

PROCEDIMIENTO PARA ESTIMAR EL CONSUMO ENERGÉTICO DESTINADO A CLIMATIZACIÓN DE VIVIENDAS

Irene Blasco Lucas¹, Rodolfo Rosés¹, Marcos Luis Facchini², Liliana Inés Hoesé²

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 - Web: <http://www.irpha.com.ar>;
E-mails: iblasco@faud.unsj.edu.ar, roses@iee.unsj.edu.ar, mlfacchini@gmail.com, lhoese@iee.unsj.edu.ar

Recibido: 29-08-11; Aceptado: 23-09-11.

RESUMEN.- El sector residencial tiene una fuerte participación en el balance energético total, y se caracteriza porque una de las demandas de mayor importancia pero difícil de determinar con precisión, es ocasionada para satisfacer el confort higrotérmico de las familias. Por ello, se desarrolla un procedimiento que discrimina el consumo destinado a climatización de viviendas, en función de datos globales provistos por empresas distribuidoras de gas y electricidad. A partir del concepto de "Consumo Base" se calculan aquellos debidos al acondicionamiento térmico, y la cantidad de equipos de refrigeración instalados. Se sistematiza el análisis de frecuencias por rangos y estaciones, y de distribución espacial mediante SIG. Se aplica para estudiar la evolución de 1999 a 2006 en muestras representativas de seis barrios de la ciudad de San Juan, donde existió un incremento del 44% de hogares con acondicionadores de aire y disminuyó un 17% el consumo de gas para calefacción.

Palabras Claves: climatización, consumo, energía, viviendas, procedimiento

PROCEDURE TO ESTIMATE THE ENERGY CONSUMPTION FOR THERMAL CONDITIONING OF DWELLINGS

ABSTRACT.- The residential sector has a strong share in the total energy balance, and is characterized because one of the demands of greater importance but difficult to determine precisely, is caused to satisfy the hydrothermal comfort of the families. Therefore, a procedure is developed to discriminate the consumption for thermal conditioning of dwellings, based on global data provided by distributors of gas and electricity. Based on the concept of "Base Consumption" is calculated those due to thermal conditioning, and the amount of installed refrigeration equipment. The frequency analysis by ranks and stations is systematized, and also the spatial distribution by GIS. It is applied to study the evolution from 1999 to 2006 on representative samples of six neighborhoods of the San Juan city, where there was an increase of 44% of households with air conditioners and decreased by 17% the gas consumption for heating.

Keywords: thermal conditioning, consumption, energy, dwellings, procedure

1.- INTRODUCCIÓN

La satisfacción de las necesidades de confort higrotérmico en el sector residencial está directamente asociada al consumo energético, constituyendo su fracción más importante (Filippín, 2005).

Sin embargo, hay dificultades para cuantificarla con precisión a partir de datos reales, debido a que las mediciones realizadas por las empresas distribuidoras de gas y electricidad no diferencian registros por tipo de equipamiento. Por otro lado, la gran cantidad de factores que inciden en la conformación del mismo, tanto físico-geográficos, como socio-económicos y culturales, limitan la validez de cálculos analíticos.

Existe actualmente urgencia de implementar medidas efectivas de ahorro que contribuyan a paliar la crisis del sector energético y a reducir la contaminación ambiental.

Además el consumo residencial tiene una fuerte participación en el balance total (Blasco Lucas, 2008) con una gran variedad de usos cuyas estrategias correctivas son sustancialmente distintas (Dutt y Tanides, 2001; Tanides, 2010; Tanides e Iglesias Furfaro, 2010; Alvarez et al., 2010; Rosés et al. 2011). Esto suscita el interés por elaborar procedimientos que permitan conocer con mayor profundidad los comportamientos y las tendencias diferenciadas por tipo de consumo. En este marco, se plantea en el presente trabajo el desarrollo de una metodología de estimación de los consumos para abastecer la climatización invernal y estival en viviendas.

La misma se elabora en base a la información meteorológica disponible de los años 1999 y 2006 (Pontoriero y Hoesé, 2000 a 2010), y de consumos energéticos para ambos años de una muestra representativa formada por seis barrios

1. Docente-Investigadora UNSJ Cat. I. Directora del Proyecto PIC21A843 (CICITCA-UNSJ). Miembro del Grupo Responsable del PICT06-00956 (ANPCYT) en el marco de los cuales se realiza el presente trabajo.
2. Docentes-Investigadores en el IEE-FI-UNSJ.

localizados en la ciudad de San Juan (Blasco Lucas et al., 2011).

2.- METODOLOGÍA

El procedimiento propuesto está compuesto por cinco pasos:

- A. Definición de meses con necesidades de refrescamiento o de calefacción en base a las temperaturas promedio mensuales de cada año.
- B. Determinación de los “Consumos Base” (CB) de electricidad y gas para el conjunto de los barrios y para cada vivienda barrial.
- C. Cálculo del consumo que supera el “Consumo Base” de electricidad (CBe) y gas (CBg) para el conjunto de los barrios y para cada vivienda barrial, asociando el primero a refrigeración y el segundo a calefacción.
- D. Análisis de
 - ✓ frecuencias por:
 - a) rangos de consumos predeterminados sobre la totalidad de los datos de cada año, y los de aquellos casos que cuentan con registros en ambos años.
 - b) consumos acumulados en los períodos estival e invernal, relacionados con equipos estándar.
 - ✓ consumos según la orientación de cada vivienda.
 - ✓ tendencias y causas comparando ambos años.
- E. Aplicación de SIG para la visualización de la distribución espacial en cada barrio y relación con vistas de Google Earth para observación de las características del entorno que puedan incidir en sus microclimas respectivos.

