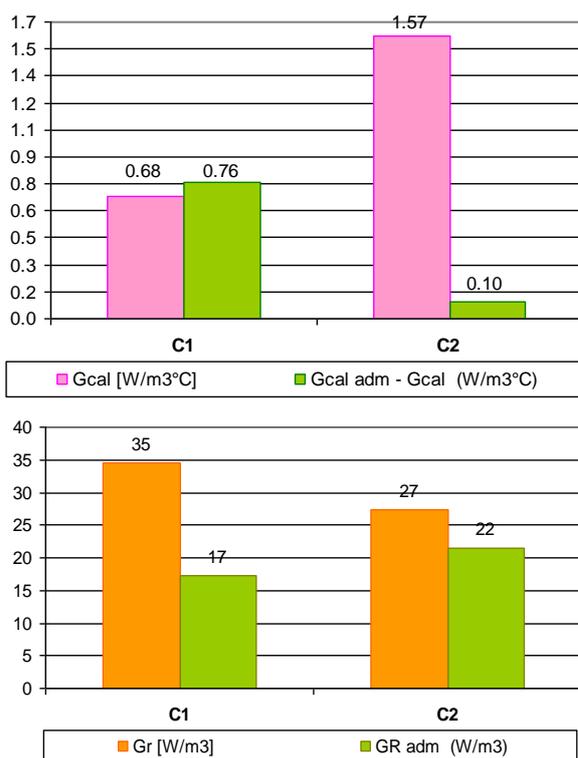


Fig. 7. Comparación entre Gr y GR adm considerando ganancias solares e internas.

Tabla 5. Características del equipamiento y cantidad de horas de uso diario en cada estación.

Fuente	Caso	C1						C2						
		Equipo	Cant	Ubicación	Consumo	Rendimiento	Uso diario (hs)		Cant	Ubicación	Consumo	Rendimiento	Uso diario (hs)	
							Invierno	Verano					Invierno	Verano
Electricidad (Wh)	Electrodomésticos	heladera con freezer	1	cocina	240	0.8	10.00	14.00	1	cocina	360	0.80	10.00	14.00
		lavarropas	1	cocina	300	0.8	2.00	3.00	1	lavadero	300	0.80	2.00	2.20
		secarropas							1	lavadero	385	0.80	0.05	0.00
		horno grill							1	cocina	1300	0.80	0.10	0.10
		minipimer							1	cocina	300	0.80	0.05	0.05
		calentador de agua	1	cocina	2400	0.8	0.50	0.25	1	cocina	2400	0.80	0.10	0.05
		juguera eléctrica							1	cocina	20	0.80	0.05	0.05
		procesadora	1	cocina	200	0.8	0.10	0.00	1	cocina	200	0.80	0.05	0.05
		microondas	1	cocina	1500	0.8	0.25	0.00						
		plancha	1	cocina	700	0.8	0.35	0.25	1	comedor	700	0.80	0.20	0.20
	Entretenimiento	equipo de audio							1	estar	150	0.80	6.00	8.00
		TV32"	1	estar	300	0.8	12.00	8.00	1	comedor	300	0.80	7.00	4.00
		notebook	1	estar	45	0.8	2.00	1.00	1	dormitorio	300	0.80	0.05	1.00
	Otros	secador de pelo	1	baño	790	0.8	0.10	0.00	1	baño	790	0.80	0.05	0.05
		máquina de cesped	1	patio	645	0.8	0.25	0.55	1	patio	645	0.80	0.00	0.05
		máquina de cocer							1	estudio	1300	0.85	0.05	0.00
	Iluminación	lámpara bajo consumo	3	baño	15	0.9	1.00	1.00	2	baño	15	0.90	1.00	1.00
			1	pasillo	15	0.9	12.00	8.00	2	estar	15	0.90	9.00	7.00
			2	exterior	15	0.9	5.00	3.00	2	exterior	15	0.90	13.00	9.00
		lámpara fluorescente								1	patio	120	0.90	0.30
									2	cocina	120	0.90	7.00	5.00
lámpara incandescente	3	estar	100	0.9	9.00	7.00	1	estudio	75	0.90	2.00	0.30		
	3	cocina	60	0.9	7.00	5.00	4	dormitorio	60	0.90	2.00	1.00		
	3	dormitorio	100	0.9	2.00	1.00	1	estar	100	0.90	9.00	7.00		
Climatización	ventilador							1	estar	50	0.80	0.00	9.00	
								1	dormi	50	0.80	0.00	7.00	
								1	dormi	50	0.80	0.00	7.00	
	aire acondicionado	1	estar	2640	0.75	0.00	9.00							
	1	dormi	830	0.75	0.00	8.00								
estufa							1	comedor	1500	0.75	9.00	0.00		
Gas (m³)	Climatización	radiación por agua (caldera, autom.)	10	todos los ambientes	1399	0.8	24.00	0.00						
		calefactor							1	pasillo	212	0.50	24.00	0.00
Servicios	Horno	1	cocina	226	0.8	0.50	0.10	1	cocina	226	0.80	0.30	0.10	
	Hornallas	4	cocina	106	0.8	0.50	0.50	4	cocina	106	0.80	1.30	1.00	
	caldera/termotanque	1	estudio	1399	0.8	0.10	0.50	1	lavadero	6000	0.80	0.20	0.20	

