

ANÁLISIS COMPARADO DE CONSUMOS ENERGÉTICOS EN EL SECTOR RESIDENCIAL DE LA CIUDAD DE SAN JUAN

I. Blasco Lucas¹, M. Facchini², R. Avelín, R. Rosés², L. 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 - <http://www.irpha.com.ar>
E-mails: iblasco@faud.unsj.edu.ar, mlfacchini@gmail.com, ritaavelin@speedy.com.ar, roses@ice.unsj.edu.ar

RESUMEN: El interés por conocer la evolución de consumos energéticos en el sector residencial de la ciudad de San Juan, Argentina sustenta el presente trabajo. Se utilizan datos correspondientes al año 1999 de seis barrios suburbanos y se perfeccionan las herramientas elaboradas entonces para su análisis, con el fin de compararlos con los del año 2006, permitiendo el futuro acoplamiento de otros años. La información se procesó en bases de datos relacionales y en planillas de cálculo, asociando consumos a parámetros climáticos y a su ubicación geográfica. La técnica estadística aplicada en el estudio comparado es el Modelo Logarítmico Normal. Los resultados determinan que el consumo eléctrico se incrementó significativamente en el total de la muestra durante todas las estaciones, mientras que el de gas disminuyó incluso en invierno en tres de los barrios, y los aumentos presentados por los otros tres son muy inferiores a los del consumo eléctrico.

Palabras claves: Energía, consumo, viviendas, análisis, comparación.

INTRODUCCIÓN

El consumo energético del sector residencial a nivel nacional es el tercero en importancia luego del industrial y el de transporte. Se caracteriza por poseer la mayor tasa de crecimiento, la cual acompaña la del aumento de población (Blasco Lucas, 2008). Dada la crisis energética mundial, que también afecta a Argentina, resulta urgente tener un mejor conocimiento de los factores que influyen en el consumo y del modo en que se podrían regular para alcanzar un uso más racional y ahorativo de la energía (Esteves et al., 1992; Casado et al., 2001; Dutt y Tanides, 2001; Rosenfeld et al, 2001). El hecho que no se haya invertido oportunamente para incrementar y adecuar la capacidad instalada, como también en exploraciones de fuentes energéticas genuinas, agrava seriamente el panorama, pues ya en la actualidad se depende de mercados externos para abastecer la demanda interna. San Juan no escapa a las graves consecuencias que conlleva la situación nacional causada principalmente por la ausencia de planificaciones centralizadas por el estado a largo plazo que se basen en un estudio profundo de la realidad. La visión fragmentada del tema energético, no contribuye a abordar correctamente su complejidad, y en el caso del abastecimiento del sector residencial resulta particularmente notorio.

Las investigaciones realizadas por el equipo de proyecto han constatado que el mayor consumo en las viviendas se produce para lograr confort higrotérmico a lo largo del año, y que supone el uso de diferentes fluidos (gas y electricidad) en las épocas de clima extremo (invierno y verano). También han verificado que la calidad de diseño y constructiva de los hogares es uno de los factores que junto a los hábitos y preferencias de los usuarios, influye fuertemente en el consumo de energía (Blasco Lucas et al., 2000, 2002, 2004 y Blasco Lucas, 2006). Tales resultados obtenidos con datos del año 1999 alentaron a realizar un nuevo análisis en un lapso prudencial comprendido entre 5 y 10 años, para ahondar en las tendencias y sus causas, aportando nuevos conocimientos e información, al igual que desarrollando mejores metodologías y herramientas, para facilitar la implementación de planes superadores en un futuro cercano.

El trabajo busca conformar una Base de Datos (BD) sólida y consistente relacionando los consumos energéticos de los años 1999 y 2006 de seis barrios localizados en la ciudad de San Juan, que fueron objeto de estudio en 1999. A través del mismo se elaboraron BDs para realizar distintos tipos de análisis, entre los cuales la vinculación de los consumos de gas y electricidad con el clima y su ubicación geográfica mediante SIG fueron los más importantes. Los criterios aplicados entonces y las BDs 1999 se utilizan en la presente investigación, que plantea ampliarlas con los datos de 2006, para lo cual se desarrolla un procedimiento específico. En este artículo se explica en detalle el mismo, y se analizan resultados obtenidos.

METODOLOGÍA

Adeuar la calidad de la información, su formato y medios de soporte, a los requerimientos propios del tipo de análisis que se realiza, demandó el desarrollo de un procedimiento apropiado. En el presente trabajo se debieron vincular BDs sobre temas que actualmente son tratados en forma separada por diferentes organismos de carácter privado y público, tal como se realizó oportunamente en el año 1999, acoplando los datos de un nuevo año de estudio y dejando abierta la posibilidad de incorporar años adicionales a futuro, con el fin de realizar estudios a mediano y largo plazo.

¹ Miembro de ASADES. Investigadora Categoría I en el Programa Nacional de Incentivos. Directora del Proyecto PIC21A843 (CICITCA-UNSJ) y miembro del Grupo Responsable del PICT06-00956 (ANPCYT) en el marco de los cuales se realiza el presente trabajo.

² Docentes-Investigadores del Instituto de Energía Eléctrica de la Facultad de Ingeniería: IEE-FI-UNSJ.

Se seleccionó el año 2006 por encontrarse dentro del período estipulado como aceptable para la investigación (entre 5 y 10 años a partir del año referencia, en este caso el 1999), y porque contaba con la información meteorológica completa más consistente, dado que los datos de consumo se debían correlacionar con los climáticos. Cabe destacar que el proyecto se inició en el año 2008. Los datos recolectados para el trabajo fueron:

- ✓ Consumo eléctrico bimestral de ambos años (en kWh), provistos por la empresa Energía San Juan SA.
- ✓ Consumo de gas bimestral de ambos años (en m³), cedidos por la empresa Ecogas Cuyana SA.
- ✓ Climáticos del año 1999, obtenidos de una estación meteorológica tipo DAVIS ubicada en el Instituto de Estudios de Arquitectura Ambiental (INEEA) de la FAUD-UNSJ (Papparelli et al., 1999).
- ✓ Climáticos del año 2006 obtenidos de una estación meteorológica tipo DAVIS ubicada en el Instituto de Energía Eléctrica de la FI-UNSJ (Pontoriero y Hoesé, 2006; Hoesé y Blasco, 2011).
- ✓ Coordenadas geográficas de las parcelas, suministrados por la Dirección Provincial de Catastro y Geodesia, en 1999.
- ✓ Nomenclatura catastral de las parcelas, suministrados por la Dirección Provincial de Planeamiento Urbano, en 1999.