El trabajo se realiza aplicando técnicas estadísticas sobre planillas electrónicas de MS-Excel, como también de Bases de Datos (BD) en MS-Access vinculadas a AutoCadMap para ejecutar la función de consultas del mismo. Los criterios definidos se explican a continuación.

2.1. Criterios de Análisis

Como punto de partida se definen algunos criterios fundados en una lógica básica de tipo determinística, los cuales posibilitan el filtrado estadístico de los datos. En los mismos se considera que:

- ✓ en verano se consume energía eléctrica y en invierno gas, para acondicionar térmicamente los espacios interiores de las viviendas (Blasco Lucas et al., 2011).
- ✓ si la temperatura supera los 24°C en verano, es requerida refrigeración mediante electricidad, y si es inferior a 18°C en invierno es utilizado gas para calefacción. Cuando permanece entre ambos valores, no hay consumo para climatización.
- ✓ el aumento de consumo de gas que se produce en invierno por el mayor tiempo de uso de la cocina y el calefón, contribuye a la calefacción.
- ✓ el consumo de electricidad en verano será siempre mayor que el consumo en el resto del año, debido a la refrigeración.
- ✓ el consumo de electricidad para refrigeración incluye equipos de aire acondicionado (AA) y artefactos de ventilación.

Si bien observaciones realizadas demuestran que en la mayoría de los casos tales criterios se cumplen, cabe contemplar desviaciones debidas a otros factores de menor

peso, tales como el uso de electricidad para calefaccionar o la disminución del consumo de energía eléctrica para refrigeración en el verano por ausencias prolongadas durante las vacaciones, etc. Además las diferentes costumbres y el nivel socioeconómico de los habitantes de las distintas viviendas pueden hacer variar notablemente los resultados. Las temperaturas de referencia han sido fijadas conforme lo estipula la Norma IRAM 11604 (1996) para San Juan.

2.2. Datos y Fuentes

Los datos de temperatura se obtuvieron a partir de la BD climática confeccionada por el equipo de investigación con mediciones horarias realizadas en estaciones meteorológicas tipo DAVIS localizadas en el Instituto de Estudios de Arquitectura Ambiental (año 1999) y en el Instituto de Energía Eléctrica (año 2006) (Pontoriero y Hoesé, 2000 a 2010), ambos situados en la zona céntrica de la ciudad y muy cercanos a los distintos barrios analizados. Los consumos mensuales de gas y electricidad de cada vivienda en ambos años fueron provistos respectivamente por las empresas distribuidoras ECOGAS y Energía San Juan, y el equipo de investigación los procesó armando una BD consistente. La Dirección Provincial de Catastro y Geodesia facilitó la BD para el sistema de información geográfico, las cuales se procesaron con el fin de habilitar los vínculos con las de consumo y la orientación de las viviendas. El Instituto Provincial de la Vivienda proveyó los planos de las urbanizaciones y de las viviendas de los seis barrios estudiados, codificados en la investigación como CRa, CRI, MBSJ, RiN, Ar y Na.

3.- PERÍODOS DE CLIMATIZACIÓN

La Tabla 1 muestra las temperaturas promedio mensuales de cada año, y según el intervalo en que las mismas se situaron respecto a las temperaturas de referencia definidas en los criterios antes expuestos, los meses que presentaron necesidad de refrescamiento o de calefacción, al igual que aquellos sin requerimientos de climatización.

Tabla 1. Necesidades de climatización por mes y año.

Mes	Año 1999		Año 2006	
	Temp [°C]	Requiere	Temp [°C]	Requiere
Enero	27,5	Refrigeración	26,1	Refrigeración
Febrero	25,6	Refrigeración	28,3	Refrigeración
Marzo	22,6		22,6	
Abril	18,9		17,0	Calefacción
Mayo	13,1	Calefacción	16,1	Calefacción
Junio	11,8	Calefacción	11,2	Calefacción
Julio	12,3	Calefacción	10,5	Calefacción
Agosto	13,4	Calefacción	13,3	Calefacción
Septiembre	16,4	Calefacción	19,1	
Octubre	21,3		20,5	
Noviembre	23,3		23,1	
Diciembre	26,3	Refrigeración	25,5	Refrigeración

Conforme a los resultados obtenidos, y a los criterios asumidos se deduce que en ambos años el consumo de electricidad no incluiría la calefacción entre los meses de marzo a noviembre y por lo tanto correspondería al uso de energía eléctrica sin climatización.

4.- CONSUMOS PARA CLIMATIZACIÓN

Para verificar las conclusiones previas se analizan los consumos de una vivienda elegida al azar cuyo código de identificación es Ar0405, en relación con la temperatura exterior de ambos años, y se muestran los resultados en la Fig. 1.

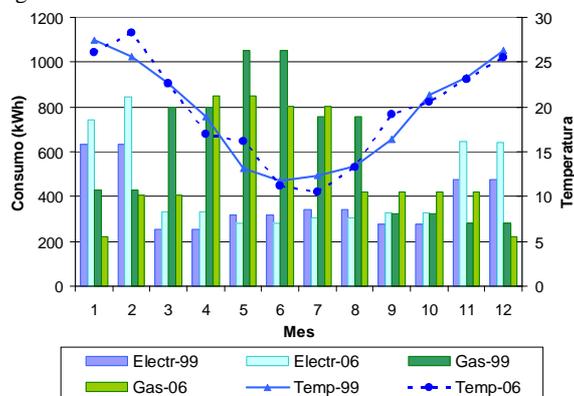


Fig. 1. Consumo mensual de Electricidad y de Gas para la vivienda Ar0405 y temperaturas exteriores de ambos años.