5. ANÁLISIS CUALITATIVO

La encuesta elaborada para el análisis cualitativo del aspecto energético guarda estrecha relación con la aplicada para el análisis del aspecto higrotérmico-lumínico y se compone también de los mismos 4 campos (A-Demográfico, B-De Opinión, C-Focalizado, D-Descriptivo). Por ello, se detallan aquí tan sólo aquellos ítems adicionales que se relacionan específicamente con el objetivo del presente trabajo, los cuales se encuentran en el campo B y consisten en las preferencias al momento de equipar la vivienda en relación al costo-consumo-rendimiento en lo referido a calefacción, refrigeración, iluminación, etc., y en el campo C, en lo relativo a la cantidad y tipo de equipamiento electrodoméstico, como también la frecuencia y horario habitual de su uso. Los datos correspondientes a esta última parte se sintetizan en la Tabla 5. Para poder definir con mayor precisión aquellos hábitos y/o tecnologías que generan el mayor gasto energético, se tuvo especial cuidado en procesar los datos obtenidos del campo C, relacionando de manera directa horas de uso de los distintos artefactos de ambas fuentes (electricidad y gas), con el consumo respectivo, agrupados según tipo de prestaciones que ofrecen (electrodomésticos, entretenimiento, iluminación, climatización, servicios y otros). En base a la Tabla 5 se obtuvieron porcentajes de uso diario de cada grupo (Figura 8).

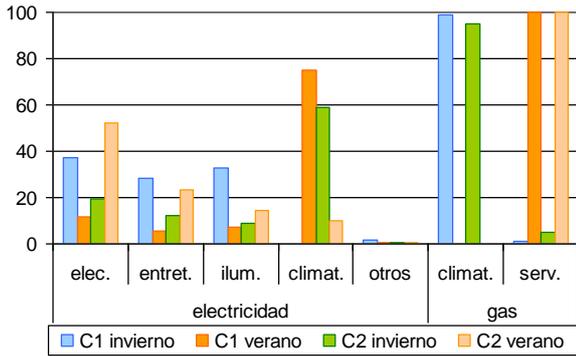


Fig. 8. Porcentajes de uso diario por estación y tipo de prestación.

Los ítems relativos a la percepción de confort en la encuesta, permitieron conocer que los dos moradores de C1, experimentaron bienestar higrotérmico y lumínico en ambas estaciones del año, sólo uno de ellos (30 años) manifestó sentir deslumbramiento en verano. A la vez, los moradores de C2 estuvieron próximos al bienestar en invierno, pero uno de ellos (72 años) expresó que percibía el estar algo frío y oscuro, y ambos habitantes declararon encontrar la vivienda muy calurosa durante el día en verano, principalmente en la cocina, que cuenta con poca ventilación e iluminación natural.