Con excepción de los últimos que fueron copias de planos en papel, los demás tuvieron formato digital, pero no compatibles entre sí.

Pasos del Procedimiento

El procesamiento de los datos recolectados para prepararlos de modo que fuesen útiles al trabajo que se deseaba realizar se supportó en planillas electrónicas de libros MS-Excel, programadas para los fines buscados. Los pasos seguidos fueron:

1. Reestructuración de las BD de consumos de gas y electricidad del año 2006, respetando el formato de las BD del año 1999.
2. Depuración de datos inconsistentes en ambas BD (gas y electricidad)
3. Vinculación de la BD de electricidad del año 2006 con la respectiva de 1999
4. Vinculación de la BD de gas del año 2006 con la respectiva de 1999
5. Depuración de datos inconsistentes en la BD obtenida previamente
6. Vinculación de las BD de ambos tipos de consumo
7. Depuración de datos inconsistentes en la nueva BD obtenida
8. Programación del cálculo de consumos estacionales y anuales
9. Procesamiento de datos climáticos 2006 en el mismo formato de 1999
10. Vinculación con los datos climáticos
11. Implementación de procedimiento para análisis estadístico (MTL)
12. Ajustes de tablas y figuras para análisis comparativos

El código utilizado para la identificación en las BD para los barrios había sido definido en proyecto anterior (Blasco Lucas et al., 2004). Los mismos fueron: CRa (CGT Rawson), CRi (CGT Rivadavia), MBSJ (Mutual Banco San Juan), RiN (Rivadavia Norte), Ar (Aramburu), Na (Natania). Con excepción del MBSJ y el Na el resto están conformados con viviendas individuales y bloques de departamentos, sin embargo el análisis se efectúa sólo sobre las primeras. Las tareas a realizar variaron según se tratara de los datos de consumo eléctrico o de gas, por lo cual se detallan en forma separada.

Reestructuración y Depuración de la BD de Consumo Eléctrico

La empresa facilitó la información de consumos de electricidad, de usuarios localizados en una zona que abarcaba los barrios antes mencionados, en el periodo comprendido entre noviembre de 2005 y noviembre de 2007. La BD de la distribuidora contiene un código de identificación del usuario, la tarifa que tiene asociada el usuario según su consumo y categoría tarifaria, el domicilio y localidad de suministro, la fecha de emisión de la factura, el periodo de consumo, el bimestre de consumo, la cuota (las facturaciones son mensuales), el consumo de energía kWh del bimestre y por último el consumo facturado mensual en kWh (mitad de la lectura bimestral y que por lo tanto se repite dos meses). Presenta un registro por cada mes de consumo con la información antes mencionada, es decir en este caso había 24 registros (2 años) por cada usuario, con las excepciones antes mencionadas que tenían menos información.

La información correspondiente al año 2006 se reorganizó para adecuarla al formato del año 1999 a fines de hacer más sencillo su procesamiento. La misma se estructuró en un único registro por usuario, con su correspondiente identificación, tarifa, domicilio y a continuación los consumos de todos los meses que dispusieran de información, ordenados por fecha de menor a mayor en el periodo abarcado. Se realizaron diversas depuraciones desechando aquellos usuarios que no pertenecían a los barrios considerados, habitaban en edificios de departamentos o su categorización tarifaria no correspondía a la Residencial. A partir de allí se armó un archivo con los consumos correspondientes a dicho periodo.

Reestructuración y Depuración de la BD de Consumo de Gas

La empresa brindó la información de consumos de gas, para usuarios de zonas que comprendían los barrios mencionados, para los años 2006 y 2007. En concordancia con el análisis definido para los consumos de electricidad se consideraron sólo los datos del año 2006. Las lecturas de los consumos de los usuarios y la facturación es realizada en forma bimestral, por lo cual debieron dividirse en dos para obtener valores mensuales. Los datos de identificación del usuario (Cuenta, domicilio, piso departamento, torre, localidad) y los de consumo en m³. En este caso también se realizaron diversas depuraciones similares a las efectuadas para el consumo eléctrico.

Vinculación de las BD de Ambos Años

Los criterios para relacionar las distintas BD (gas, electricidad y coordenadas geográficas) de cada año, se definieron de modo tal que permitiesen una gran diversidad de estudios, para lo cual fue fundamental armar una única BD de cada año que integrara toda la información. Esto fue realizado en el año 1999 mediante la elaboración de planillas con códigos de enlace (PE) (Blasco Lucas et al., 2004). Las mismas demandaron entonces un minucioso trabajo en el cual mediante consultas manuales sobre copias en papel de planos catastrales de cada barrio analizado, se ubicaron las parcelas de cada vivienda y se las asoció con su nomenclatura catastral (NC), pues la misma se constituía en el código de identificación respectivo en la BD del SIG. Para armar la PE se creó un código de identificación propio del proyecto (CP) para cada parcela, poniendo especial cuidado en la diferenciación de los barrios para poder realizar análisis específicos por tipologías constructivas, habiendo utilizado por ello los criterios de ordenamiento adoptados por las empresas constructoras. El CP estaba conformado por hasta 12 caracteres alfanuméricos: primero entre 2 y 6 reservados para letras que resumían el nombre del barrio, luego entre 2 y 3 para letras o números correspondientes a las manzanas, y por último entre 2 y 3 para el número de la vivienda.

En forma manual se creó una nueva columna para adjudicar un CP por usuario a las BD de cada servicio (gas y electricidad), controlando la información contenida en la columna de dirección de las BD de cada proveedor. Aquí hubo que desechar varios usuarios porque no tenían la dirección completa o porque ya aparecían con los domicilios municipales, y solo podía reconocerse si pertenecían o no a uno de los barrios en estudio, realizando visitas a cada vivienda, labor que excedía los alcances del proyecto. La primera PE estuvo compuesta con los CP, la NC, y el código de orientación (CO) de la vivienda. Este último contaba con 2 a 4 caracteres alfabéticos que definían hasta 8 orientaciones posibles de las fachadas.