4.1. Consumo Base

Se considera como Consumo Base (CB) al promedio del consumo que se produce durante los meses que no requirieron climatización conforme al análisis realizado en el título anterior (Rosés et al, 2011).

En el caso de la electricidad (CBe) corresponde al consumo promedio mensual durante los meses con temperatura media menor a 24°C en que no fue necesaria la refrigeración, mientras que para el gas (CBg), es el consumo promedio mensual en los meses que por tener una temperatura media mayor a 18°C no fue utilizada la calefacción. Esto se sintetiza en las siguientes expresiones de promedio de consumos para cada año:

- ✓ CBe99 = Eléctrico de Marzo a Noviembre de 1999.
- ✓ CBe06 = Eléctrico de Marzo a Noviembre de 2006.
- ✓ CBg99 = Gas de Octubre a Abril de 1999.
- ✓ CBg06 = Gas de Septiembre a Marzo de 2006.

Consumo para Refrigeración

Es la sumatoria del exceso de consumo eléctrico respecto al CBe en los meses de verano, cuando la temperatura promedio es superior a 24°C.

$$\text{ElecRef}_i = \sum (\text{Elec}_{i,m} - \text{CBe}_i) \quad (1)$$

Donde:

Elec = Consumo eléctrico total
 i = año (1999 o 2006)
 m = Enero, Febrero y Diciembre
 CBe = Consumo eléctrico base

Consumo para Calefacción

Es la sumatoria del exceso de consumo de gas respecto al CBg en los meses de invierno, cuando la temperatura promedio es inferior a 18°C

$$\text{GasCalef}_i = \sum (\text{Gas}_{i,m} - \text{CBg}_i) \quad (2)$$

donde

Gas = Consumo de gas
 i = año (1999 o 2006)
 m = Mayo a Septiembre (1999) o Abril a Agosto (2006)
 CBg = Consumo de gas base

4.2. Resultados en la Muestra

A continuación las Tablas 2 a 4 muestran los valores promedios para todas las viviendas y para cada uno de los barrios analizados en cada año de estudio.

Tabla 2. Valores promedio para todos los Barrios.

Año	Consumo Promedio[KWh]			
	CBe	ElecRef	CBg	GasCalef
1999	175	159	381	3756
2006	227	348	332	3114

Tabla 3. Consumos para todos los Barrios, año 1999.

Barrio	Consumo Promedio[KWh]			
	CBe	ElecRef	CBg	GasCalef
CRa	190	138	228	1988
CRi	155	134	298	2155
MBSJ	210	154	373	4878
RiN	158	141	377	4226
Ar	221	228	509	3707
Na	193	116	312	3334

Tabla 4. Consumos para todos los Barrios, año 2006.

Barrio	Consumo Promedio[KWh]			
	CBe	ElecRef	CBg	GasCalef
CRa	230	403	308	2337
CRi	225	351	284	2609
MBSJ	276	471	346	3681
RiN	215	292	332	3275
Ar	253	467	377	3235
Na	288	359	305	3888

4.3. Análisis para Todas las Viviendas de los Barrios

Se realiza el cálculo para cada vivienda de los barrios estudiados. Se eliminan los casos donde la diferencia entre el consumo en un mes y el CB es negativo. Esto implicaría que no se utilizó electricidad para refrigeración o no se usó gas para calefacción.

La Tabla 5 muestra las cantidades de viviendas que cumplieron con los criterios fijados. Es posible que una vivienda no cumpla que el consumo de electricidad de todos los meses de verano sea mayor que el CB de invierno, y que si lo cumpla para el consumo de gas. Este sería el caso de una vivienda sin aire acondicionado (AA) o con AA pero con escaso uso del mismo.

La cantidad de viviendas con consumo de gas mayor al CBg, durante todos los meses de invierno es de 1269 viviendas en el año 1999 y de 2001 en el 2006. En la Tabla 6 se observa que en la mayoría de las viviendas (88.3%) se utilizaría calefacción a gas, sin embargo sólo en el 33.7% se utilizaría electricidad para refrigeración.

Tabla 5. Cantidad de viviendas que cumplieron con los criterios fijados en ambos años.

Barrio	Total		por Consumo Eléctrico		por consumo de Gas	
	1999	2006	1999	2006	1999	2006
CRa	128	305	31	218	113	278
CRi	315	354	134	252	273	339
MBSJ	158	168	49	142	136	162
RiN	132	159	50	113	99	154
Ar	354	437	186	239	354	424
Na	310	673	144	396	294	644
Totales	1397	2096	594	1360	1269	2001

Tabla 6. Cantidad total de viviendas con consumos superiores a CBe (Electricidad) y CBg (Gas) y con información de gas y electricidad en ambos años.

Barrio	Electricidad	Gas	Electricidad y Gas
CRa	19	97	119
CRi	92	256	306
MBSJ	39	124	148
RiN	32	85	118
Ar	96	301	319
Na	164	294	301
Totales	442	1157	1311

5. CONSUMO PARA REFRIGERACIÓN

A continuación se realiza un análisis exclusivamente del consumo de electricidad destinado a refrigeración. La Tabla 7 exhibe en la primera columna la cantidad de viviendas con consumo eléctrico en verano inferior al CBe en el año 1999 (ElecRef99<0), en las cuales se supone que no tenían AA o no lo utilizaron. Por otro lado, la segunda columna detalla la cantidad de viviendas que tenían consumo eléctrico en verano inferior al CBe en el año 1999 pero lo aumentaron por encima del CBe de 2006 (ElecRef99 <0 y ElecRef06>0). Aquí es admisible deducir que se instalaron equipos AA, o que por conveniencia en la tarifa eléctrica, fueron utilizados con más frecuencia. La tercera columna contiene el porcentaje que representan los valores de la segunda columna, respecto al total de casos por barrio con información de gas y electricidad en ambos años.