6. ANÁLISIS CUALI-CUANTITATIVO

El porcentaje de uso de los distintos artefactos por tipo de prestación (Fig. 8) permite relacionar la información obtenida del análisis cuantitativo con la del cualitativo. Para realizar la extrapolación estacional, se aplican estos valores relativos a los datos empíricos de los consumos obtenidos por las mediciones, a través de la siguiente ecuación:

$$CP_{ijk} = CM_{ij} \cdot P_{ijk} \quad (1)$$

Donde:

CP: Consumo energético parcial

CM: Consumo medido total

P: Porcentaje

i: estación

j: fuente energética (electricidad o gas)

k: grupo de prestación

El CM representa el consumo de 36 días en cada estación, registrados en 3 grupos de 12 días por mes (Fig. 9), correspondiendo cada grupo a una campaña de medición.

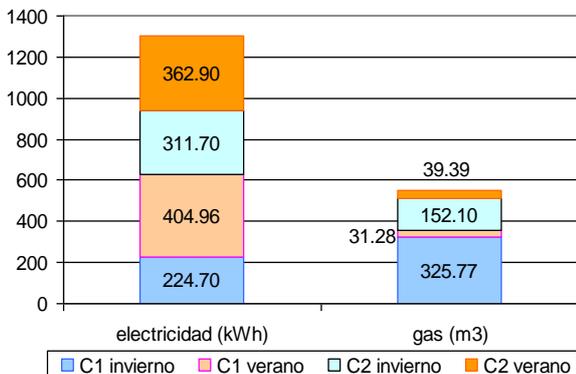


Fig. 9. Total de consumos estacionales medidos (CM).

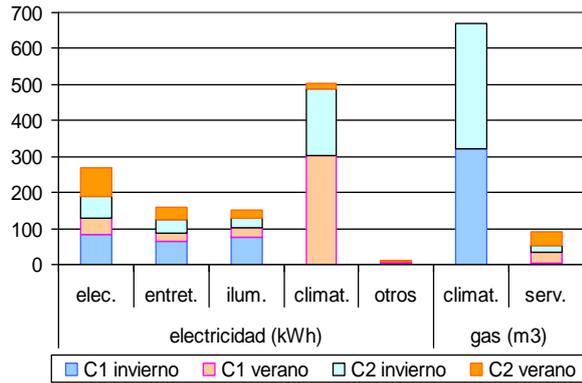


Fig. 10. Consumos estacionales por grupo de prestación.

Los resultados obtenidos aplicando la ecuación 1 para cada Caso pueden visualizarse en la Figura 10, y reflejan los respectivos hábitos estacionales de los moradores.

En C1, el 99,1 % del consumo de gas natural es utilizado por el sistema de calefacción en invierno, y en verano el gas solo es usado para los servicios en una pequeña proporción. El sistema de refrigeración es el responsable del 74,75% del consumo eléctrico en verano, seguido por 11,61% de electrodomésticos, 7,19% de iluminación y el resto en entretenimiento y otros. En invierno el consumo eléctrico aminora considerablemente, concluyendo en un 36,97% generado por el uso de electrodomésticos, seguido por un 33% en iluminación, un 28,19% en entretenimiento y el resto en otros.

Por su parte, C2 utiliza el 95,11 % de gas natural para calefacción en invierno y el resto es consumido para servicios, lo cual implica una mayor participación de éstos en comparación con los hábitos de C1. En verano sucede lo mismo que en C1, el gas es poco utilizado y solamente para los servicios. En verano, el mayor consumo eléctrico en este caso se produce por el uso de electrodomésticos con un 52,24%, seguido por un 23,06% correspondiente a entretenimientos, un 14,26 % para iluminación, quedando en últimos lugares climatización y otros. Cabe resaltar en este caso que el sistema de climatización, materializado por ventiladores de techo, es utilizado la mayor parte del tiempo pero su consumo es bajo.