Utilizando la función de búsqueda de MS-Excel sobre la columna de CP se vincularon primero en forma separada la PE a cada BD (de gas y electricidad), dado que no contenían los mismos usuarios. Esto permitió que los códigos de identificación usados por las empresas, quedaran asociados a la NC, al CP y al CO. Se hizo de esta manera para aprovechar la mayor cantidad de datos de cada servicio, que podían ser útiles para estudios específicos de cada uno. Aquí resultaron dos nuevas PE diferenciadas por servicio, que sumaban sus códigos respectivos. Con el fin de poder asociar ambos consumos a cada usuario, nuevamente se utilizó la función de búsqueda de MS-Excel sobre la columna de CP para vincular ambas BD. De este modo resultó una nueva BD que contenía sólo aquellos usuarios que contaban con información de cada suministro y quedaron asociados todos los códigos de identificación lo cual permitió obtener una cuarta PE, ampliada con los códigos de las dos empresas. Para realizar la vinculación de las BD del nuevo período de estudio, directamente se utilizaron todas las PE elaboradas con anterioridad aplicando las funciones de búsqueda de MS-Excel sobre las columnas de los códigos de identificación de cada caso ("Suministro o NIS" para Energía San Juan y "Cuenta o NIC" para Ecogas Cuyana SA).

Cabe aclarar que en ambos años, previo a la vinculación de las BD, se tuvo especial precaución en la selección de los bimestres de consumo tanto de gas como de electricidad, pues no se corresponden exactamente con el mes calendario, ya que las fechas de lectura que realiza cada empresa dependen de su organización y metodología particular para efectuarla. Para homogeneizar las unidades de ambas BD (electricidad y gas), los consumos de gas en m³ se transformaron a kWh, multiplicándolos por una constante igual a 8,33kWh/m³, que surge de considerar una densidad del gas de 0,77 kg/m³, un poder calorífico de 9300 kcal/kg y un factor de conversión de unidades que iguala 1 kWh a 859,326 kcal/kWh. (Blasco Lucas et al, 2004; Duffy y Beckman, 1991; YPF, 1995; ENARGAS, 1998). Una vez obtenida la BD con todos los datos se programó el cálculo de los siguientes valores estacionales y anuales de ambos años para cada tipo de consumo y para la suma de los dos (Energía), en valores absolutos:

- ✓ promedio mensual y total anual
- ✓ total en estación verano (noviembre, diciembre, enero y febrero)
- ✓ total en estación invierno (mayo, junio, julio y agosto)
- ✓ total en periodo resto del año (marzo, abril, setiembre y octubre)
- ✓ promedio en estación verano, invierno, y en periodo resto del año

y en valores relativos:

- ✓ Porcentaje en estación verano, invierno, y en periodo resto del año

BD de Energía y Clima de Ambos Años

Para la vinculación entre la BD de energía y la BD climática se trabajó una por barrio. Para ello, se seleccionaron los datos de cada uno utilizando la función de filtrado produciendo seis BD y se traspusieron en un nuevo archivo. Del procesamiento de los datos climáticos del año 2006 realizado previamente (Hoesé y Blasco, 2011), se extrajeron los promedios mensuales de temperatura y radiación, los cuales se adaptaron al formato utilizado en el año 1999, usando como plantilla las planillas respectivas.

Depuración de las BD

Para lograr que la BD final tuviese gran consistencia, se puso especial énfasis en las tareas de depuración de los datos, que debieron realizarse registro por registro y en varias instancias. Si bien en algunos casos resultaba sencillo discernir sobre la decisión a tomar, en otros fue necesario realizar búsquedas manuales adicionales, que se llevaron a cabo con el fin de conservar la mayor cantidad de información posible. La reducción de los usuarios considerados no fue significativa, quedando una BD con suficiente cantidad de registros para cada muestra, lo cual permite extraer conclusiones representativas de cada conjunto. Luego de las diversas depuraciones se dispuso para el año 2006 de una BD de gas con 2497 usuarios, una BD de electricidad con 2253 y una BD de energía total de 2038 usuarios. Por otro lado, la BD que vincula los datos de ambos años contó con 1311 registros. A continuación se detallan las inconsistencias encontradas y los criterios adoptados para resolverlas.

Inconsistencias Sencillas

Las situaciones más comunes y sencillas de resolver fueron casos en que había usuarios con consumo excesivamente:

- altos y que permitían suponer razonablemente que no se correspondían con un consumo familiar. Por ejemplo, fue encontrado un caso donde luego se constató que funcionaba una panadería con hornos eléctricos.
- bajos o nulos, probablemente debido a que las viviendas estuvieron deshabitadas la mayor parte del año.
- discontinuos a lo largo del periodo analizado, posiblemente causado porque las viviendas tuvieron una ocupación irregular a lo largo del año.

El criterio aplicado fue el de eliminar aquellos que presentaban las dos últimas características en cada BD intermedia elaborada, mientras que la primera se resolvió en la BD final de energía, donde se decidió fijar como razonable una banda de consumo energético anual comprendida entre los 2000 y 25000 kWh y filtrar los datos para descartar los usuarios que estaban fuera de ella.

Inconsistencias Complejas

Las inconsistencias complejas tuvieron que ser analizadas individualmente y para intentar la recuperación de los registros se recurrió a la revisión manual de las planchetas catastrales y a numerosas rondas de consultas a las empresas de servicios. En varias oportunidades se logró resolver el problema existente, permitiendo ampliar la BD, pero en otras no se pudo salvar los vacíos de información, por lo cual se la desechó. En algunos casos no se encontró coincidencia en los NIS o NIC de los archivos de cada año, no pudiéndose completar la información buscada. Esto se pudo deber a que: a) cambió el usuario titular del suministro (propietario o inquilino de la vivienda), b) la vivienda se encontraba desocupada y se dió de baja al suministro, c) las viviendas no pertenecían a los barrios analizados, d) se trataba de departamentos (los cuales no se incluían en el estudio), etc.. También se encontraron casos en que, aunque el NIS o NIC coincidía, el domicilio obrante en el archivo del año 1999 no era coincidente con el domicilio obrante en el archivo del año 2006. Esto implicaba además que el CP, NC y CO no se correspondieran entre sí. Asimismo, otros casos tenían el mismo CP para usuarios con distinto NIS o NIC, al igual que la situación inversa.