Tabla 7. Frecuencias en valores absolutos y relativos de viviendas por barrio, con ElecRef06 > 0, y ElecRef 99 < 0.

Barrio	ElecRef99 < 0	ElecRef99 < 0 ElecRef06 > 0	%
CRa	28	20	16,8
CRi	86	80	26,1
MBSJ	48	46	31,1
RiN	30	24	20,3
Ar	77	71	22,3
Na	121	100	33,2
Totales	390	341	Promedio: 25

En valores relativos, se observa que cada barrio tiene diferente porcentaje de viviendas cuyos moradores habrían instalado equipos AA. Los barrios Na y MBSJ, acusan una frecuencia mayor, posiblemente debido a que una elevada fracción de sus habitantes tiene mejores ingresos que las familias de los demás barrios. Existen otras causas probables para fundamentar el menor incremento de consumo eléctrico en el resto de la muestra. Por Ej. en el Caso del CRa, su localización en una zona rodeada de plantaciones, favorecería menores temperaturas, sobre todo nocturnas.

La Tabla 7 permite afirmar que en la mayoría de las viviendas hubo aumento de consumo eléctrico en el lapso de los 6 años que abarca el período de análisis, siendo mínima la cantidad de viviendas con consumo eléctrico en verano inferior que el CBe en ambos años (ElecRef99<0 y ElecRef06<0). Algo similar sucede si se analiza la cantidad de viviendas cuyo consumo eléctrico para refrigeración disminuyó del año 1999 al 2006 (ElecRef99>0 y ElecRef06<0).

Tabla 8. Cantidad de viviendas por barrio con ElecRef06 > 0, y CBe06 respectivo.

Barrio	Cantidad Viviendas	CBe06 (kWh)	ElecRef06 (kWh)
CRa	28	145	88
CRi	125	157	133
MBSJ	52	189	131
RiN	43	156	144
Ar	163	209	218
Na	153	284	530
Total	564	190	207

La Tabla 8 indica que el 56% de las viviendas tuvieron consumos mayores al CBe06. El promedio de éste último fue de 190 kWh y el ElecRef06 de 207 kWh. Se observa que el Caso Na posee la mayor cantidad de viviendas con consumos más elevados, siendo notorio la diferencia en el de refrigeración respecto a los demás barrios. En segundo lugar se encuentra el Ar, con valores levemente superiores a los promedios, y el resto permanece significativamente por debajo de los mismos.

5.1. Frecuencias por Rangos de Consumo Eléctrico

Un análisis por rangos de 100 kWh permite definir 10 intervalos que diferencian aquellos cuyo consumo para refrigeración es más frecuente en cada barrio y en el total de la muestra. La Fig. 2 contiene los resultados totales obtenidos para el año 1999 y la Fig. 3 para el año 2006.

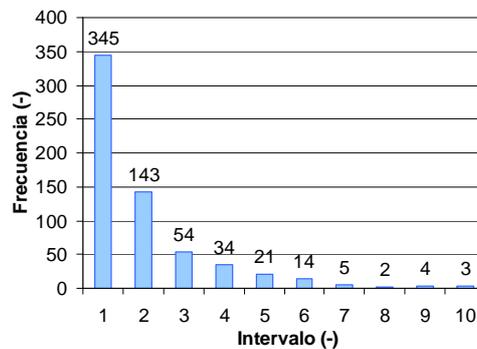


Fig. 2. Cantidad de viviendas ordenada por rangos de Consumo para Refrigeración para el año 1999.

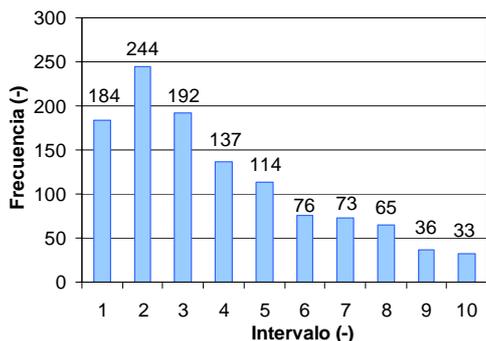


Fig. 3. Cantidad de viviendas ordenada por rangos de Consumo para Refrigeración para el año 2006.

Se puede apreciar que de 1999 a 2006 hubo un aumento de la cantidad de viviendas que tuvieron un consumo de electricidad para refrigeración más elevado, ponderando el incremento total del mismo. Los dos primeros intervalos son los más frecuentes, con importante preponderancia del rango entre 0 y 100 kWh en el año 1999 y con menor diferencia, del comprendido entre 100 y 200 kWh en el 2006, año en el cual se produce una distribución más gradual de los valores, que se incrementan significativamente en los intervalos superiores. Los barrios que más contribuyen a esto son el Na y el CRi.

El hecho de que la muestra sea más uniforme en este año, en cuanto a las cantidades de viviendas por barrio, también aporta a la variación descrita. El Ar, sobre una muestra de similar tamaño en ambos años, pero menor a las del Na y el CRi en 2006, tiene una participación relevante hasta el intervalo comprendido entre 700 y 800 kWh.