Aún así el consumo energético de C1 en verano, supera más de tres veces el valor del consumo en C2, generado en un 90% por el sistema de climatización que presenta C1 (aire acondicionado). En cuanto al consumo eléctrico de C2 en invierno, se observa que el porcentaje más alto se produce en climatización con un 59,03%, ya que sus moradoras utilizan una estufa eléctrica en el Estar. Menor porcentaje corresponde a electrodomésticos con un 19,49%, seguido por entretenimientos con un 12,36%, y el resto en iluminación y otros.

Cabe hacer una serie de observaciones con los datos aquí expuestos. En primer lugar, el hecho de que C2 insuma la mayor parte de energía en electrodomésticos condice con el tipo de alimentación que declararon tener en las encuestas. Esta se caracteriza por ser en base a verduras, las cuales requieren mayor tiempo de cocción y elaboración que las carnes, siendo esta la base alimenticia de C1.

Por otro lado, en C2 la mayor parte de su iluminación es bajo consumo y/o tipo fluorescente (a diferencia de C1 que la mayoría es incandescente) lo cual produce un menor consumo energético, permaneciendo la prestación iluminación en penúltimo lugar. Pero esto no implica un menor uso, ya que los usuarios declararon considerar esta vivienda oscura y según sus respuestas a las encuestas, las luces se encuentran la mayor parte del día encendidas.

Finalmente, en invierno el hecho de que el gasto en energía para climatización se ubique en un tercer lugar en C2, y que en C1 corresponda un uso nulo, se debe a que se utiliza una estufa eléctrica como refuerzo de calefacción al sistema de gas natural. Teniendo en cuenta que en este periodo C2 consume un 28% más de electricidad que C1, se manifiesta el sistema de calefacción como el responsable de este incremento.

7. CONCLUSIONES

La eficiencia energética en viviendas convencionales existentes resultará difícil de alcanzar sin una re-educación de sus usuarios y una mejora tanto de la piel envolvente como del equipamiento de climatización, ya que en la mayoría de los casos será imposible realizar las modificaciones necesarias en el mismo diseño edilicio.

Esta afirmación puede sostenerse luego del análisis socio-técnico y analítico-empírico efectuado a los dos Casos de estudio descritos. Homogeneizando las unidades a kWh, y extrapolándolas al año completo, el consumo anual de C1 es un 17.5% eléctrico y un 82.5% de gas, mientras que C2 utiliza respectivamente un 29.5% y un 70.3%, valores que se encuentran dentro de los rangos determinados en investigaciones anteriores para el lugar de implantación (Blasco Lucas et al., 2000 y 2004).

Estos consumos son producidos por distintos usos, donde la climatización interior resulta ser en ambos Casos la de mayor demanda, tal como se aprecia en el título anterior, pudiendo considerarse a la misma equivalente al consumo provocado por la envolvente o piel edilicia, lo cual cuantifica tanto en unidades energéticas como monetarias la gran importancia que tiene al respecto, y por ende el cuidado que se debe poner en resolverla adecuadamente. El cálculo de los índices Gcal y Gr demostró que mientras C1 y C2 cumplían el primero, permaneciendo C1 un 53% por debajo del admisible y C2 un 10%, la situación se invierte en el segundo, que no es cumplido por ningún Caso, donde C1 excede el valor límite en un 100% y C2 un 27%. Una reducción de consumo estival proporcional a los porcentajes estimados sería factible si se hubiese aplicado correctamente la normativa vigente, y de esta forma es constatada la relevancia que tiene este aspecto.

En el presente trabajo se comprueba además que las diferencias existentes entre los dos Casos están fuertemente influidas tanto por el nivel socio-económico y de información, como por las preferencias y hábitos de los usuarios, características que están estrechamente asociadas entre sí, ya que todas ellas condicionan el tipo de equipamiento instalado y el modo de operación del mismo.

El método socio-técnico aplicado, que fue simplificado para disminuir las molestias a los moradores de las viviendas, ha permitido determinar con precisión la distribución de consumos según grupos de usos típicos en ambos Casos, y

apreciar la influencia que los hábitos de los usuarios tienen sobre ellos, demostrando ser el adecuado para los objetivos del estudio realizado. El mismo deja en evidencia un orden de prelación en los distintos aspectos participantes del problema, útil para implementar políticas correctas que promuevan la eficiencia energética en el sector residencial.