Metodología de Transformación Logarítmica (MTL)

A los fines de realizar el análisis de la variación de consumos del año 1999 al 2006, se lleva a cabo una búsqueda de la metodología adecuada de análisis estadístico con objeto de realizar la comparación de los registros de consumo anual y estacional de electricidad y gas de ambos años en cada barrio (Avelín et al., 2011; Peña Sanchez, 2001; Roche, 1998).

El modelo de distribución de probabilidad que se ajusta a la forma en que se presentan los datos que son motivo de este trabajo, es el Modelo Logarítmico Normal. El mismo describe a poblaciones cuyos valores se concentran en forma asimétrica alrededor de un valor extremo. Para cualquier tipo de asimetría, ya sea positiva o negativa, se propone la “Transformación Logarítmica” para conseguir una analogía con el modelo normal (Montgomery y Runger, 2009; Morvillo, 2010).

Para ello se calcula una constante (C) cuya suma positiva o negativa implica una traslación horizontal del logaritmo, buscando encontrar la pendiente más adecuada para realizar la transformación. El valor de C se logra realizando iteraciones hasta dar con un coeficiente de asimetría aproximado a cero, en el que se obtendría una distribución normal. Finalmente se calcula la mediana M_e , que al ser obtenida mediante la MTL, es un valor altamente robusto y estable, pudiendo considerarse como un promedio de gran valor representativo.

COMPARACIÓN DE CONSUMOS DE AMBOS AÑOS

Se presentan análisis de dispersión realizados en ambos años. La Fig. 1, a la izquierda, representa los datos anuales de 1999 de consumo eléctrico, de gas y la suma de ambos (energía) y a la derecha para el año 2006. Se observa que la diferencia del tamaño de la muestra es uno de los factores que incide en una mayor dispersión de los valores, y se evidencia en el área más ancha que cubren las respectivas nubes de puntos.

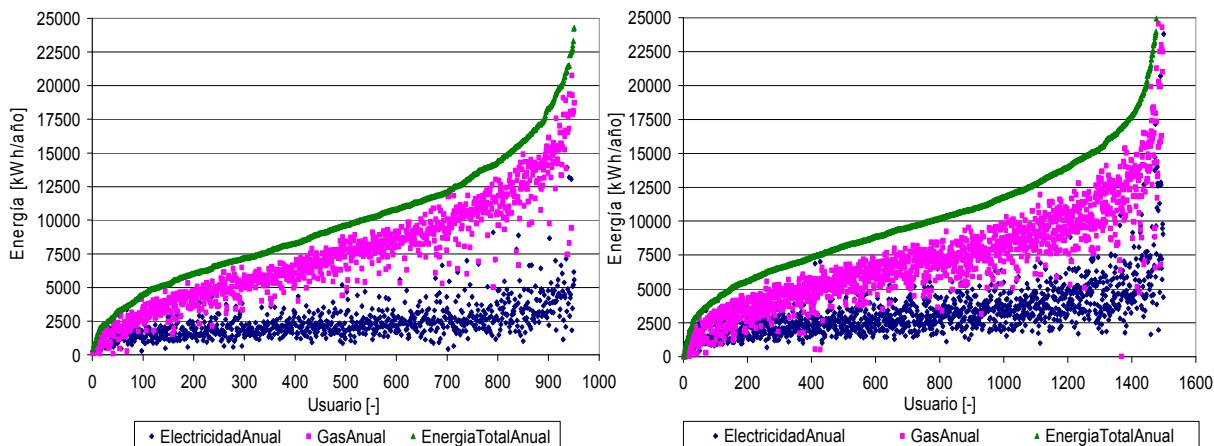


Fig. 1. Análisis de dispersión de consumos anuales en 1999 (Izq.) y en 2006 (Der.).

Si bien las gráficas resultantes guardan cierta similitud, existe un desplazamiento de los consumos de electricidad en 2006, acercándose más a los de gas que en 1999, indicando un incremento significativo de aquellos. Además el consumo de gas ha disminuido, principalmente en el sector de los consumos más elevados, contribuyendo a la mayor proximidad de los de electricidad. Las tendencias se compensan en parte, por ello el desarrollo de la curva de energía anual permanece casi invariable, sin embargo denota una mayor cantidad de usuarios con consumos superiores a los del año de referencia.

La dispersión de los datos estacionales de cada año se muestra en la Fig. 2. Hay una clara diferenciación de los consumos estacionales de 1999, en cambio existe una superposición de los valores de consumo estival y los del periodo de clima intermedio (Resto) en 2006, mostrando un incremento de consumo de energía en verano, y que una gran cantidad de usuarios ha disminuido el consumo de invierno. Hay una correspondencia biunívoca con el análisis previo, pues en verano se utiliza principalmente la electricidad para climatización de las viviendas, y en invierno el gas.

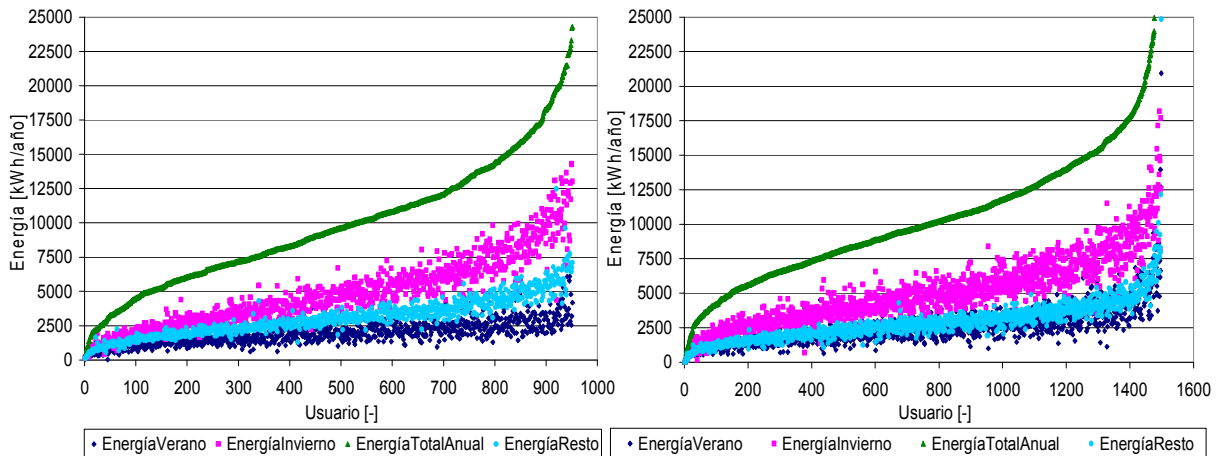


Fig. 2. Análisis de dispersión de consumos estacionales y anuales en 1999 (Izq.) y en 2006 (Der.).