5.2. Frecuencias de Incremento de Instalación de AA

A partir de la energía acumulada estimada en los 3 meses de verano se elabora una tabla según las frigorías de los equipos AA y la cantidad de horas promedio de uso diario, aplicando la ecuación 3 para equipos de 2250, 3000, 4500 y 6000 frigorías, cuyas potencias nominales respectivas, afectadas por un factor de funcionamiento, son 800, 1150, 2100 y 2600W.

$$ElecAA_{kh} = Pn_k \cdot Ff \cdot Td_h \cdot Dref / 1000 \quad (3)$$

Donde:

ElecAA = Consumo eléctrico para refrigeración (kWh)

k = Tipo de equipo AA

h = Horas de uso

Pn = Potencia nominal del equipo AA (W)

Ff = factor de funcionamiento (0,5)

Td = Tiempo de uso diario (1 a 24hs)

Dref = Cantidad de días con necesidad de refrigeración (90)

Se consideró que existía mayor probabilidad que en viviendas del tipo de los barrios estudiados hubiesen equipos AA de 2250 y 3000 frigorías. Además, para usos de hasta tres horas para 2250 frigorías, se determinó que no habría AA instalado. Es decir que para una energía acumulada menor a 200 kWh cabe pensar que ese leve exceso de consumo respecto del CBe se utilizaría para ventilación mecánica.

En función de los patrones más comunes de uso de AA se determinan los rangos de consumo que delimitan las cinco categorías adoptadas (Tabla 9), los cuales a mayor potencia

del equipo abarcan menos horas de uso. En base a estos supuestos, la Fig. 4 muestra las frecuencias relativas en cada rango de consumo para refrigeración del año 1999 y del año 2006 respectivamente.

Tabla 9. Rangos de consumo y categorías de uso de AA.

Rango (kWh)	Uso
0-200	Ninguno
200-300	Mínimo
300-500	Moderado
500-1200	Normal
1200-5600	Intensivo

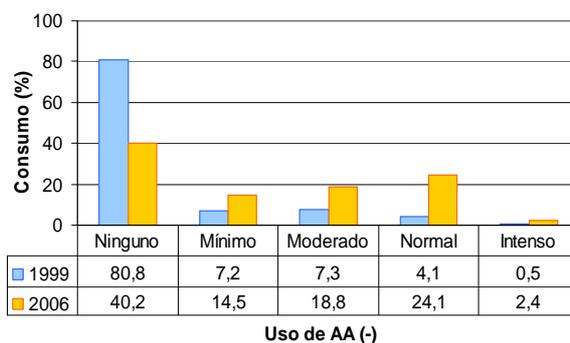


Fig. 4. Comparación de variación relativa de consumo eléctrico para refrigeración en los años 1999 y 2006.

Del análisis realizado, se deduce que hubo un aumento de la instalación de AA y un incremento del uso de los mismos, al disminuir la cantidad de viviendas sin AA y al acrecentarse las que presentan consumo para refrigeración. Comparando la variación que éste tiene del año 1999 al 2006 para el conjunto de viviendas de todos los barrios que cuentan con datos en ambos años se aprecia en la Fig. 4 el impacto que representa en los valores de los distintos niveles.

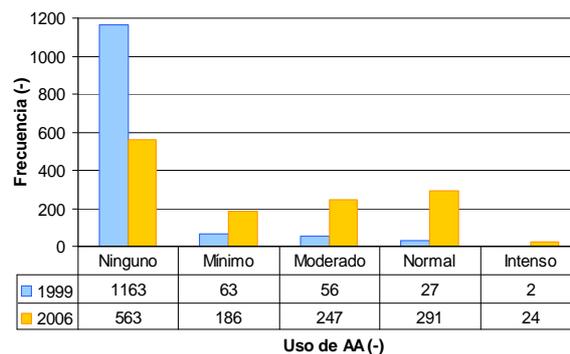


Fig. 5. Cantidad de Viviendas según uso de AA.

Si se suman las cantidades con uso de mínimo a intenso de AA se obtiene que en 1999 habían 142 viviendas con equipos AA y 687 en el 2006, de cuya diferencia se puede afirmar que se instalaron 600 equipos AA en dicho período (Fig. 5). A partir del mismo análisis anterior para cada barrio, se resumen en las Tablas 11 y 12 los resultados obtenidos en valores absolutos y relativos respectivamente.

Tabla 11. Frecuencias en valores absolutos de viviendas con equipos AA en el período considerado.

Barrio	Cantidad Viviendas	Tenían AA en 1999	Tenían AA en 2006	Instalaron AA en 2006
CRa	119	6	61	55
CRi	306	26	153	127
MBSJ	148	15	108	93
RiN	118	11	51	40
Ar	319	63	194	131
Na	301	27	181	154
Totales	1311	148	748	600

Tabla 12. Frecuencias en valores relativos de viviendas con equipos AA en el período considerado.

Barrio	Existentes en 1999 (%)	Existentes en 2006 (%)	Instalados en período (%)
CRa	5,0	51,3	46,2
CRi	8,5	50,0	41,5
MBSJ	10,1	73,0	62,8
RiN	9,3	43,2	33,9
Ar	19,7	60,8	41,1
Na	9,0	60,1	51,2
Totales	10,3	56,4	46,1

Los valores relativos de la última columna de la Tabla 12 denotan que más de la mitad de las viviendas de las muestras de los barrios MBSJ y Na instalaron equipos AA a lo largo del período comprendido entre ambos años considerados, mientras que en los CRa, CRi y Ar representaron más del 40% y en el RiN sólo casi un 34%.