REFERENCIAS

- ASHRAE (2001 y 2004). Standards 55-81 and 55-92. En *Thermal comfort conditions for human occupancy*. American Society of Heating Refrigerating and Air-conditioning Engineers. Atlanta, USA.
- Blasco Lucas I, Rosés R., Hidalgo E., Gomez W., Hoesé L. (2000). Comportamientos. En *Vivienda Clima y Energía: Diagnóstico y propuesta en casos de estudio*. IRPha. FAUD. UNSJ.
- Blasco Lucas I, Rosés R., Hidalgo E., Gómez W. (2004). Niveles de satisfacción y consumo energético en viviendas FONAVI. En *Actas Digitales del II Simposio de la Vivienda en la Sociedad de Hoy*. Tr. 74, 20 Págs. FRM-UTN, CRICYT, FAU-UM, IPV-Mendoza.
- Blasco Lucas I. (2005). Simulación higrotérmica, energética y lumínica diaria de viviendas suburbanas con el modelo "QUICK". *Energías Renovables y Medio Ambiente* **17**, 17-75.
- Blasco Lucas I. (2005) .Estudios energéticos mensuales y anuales en viviendas usando el programa "QUICK". *Energías Renovables y Medio Ambiente* **17**, 21-29.
- Blasco Lucas I., Hoesé L., Pontoriero D. (2005). Mediciones lumínicas en viviendas barriales del Gran San Juan. *Luminotecnia* **79**, 106-115.
- Blasco Lucas I. (2007). Modelo KG-MOD. IRPha. FAUD. UNSJ
- Blasco Lucas I, Hoesé L., Pontoriero D. (2007). Procedimiento "Promedi-HTL-V3" para análisis comparativos de mediciones higrotérmicas y lumínicas. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* **11**, 08.01-08.06.
- Filippín C., Esteves A., De Rosa C., Cortegoso L., Beascochea A. y Estelrich D. (1996). Un edificio solar pasivo para la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de la Pampa. *Energías Renovables y Medio Ambiente* **1**, 41-48.
- Filippín C., Lesino G. (2001). Respuesta socio-ambiental de las residencias solares de la Universidad Nacional de La Pampa. *Energías Renovables y Medio Ambiente* **9**, 35-42.
- Filippín C., Marek, L. (2004). Monitoreo higrotérmico, energético y socio ambiental de una escuela solar en la Provincia de La Pampa. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* **8**, 1, 05.109-05.114.
- IRAM (1996, 2001, 2002, 2004 y 2007). Serie 11600 de Normas para acondicionamiento térmico de edificios. Instituto Argentino de Normalización.
- Isaksson C., Karlsson F. (2006). Indoor climate in low-energy houses. An interdisciplinary investigation. *Building and Environment* **41**, 1678-1690.
- Krüger E. y Givoni B. (2008). Thermal monitoring and indoor temperature predictions in a passive solar building in an arid environment. *Building and Environment* **43**, 1792-1804.
- Mesquida S., Blasco Lucas I. (2010). Análisis socio-técnico del comportamiento higrotérmico-lumínico en dos casos de estudio de viviendas. *Energías Renovables y Medio Ambiente* **27**. En evaluación.

- Martínez C., Gonzalo G. (2001). Análisis del comportamiento higrotérmico de los cerramientos exteriores en viviendas del IPV en San Miguel de Tucumán. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* **5**, 05.19-05.24.
- Müller H., Schlenger J. (2008) *EULEB: European High Quality Low Energy Building*. CD-Rom. Intelligent Energy Europe. European Union.
- Paul W. y Taylor P. (2008). A comparison of occupant comfort and satisfaction between a green building and a conventional building. *Building and Environment* **43**, 1858-1870.
- Sulaiman H., Blasco Lucas I., Filippín C. (2009). Incidencia del usuario en el comportamiento higrotérmico estival de una vivienda convencional en San Juan. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* **13**, 05.53-05.60