Para estudiar la distribución de los consumos de energía anual se adoptaron dos criterios de definición de los rangos de los intervalos de frecuencia. En la Fig. 3 se ven los resultados de 1999 y 2006 respectivamente donde los límites fueron definidos a partir del análisis de los datos de 1999, y en la Fig. 4 los mismos resultaron de considerar para el intervalo un valor constante arbitrario de 1000 kWh.

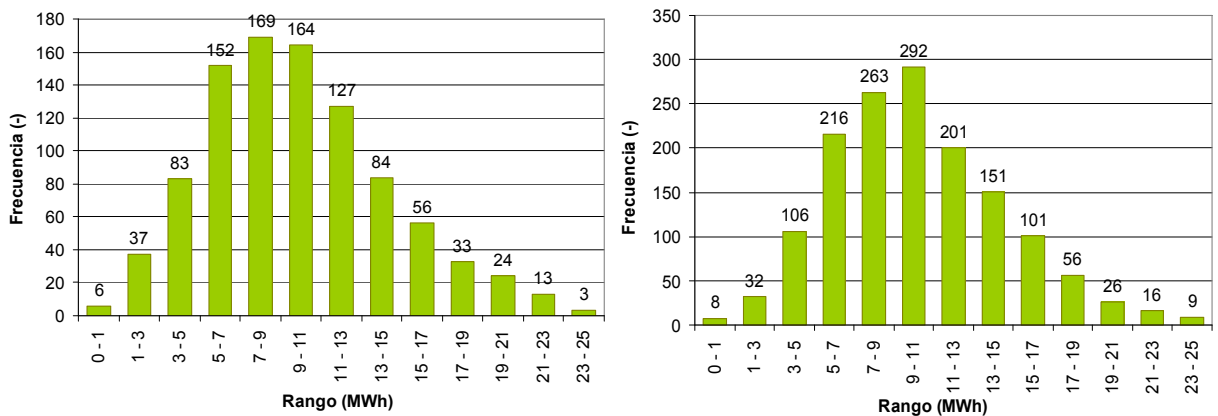


Fig. 3. Análisis de frecuencia de consumo de energía anual en 1999 (Izq.) y en 2006 (Der.).

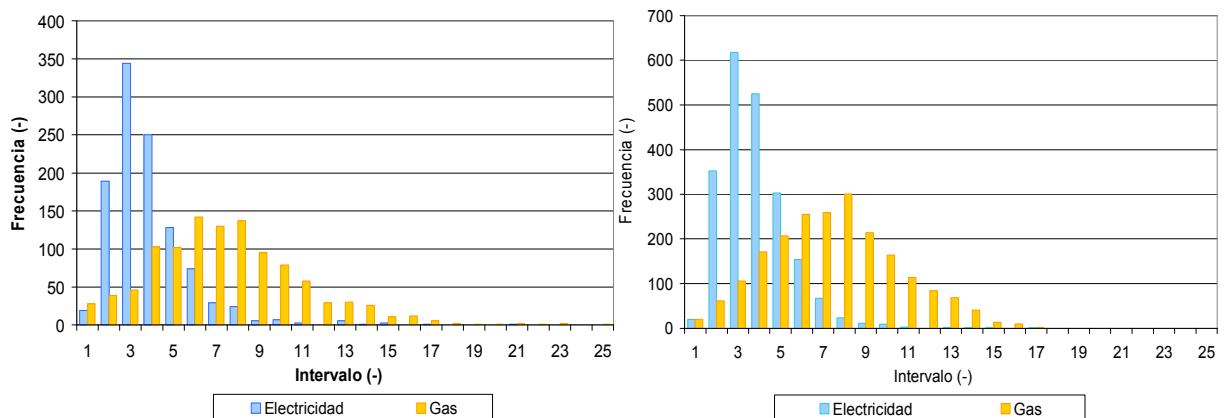


Fig. 4. Análisis de frecuencia de consumo de energía anual de electricidad y gas en 1999 (Izq.) y en 2006 (Der.).

Mientras que en la Fig. 3 Izq., se concentran las mayores frecuencias teniendo como eje el rango entre 7 y 9 MWh, en la Fig. 3 Der., lo hacen en el de 9 a 11 MWh, demostrando un aumento de consumo en el año 2006 y existiendo una tendencia a mejorar la simetría de la curva, lo cual indica que los límites adoptados serían adecuados. El desplazamiento observado anteriormente no es tan visible cuando se analizan los consumos anuales de gas y electricidad (Fig. 4) sobre un rango constante de 1 MWh, aunque las frecuencias en 2006 son superiores, esto podría asociarse al mayor tamaño de la muestra, pues los perfiles son muy similares entre los dos años.

La Tabla 1 sintetiza datos relevantes sobre las muestras que representaron en 1999 entre 19% y 87% de las viviendas individuales existentes en los barrios analizados, y entre 43% y 100% en 2006. El consumo eléctrico anual del conjunto completo de la muestra barrial asciende en 1999 a 3093 MWh y el de gas a 9613 MWh, siendo respectivamente el 24% y 76% del total de energía que alcanza 12706 MWh. En 2006 fueron respectivamente 4459 MWh y 9046 MWh representando el 33% y el 67% del total (13505 MWh). Las diferencias existentes en los valores absolutos de cada barrio están fuertemente condicionadas por la cantidad de viviendas contenidas en la muestra correspondiente. Así el Na, aunque presenta el porcentaje más bajo de viviendas muestrales en ambos años, es el barrio con mayor cantidad de casos relevados, de allí que sus consumos totales resultan muy altos.