5.3. Influencia de la Orientación de las Viviendas y la Instalación de Equipos AA

La aplicación del Método de Mahony-Evans en la ciudad de San Juan determina que una estrategia importante para favorecer en forma natural el confort interior durante el verano, es propiciar la ventilación cruzada aprovechando las brisas frescas dominantes. Esto implica ubicar ventanas en los muros orientados al Norte y al Sur, para lo cual las viviendas deben tener un correcto emplazamiento. Con el fin de determinar en qué medida el factor orientación incide en las decisiones de los usuarios para instalar equipos AA, se analiza la relación existente entre ambos parámetros. La Tabla 13 muestra que es mayor la cantidad de viviendas sin AA en las orientaciones NS y SN, permitiendo afirmar que este factor influye propiciamente para disminuir la instalación de equipos AA.

Tabla 13. Orientación de las viviendas de la muestra que no tenían AA en 1999 ni en 2006.

Orientación	Viviendas	Viviendas Sin AA	% Viviendas sin AA
EO	220	73	33%
NS	374	160	43%
OE	242	88	36%
SN	397	165	42%

En el análisis de cada barrio, la hipótesis planteada se cumple en el Ar y el Na, pero en el CRa sólo para la

orientación SN, mientras que en el CRi, el MBSJ y el RiN sólo para la orientación NS, y en este último barrio con escasa diferencia respecto la EO. Tales situaciones indican que hay también otros factores que tienen fuerte incidencia para no instalar AA, entre ellos sin lugar a duda, uno de los más importantes es el económico.

6. CONSUMO PARA CALEFACCIÓN

Considerando el total de viviendas que contaban con registros de consumos de gas en cada año se calculó la cantidad de las mismas cuyo consumo de gas promedio para calefacción en todos los meses de invierno fue mayor al CBg promedio de la muestra.

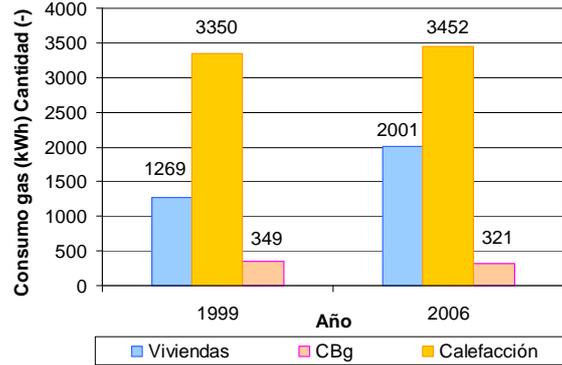


Fig. 5: Cantidad de viviendas con consumo promedio de gas superior al CBg en cada año.

Los resultados se representan en la Fig. 6 e indican que el número de viviendas con consumos mayores al CBg en el 2006 se incrementó en un 58% respecto a 1999, mientras que el CBg disminuyó un 9% y el consumo para calefacción aumentó sólo un 3%. Esto permite deducir que por un lado existiría una tendencia ahorrativa en el uso de este combustible, y por otro, una mejora de los ingresos que posibilitaría alcanzar confort higrotérmico a mayor cantidad de usuarios.

6.1. Frecuencias por Rangos de Consumo de Gas

Al igual que en el análisis realizado para el consumo de refrigeración, se definen aquí 10 intervalos, pero con un rango de 1000 kWh, y se calcula la distribución de la cantidad de viviendas por barrio que utilizarían el gas para calefacción en valores relativos para ambos años (Fig. 6).

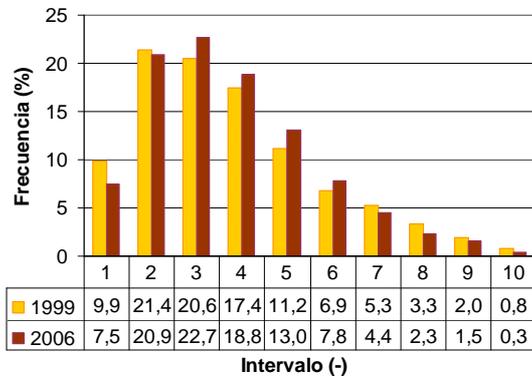


Fig. 6. Porcentaje de viviendas por rango de consumo de 1000 kWh de Gas para Calefacción en ambos años.

Las frecuencias más altas se sitúan en los intervalos 2 a 5, en orden decreciente, donde en 1999 el Na, el CRa y el CRi son los más numerosos en el segundo intervalo, mientras que el

CRi, el Ar y el Na lo son en el tercero, el Na, el Ar y el RiN en el cuarto, y el Na y el MBSJ en el quinto. Durante 2006 vuelve a repetirse el patrón de comportamiento de 1999 a nivel de conjunto y de los intervalos 2 y 3 para los barrios CRa, CRi, Ar y Na, variando en el resto. En los casos Na, MBSJ y RiN las mayores frecuencias suben un intervalo. Los intervalos 3 a 6 denotan un leve incremento en 2006 variando del 0,9% al 2,1%, mientras que los 1, 2, y 7 a 10 acusan un decrecimiento comprendido entre 0,4% y 2,4%.

7. CONSUMOS RELATIVOS DE CLIMATIZACIÓN

Se calcula el porcentaje que representa el consumo para climatización en cada barrio y año, diferenciado en calefacción y refrigeración, referidos al consumo de la energía total de las viviendas (electricidad y gas), y respectivamente al de gas y el de electricidad, obteniendo las Tablas 14 y 15.

La aplicación de los criterios definidos permite demostrar la gran importancia que representa el consumo energético para climatización, principalmente el de gas que insumió el 90% de este fluido en ambos años, y el 82% de la energía total en 1999, descendiendo al 76% en 2006. El mayor consumo relativo para este fin fue realizado por el MBSJ en 1999 y por el Na en 2006. El consumo relativo para refrigeración respecto al consumo de electricidad representó un 44% en 1999 y ascendió a casi 61% en 2006, siendo en ambos años el del barrio Ar el más alto. Sin embargo, al relacionarlo con el consumo total de energía significó sólo un 4% en 1999, habiendo ascendido a casi 10% en 2006. En esta relación resultó que el barrio CRa tuvo el mayor valor.

Tabla 14. Consumos relativos para Calefacción respecto al consumo total de gas y de energía total.

Barrio	Porcentaje de Consumo para Calefacción respecto al Consumo total de			
	Gas		Energía	
	1999	2006	1999	2006
CRa	89,7	88,4	78,1	71,3
CRi	87,9	90,2	78,6	75,2
MBSJ	92,9	91,4	86,9	77,1
RiN	91,8	90,8	86,2	79,6
Ar	87,9	89,6	79,5	74,7
Na	91,4	92,7	84,3	80,3
Total	90,3	90,5	82,3	76,4

Tabla 15. Consumos relativos para Refrigeración respecto al consumo total de electricidad y de energía total.

Barrio	Porcentaje de Consumo para Refrigeración respecto al Consumo total de			
	Electricidad		Energía	
	1999	2006	1999	2006
CRa	42,1	63,7	5,4	12,3
CRi	46,4	60,9	4,9	10,1
MBSJ	42,3	63,1	2,7	9,9
RiN	47,2	57,6	2,9	7,1
Ar	50,8	64,9	4,9	10,8
Na	37,5	55,5	2,9	7,4
Total	44,4	60,9	4,0	9,6

8.- DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE CONSUMOS ENERGÉTICOS PARA CLIMATIZACIÓN

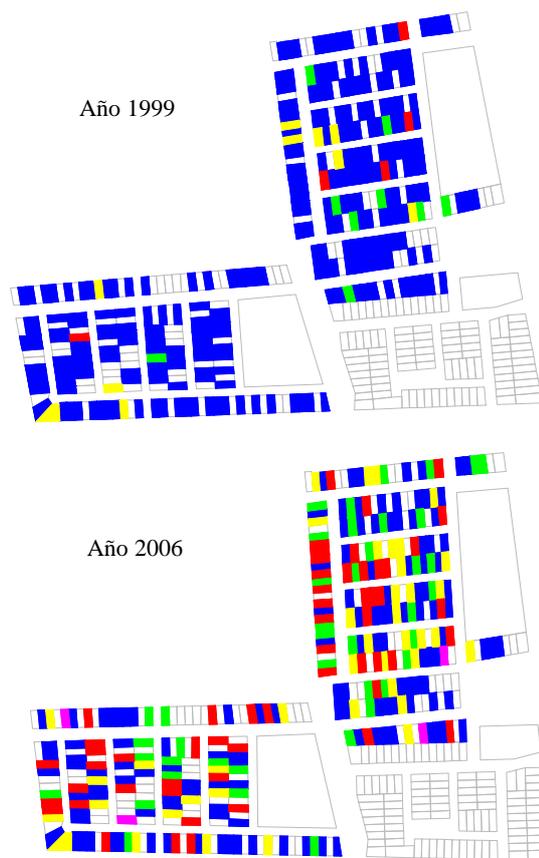


Fig. 7. Distribución de consumos en el barrio CRi.

Mediante el uso de SIG, se realiza con datos del uso de AA la representación en planos catastrales, la distribución espacial en las parcelas de las viviendas, según rango de consumo y año, lo cual se muestra para el barrio CRi en la Fig. 7. Las referencias se indican en la Tabla 16.

Tabla 16. Referencias de colores usados en el SIG.

Color	Rango	Uso de AA
Blanco	-----	Sin datos
Azul	0-200	Ninguno
Verde	200-300	Mínimo
Amarillo	300-500	Moderado
Rojo	500-1200	Normal
Magenta	1200-3000	Intenso

En imágenes de Google Earth se analizan vistas aéreas de los barrios y los entornos respectivos, dado que sus características influyen en el microclima de cada uno. Aquellos que se encuentran rodeados de zonas muy urbanizadas tendrán mayor temperatura en verano -por emisión de calor de las construcciones-, que aquellos con áreas aledañas de baldíos o cubiertas de cultivos, y es muy probable que los habitantes instalen equipos AA para mitigar la canícula. En la Fig. 8 se demarca el barrio CRi.



Fig. 8. Barrio CRI: zonas aledañas con cultivos.

9.- CONCLUSIONES

Las temperaturas promedio indican que el 2006 fue un poco menos cálido en verano que 1999, con excepción del mes de febrero, y algo menos frío en invierno, salvo el mes de abril. Si bien la cantidad de meses con necesidades de climatización fue igual, existió un corrimiento de los mismos. Un índice comúnmente utilizado para climatización es el de Grados-Día (GD) que indica la cantidad de grados centígrados en defecto o en exceso para alcanzar las temperaturas de confort estipuladas, en este caso 18°C y 24°C respectivamente para invierno y verano. La Tabla 17 muestra los valores de GD mensuales, estacionales y totales para cada año. En ella se confirma que en el 2006 hizo un poco más de calor en verano respecto a 1999, pues se incrementó el déficit térmico en 0,5°C (7%), y hubo menos frío en invierno, con una disminución de 1,1°C (5%) en los GD. Estas diferencias aparentemente pequeñas, son significativas al traducirlas en valores de energía asociados a la búsqueda de confort y tuvieron una incidencia parcial sobre las variaciones de consumos para climatización, como puede verse en la Tabla 18, donde hubo un aumento del 120% del consumo eléctrico para refrigeración y una disminución del 17% para calefacción, lo cual implicó un decrecimiento anual de 15% en el total de la muestra.