Los consumos anuales promedio de cada vivienda varían de 2,1 MWh a 2,9 MWh en electricidad en 1999 y de 2,8 MWh a 3,8 MWh en 2006, entre 5,4 MWh a 7,8 MWh, y 8,4 MWh a 11,5 MWh respectivamente en gas, y en el total entre 7 MWh a 12,4 MWh en 1999, y 8,4 MWh a 11,5 MWh en 2006. Dividiendo este último en la superficie de la vivienda original de cada barrio, se obtiene un índice de consumo por unidad de superficie cuyo promedio fue 146 kWh/m² en 1999 y 157 kWh/m² en 2006, acusando un incremento del 7%.

Multiplicando el consumo anual promedio de las viviendas de cada barrio por el total real que lo forman se estima el consumo teórico anual de los mismos. La suma de todos llega a 28862 MWh y 30794 MWh respectivamente, y da una idea de la importancia que tiene el consumo residencial, tomando en cuenta que sólo se trata de 3028 viviendas. Para completar la información, las Tablas 2 a 4 muestran a continuación los valores máximos, mínimos y medios de consumo por vivienda para ambos años.

Consumo Anual		Año 1999							Año 2006							
		CRa	CRi	MBSJ	RiN	Ar	Na	Total / Prom.	CRa	CRi	MBSJ	RiN	Ar	Na	Total / Prom.	
Barrio	Total Viviendas	337	389	171	184	383	1564	3028	337	389	171	184	383	1564	3028	
	Muestra	Absoluto [-]	128	306	148	118	319	301	1320	305	354	168	159	383	669	2038
		Relativo (%)	38	79	87	64	83	19	44	91	91	98	86	100	43	67
	Eléctrico de la Muestra	Absoluto [MWh/año]	251	630	354	257	909	691	3093	356	940	549	332	1132	1150	4459
		Relativo (%)	30	27	23	21	23	25	24	36	34	32	28	31	35	33
	Gas de la Muestra	Absoluto [MWh/año]	580	1736	1166	985	3041	2104	9613	642	1812	1148	848	2477	2119	9046
		Relativo (%)	70	73	77	79	77	75	76	64	66	68	72	69	65	67
	Energía Total Teórica	Absoluto [MWh/año]	2353	3008	1756	1938	4743	14525	28862	2827	3498	1961	1840	4333	16986	30794
Energía Total Muestra	Absoluto [MWh/año]	831	2366	1520	1243	3950	2795	12706	998	2752	1697	1180	3609	3269	13505	
Vivienda	Eléctrico	Absoluto [MWh/año]	2,1	2,1	2,4	2,2	2,9	2,3	2,3	3,0	3,1	3,7	2,8	3,5	3,8	3,3
		Relativo (%)	30	27	23	21	23	25	24,8	36	34	32	28	31	35	32,8
	Gas	Absoluto [MWh/año]	4,9	5,7	7,9	8,4	9,5	7,0	7,2	5,4	5,9	7,8	7,2	7,8	7,0	6,8
		Relativo (%)	70	73	77	79	77	75	75,2	64	66	68	72	69	65	67,2
	Energía Total	Absoluto [MWh/año]	7,0	7,7	10,3	10,5	12,4	9,3	9,5	8,4	9,0	11,5	10,0	11,3	10,9	10,2
Por Unidad de Superficie [kWh/m ² año]		119	155	143	163	174	122	146,1	143	180	160	154	159	143	156,6	

Tabla 1. Consumos anuales por barrio y por vivienda en 1999 y en 2006.

Barrio	Consumo Eléctrico [MWh año]					
	Año 1999			Año 2006		
	máximo	mínimo	medio	máximo	mínimo	medio
CRa	5,57	0,30	2,11	8,11	0,96	2,99
CRi	13,92	0,28	2,06	14,01	0,83	3,07
MBSJ	8,65	0,51	2,39	13,33	1,09	3,71
RiN	6,10	0,34	2,18	10,44	0,45	2,81
Ar	13,06	0,55	2,85	16,84	0,64	3,55
Na	10,89	0,49	2,30	12,70	0,75	3,82
Promedio Muestra	9,70	0,41	2,32	12,57	0,79	3,33

Tabla 2. Valores máximos, mínimos y medios de consumos anuales de electricidad en ambos años.

Barrio	Consumo Gas [MWh año]					
	Año 1999			Año 2006		
	máximo	mínimo	medio	máximo	mínimo	medio
CRa	12,94	0,12	4,87	14,89	0,22	5,39
CRi	17,84	0,10	5,67	16,52	0,28	5,92
MBSJ	15,49	0,08	7,88	14,75	0,31	7,76
RiN	23,39	2,80	8,35	15,76	1,06	7,19
Ar	25,00	0,35	9,52	16,46	0,02	7,77
Na	23,41	0,17	6,73	17,34	0,73	7,04
Promedio Muestra	19,68	0,61	7,17	15,95	0,44	6,84

Tabla 3. Valores máximos, mínimos y medios de consumos anuales de gas en ambos años.

Barrio	Consumo Total Energía [MWh año]					
	Año 1999			Año 2006		
	máximo	mínimo	medio	máximo	mínimo	medio
CRa	14,43	0,42	6,98	18,47	2,08	8,39
CRi	21,48	0,73	7,73	19,72	2,17	8,99
MBSJ	18,98	1,40	10,27	19,34	2,70	11,47
RiN	25,00	4,15	10,52	19,30	2,19	10,00
Ar	25,00	0,90	12,36	19,85	2,88	11,31
Na	24,79	1,28	9,02	24,50	2,25	10,86
Promedio Muestra	21,61	1,48	9,48	20,20	2,38	10,17

Tabla 4. Valores máximos, mínimos y medios de consumos anuales de energía total en ambos años.

Aplicación de MTL

Debido a la relación que cada tipo de consumo guarda con las estaciones del año, el modelo estadístico MTL se aplicó para analizar la evolución de los consumos estacionales de ambos años, y los resultados se exponen en la Tabla 5. Se observa que el mayor incremento de consumo eléctrico en todos los barrios se produjo en verano, y varió de un 46% en el RiN y un 50% en el Ar, hasta un 108% en el MBSJ, situándose con valores elevados el Na (94%), el CRa (85%) y el CRi (83%).