Tabla 17. GD mensuales, estacionales y totales por año.

Mes	GD [°C]	
	Año 1999	Año 2006
Enero	3,5	2,1
Febrero	1,6	4,3
Marzo	0,0	0,0
Abril	0,0	1,0
Mayo	4,9	1,9
Junio	6,2	6,8
Julio	5,7	7,5
Agosto	4,6	4,7
Septiembre	1,6	0,0
Octubre	0,0	0,0
Noviembre	0,0	0,0
Diciembre	2,3	1,5
Verano	7,4	7,9
Invierno	23,0	21,9
Total Anual	30,4	29,8

Cabe destacar la relevancia de las cifras que muestra la Tabla 18, pues para un universo de sólo 1157 viviendas el consumo anual para climatización alcanza casi 4 GWh, y si bien el mismo varía año a año según el clima y otros factores, resultará siempre un valor significativo, que sin

embargo, podría reducirse en forma importante aplicando estrategias de diseño y constructivas apropiadas en las viviendas, las cuales en la actualidad cuentan con una injusta "hipoteca energética" debido a que tales medidas han sido ignoradas. Conforme al análisis realizado, el aumento de consumo de electricidad para refrigeración en el año 2006 se debió a un incremento de instalación de equipos AA a partir de 1999 (44,2%), y al mayor uso de los ya existentes alentado por una tarifa reducida (fuertemente subsidiada) que propició su utilización inclusive para calefaccionar las viviendas. Por otro lado, hubo una leve disminución del consumo de gas para calefacción (17%), a lo cual debe haber contribuido el encarecimiento de la tarifa respectiva que a la vez fortaleció la tendencia de instalar equipos AA frío-calor.

Tabla 18. Cantidad de viviendas por consumos estacionales y anuales de climatización para cada año.

Viviendas	Tipo	Consumo Anual de Climatización (kWh)	
		1999	2006
442	Electricidad	70.278	153.816
1.157	Gas	4.345.692	3.602.898
Total		4.415.970	3.756.714

La metodología elaborada, permite una buena aproximación de la estimación de consumos para climatización a partir de datos globales, lo cual la convierte en una útil herramienta de planificación energética. El procedimiento facilita la diferenciación de los consumos debidos a refrigeración de los destinados a calefacción, que se presentan en distintas épocas del año. Sin embargo, no es posible distinguir en forma precisa para la calefacción, cuándo existe consumo eléctrico o de gas. Mediante la aplicación de la metodología se logra detectar que incidieron un conjunto de factores, cuyo porcentaje de influencia no fue posible discriminar, entre los cuales aquellos más importantes fueron la variación climática, la orientación de las viviendas, la implantación de los barrios y las condiciones socio-económicas. Estas últimas signadas por mejoras en los ingresos, como también en los planes de venta y precios de equipos de climatización, y de la provisión eléctrica.

Los resultados obtenidos son valiosos como referencia, teniendo en cuenta que sufrirán desviaciones debidas a los factores ya mencionados y de otros tales como los hábitos y preferencias de los usuarios, conformación de las familias, tipos constructivos, etc., al igual que por condicionamientos externos (políticas y economías nacionales y global).

REFERENCIAS

- Alvarez A., Kurbán A., Papparelli A., Cúnsulo M. (2010). *Influencia del consumo energético en la isla de calor urbana de una ciudad de clima árido*. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol. 14, pp. 11.77-11.84.
- ASINELSA S.A. (1999) *Manual del SIDAC 7.0* - San Juan Argentina.
- AutoDesk, (1999) *Manual de AutoCAD MAP R2*.
- AutoDesk, (2008) *Manual de AutoCAD MAP R8*.
- Blasco Lucas I. (2008). *Aportes de la Arquitectura Sustentable en el Sector Residencial, sobre el Balance Energético-Ambiental Argentino*. Energías Renovables y Medio Ambiente 12, 07.17-07.24.
- Blasco Lucas I., Facchini L., Avelín R., Rosés R., Hoesé L (2011). *Análisis comparado de consumos energéticos en*

- el sector residencial de la ciudad de San Juan. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* 15, tema 5.
- Blasco Lucas I., Hoesé L., Rosés R., Carestía C, Facchini M., Gómez W., Pontoriero D., Hidalgo E., Simón L., De La Torre M. (2004). *Vivienda Clima y Energía: Diagnóstico y Propuestas en Casos de Estudio*. FAUD-UNSJ. San Juan.
- Dutt G., Tanides C. (2001). Curvas de Demanda Horaria para Usos Finales de Electricidad en Viviendas y el Potencial para la Gestión de la Demanda. *Energías Renovables y Medio Ambiente*, Vol. 5, 07.43-07.48.
- Filippín C. (2005). *Uso eficiente de la energía en edificios*. Ediciones Amerindia, Santa Rosa, La Pampa.
- Pontoriero D., Hoesé L. (2000 a 2010). *Programa de Mediciones Climáticas de la Ciudad de San Juan*. Instituto de Energía Eléctrica de la Facultad de Ingeniería. UNSJ.
- Rosés R., Blasco Lucas I., Facchini L., Hoesé L., Avelín R. (2011). *Consumo y Climatización*. Informe final del proyecto PIC 21A813. Capítulo II-5, pp. 127-158. IRPHa-FAUD-UNSJ.
- Tanides C, Iglesias Furfaro H. (2010). Iluminación eficiente en el sector residencial argentino: evolución y perspectivas futuras. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, Vol. 14, pp. 07.55-07.60.
- Tanides C. (2010). Estimación del consumo y potencial de ahorro en standby residencial para la Argentina. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, Vol. 14, pp. 07.49-07.54.