Debido a las características de esta estación en la ciudad de San Juan, es muy posible que se deba a la instalación de equipos de aire acondicionado (AA). También aumentó, aunque en menor proporción en las otras dos épocas del año, y si bien podría suponerse que se debería al uso de AA frío-calor, también es factible que se hubiesen adquirido más electrodomésticos, gracias a mejores niveles de ingreso y precios más accesibles de los mismos y de la electricidad.

BARRIO	ESTACIÓN	ELECTRICIDAD (kWh)			GAS (kWh)		
		AÑO 1999	AÑO 2006	% VARIACIÓN	AÑO 1999	AÑO 2006	% VARIACIÓN
CRa	Invierno	646,25	718,64	Aumentó 11,2%	2504,33	2890,1	Aumentó 15,40%
	Verano	663,41	1225,12	Aumentó 84,67%	707,33	759,06	Aumentó 7,31%
	Resto	656,24	806,3	Aumentó 22,86%	1304,85	1221,86	Disminuyó 6,36%
CRi	Invierno	581,2	737,34	Aumentó 26,86%	2727,17	3204,7	Aumentó 17,51%
	Verano	619,51	1133,44	Aumentó 82,95%	882,47	802,15	Disminuyó 9,10%
	Resto	629,98	882,38	Aumentó 40,06%	1552,35	1429,64	Disminuyó 7,90%
MBSJ	Invierno	729,79	950,48	Aumentó 30,24%	4896,3	4469,21	Disminuyó 8,72%
	Verano	740,07	1542,71	Aumentó 108,45%	900,05	1007,27	Aumentó 11,91%
	Resto	745,62	918,68	Aumentó 23,21%	1983,25	2104,17	Aumentó 6,10%
RiN	Invierno	614,43	704,38	Aumentó 14,64%	4617,02	3919,13	Disminuyó 15,12%
	Verano	672,1	979,79	Aumentó 45,78%	1305,56	963,02	Disminuyó 26,24%
	Resto	677,65	797,44	Aumentó 17,68%	1952,78	1811,04	Disminuyó 7,26%
Ar	Invierno	774,46	844,39	Aumentó 9,03%	5050,6	4365,54	Disminuyó 13,57%
	Verano	879,87	1321,98	Aumentó 50,25%	1458,45	1138,76	Disminuyó 21,92%
	Resto	861,7	963,53	Aumentó 11,82%	2679,37	2012,66	Disminuyó 24,88%
Na	Invierno	659,58	960,54	Aumentó 45,63%	3546,48	4177,7	Aumentó 17,8%
	Verano	706,18	1368,3	Aumentó 93,76%	714,69	777,19	Aumentó 8,74%
	Resto	659,54	1100,84	Aumentó 66,88%	1897,38	1555,36	Disminuyó 18,03%

Tabla 5. Comparación de la evolución de consumos estacionales por barrio (Mediana estacional).

Con valores mucho más bajos, hubo también incrementos en el consumo de gas, principalmente en invierno, en los barrios CRa, CRi y Na, pero en ese mismo período disminuyó en los barrios MBSJ, RiN y Ar. La situación de estos últimos, con aumento de consumo eléctrico en invierno, sustentaría la hipótesis de un mayor uso de equipos AA frío-calor. Sólo en el MBSJ se acrecentó el consumo de gas en el resto del año, mientras que en los demás barrios decreció.

BARRIO	CANTIDAD MUESTRA	ELECTRICIDAD (KWh)			GAS (KWh)		
		AÑO 1999	AÑO 2006	% VARIACIÓN	AÑO 1999	AÑO 2006	% VARIACIÓN
CRa	119	1966,10	2793,20	Aumentó 42,07%	4629,19	5012,20	Aumentó 8,27%
CRi	306	1849,83	2782,71	Aumentó 50,43%	5301,42	5582,25	Aumentó 5,30%
MBSJ	148	2237,99	3459,80	Aumentó 54,59%	7826,85	7708,60	Disminuyó 1,51%
RiN	118	1979,70	2504,24	Aumentó 26,49%	7868,20	6666,98	Disminuyó 15,27%
Ar	319	2536,25	3165,10	Aumentó 24,79%	9203,96	7541,55	Disminuyó 18,06%
Na	301	2050,14	3469,58	Aumentó 69,24%	6302,55	6622,03	Aumentó 5,07%

Tabla 6. Comparación de la evolución de consumos anuales de los seis barrios (Mediana anual).

En la Tabla 6 se resumen los resultados de consumos anuales obtenidos por barrio con el mismo procedimiento. El consumo anual de energía eléctrica aumentó en todos los barrios, principalmente en el Na (69%) y el MBSJ (54,5%), seguidos por el CRi (50%) y el CRa (42%). El RiN (26,5%) y el Ar (24,8%) tuvieron los menores incrementos. El consumo de gas aumentó levemente entre 5 y 8% en tres de los barrios (CRa, CRi y Na) y disminuyó en el Ar (18%), el RiN (15%) y el MBSJ (1,5%).

CONCLUSIONES

Las herramientas elaboradas en 1999 fueron de gran utilidad para procesar los distintos tipos de información de modo que se adecuara a la clase de estudios que se realizaron en el proyecto (Blasco Lucas et al., 2004). En la presente investigación fue necesario desarrollar nuevos procedimientos y criterios para permitir el acoplamiento de años adicionales al análisis, lo cual ha sido expuesto en detalle. Adicionalmente, se incorporó a las BDs el barrio Na, que si bien había sido estudiado con anterioridad, sus datos no formaban parte de las mismas.

Como resultado se han logrado para distintos análisis, BDs consistentes y confiables de muestras representativas de los seis barrios, con los consumos de gas y electricidad para los dos años que se comparan, admitiendo el agregado de datos correspondientes a otros años y resultando de gran utilidad para continuar haciendo investigaciones de su evolución en el tiempo.

Las conclusiones parciales de cada análisis de los datos han sido descritas en los puntos respectivos, demostrando que en un lapso de tan sólo seis años se han producido cambios importantes en los comportamientos de consumo, invitando a continuar la profundización del tema y a aprovechar al máximo las BDs elaboradas.

La MTL permitió valores representativos muy confiables y más precisos que cuando se utilizan promedios directamente sobre la muestra, sin normalizarla previamente, resultando un procedimiento adecuado y sencillo para el tipo de análisis comparativo que se presenta.

El análisis comparativo de los consumos anuales de electricidad y gas entre los dos años permite obtener una idea global de la evolución que tuvieron, pero el estudio por temporadas climáticas facilita un mayor detalle y posibilita conclusiones concisas, que orientan correctamente para continuar realizando análisis más específicos.

En el período considerado los índices de precios y salarios aumentaron aproximadamente un 80%, mientras que la factura eléctrica (sin impuestos) de un consumidor de electricidad de 300 kWh mensuales aumentó alrededor del 50%, y la de un consumidor de gas de unos 120 m³ promedio se incrementó cerca de un 5%.

El hecho que el consumo de gas haya bajado inclusive en invierno aún cuando no hubo considerables aumentos de la tarifa, y que el de electricidad haya subido significativamente cuando el precio aumentó en mayor proporción que el de gas, estaría indicando que el superior crecimiento del nivel de ingresos ha relativizado el efecto de estas medidas y alentado a los usuarios a adquirir más electrodomésticos y equipos AA frío-calor, cuyos precios y planes de compra son cada vez más accesibles, a la vez que resultan muy fáciles de instalar y más cómodos de usar que equipos a gas, conduciendo a una actitud que ha priorizado el uso de la electricidad y posiblemente a actitudes personales que no fomentan el ahorro energético sino todo lo contrario.

El análisis de la evolución de consumos pone en evidencia la necesidad de iniciar programas serios e integrales para regular la demanda, e implementar políticas de ahorro energético, que contemplen un tratamiento correcto de cada uno de los múltiples factores que inciden en las tendencias de consumo.

Los resultados obtenidos son indicadores del comportamiento energético de numerosas viviendas similares pertenecientes a una gran cantidad de barrios suburbanos de la ciudad de San Juan, pues abarcan una diversidad interesante de muestras que son representativas de universos mucho más amplios.

REFERENCIAS

- Avelín R., Blasco Lucas I., Facchini M. (2011). Evolución de consumos energéticos. Informe final del proyecto PIC 21A813. Capítulo II-2, pp. 77-85. IRPha-FAUD-UNSJ.
- Blasco Lucas I., Facchini M., Pontoriero D., Rosés R., Carestía C. (2000). Consumos energéticos de viviendas suburbanas y su relación con parámetros urbano-arquitectónicos. *Energías Renovables y Medio Ambiente* Vol. 4, 1, 05.098-05.102.
- Blasco Lucas I., Facchini M., Gómez W., Pontoriero D., Hoesé L., Carestía C.. (2002). Análisis de consumos energéticos en barrios suburbanos de la ciudad de San Juan. *Energías Renovables y Medio Ambiente* Vol. 11, pp.11-18.
- 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.
- Blasco Lucas I. (2006). Potencial de ahorro energético en el sector residencial desde un enfoque bioclimático. FAUD-UNSJ. San Juan.
- Blasco Lucas I. (2008). Aportes de la arquitectura sustentable en el sector residencial, sobre el balance energético-ambiental argentino. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente (AVERMA)*, Vol. 12, pp. 07.17-07.24. Asociación Argentina de Energía Solar (ASADES), Salta.
- Blasco Lucas I. (2011). Mejora del comportamiento térmico en tipologías FONAVI. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* 15, tema 5.
- Casado J., Assaf L., Ayub F., García M. (2001). Estimación del ahorro energético en gas y electricidad utilizando el perfil social del consumo del sector residencial de San Miguel de Tucumán. *Energías Renovables y Medio Ambiente* Vol. 5, 07.13-07.18. ASADES, Salta, Argentina.
- Duffy J. & W. Beckman (1991). *Solar engineering of thermal processes*. Second edition. Tabla de conversión de unidades, pp. 828-829. John Wiley & Sons. NY, USA.
- 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.
- ENARGAS (1998). Resolución 622: Especificaciones de Calidad del Servicio de Gas. Normas Regulatorias.
- Esteves A., Vertraete J., Vilapriño R. (1992). Evaluación económica de conservación de energía y estrategias de diseño bioclimático en viviendas de interés social. CRICYT, Mendoza.
- Hoesé L., Blasco Lucas I. (2011). Análisis climático. Informe final del proyecto PIC 21A813. Capítulo II-3, pp. 87-110. IRPha-FAUD-UNSJ.
- Montgomery D., Runger G. (2009). *Probabilidad y estadística aplicadas a la Ingeniería*. Ed. Limusa. S.A, 2Edición. México.
- Morvillo M. (2010). Apuntes de la cátedra análisis estadístico. Carreras de Prof. de Física, Prof. de Química, Lic. en Ciencias Geológicas, Lic. en Geofísica. UNSJ. San Juan.
- Peña Sánchez D. (2001). *Fundamentos de estadística*. Alianza editorial, S.A. Madrid
- Roche J. (1989). *Estadísticas en las ciencias geológicas*. Ed. ISPJAE - Marianao, Ciudad de La Habana.
- Rosés R., Blasco Lucas I., Facchini M., Hoesé L., Avelín R. (2011). Consumo y climatización. Informe final del proyecto PIC 21A813. Capítulo II-5, pp. 127-158. IRPha-FAUD-UNSJ.
- Rosenfeld E., Discoli C., San Juan G., Martini I., Hoses S., Barbero D., Dominguez G. (2001). Estudio del comportamiento de mallas de redes e infraestructura y servicios de la aglomeración del Gran Buenos Aires-La Plata, Evaluación de eficiencia energética y calidad urbana. *Energías Renovables y Medio Ambiente*, Vol. 5, 07.61-07.66.
- YPF (1995). Tabla de Propiedades Físico-Químicas de Combustibles.

ABSTRACT: Interest in learning about the evolution of energy consumption in the residential sector of the San Juan city, Argentina, is supporting this research work. Data for 1999 from six suburban neighborhoods is used and improved the developed analysis tools in order to compare with those of the year 2006, allowing the inclusion of additional years in the future. The information was processed in relational databases and spreadsheets, linking consumptions to climatic parameters and geographic location. The statistical technique applied in the compared study is the lognormal model. Results determine that electricity consumption increased significantly in the total sample for all seasons, while the gas decreased even in winter in three neighborhoods, and increases submitted by the other three are well below those of electricity consumption.

Keywords: Energy, consumptions, housing, analysis, comparison.