

ANÁLISIS DE LA RELACIÓN ENTRE CLIMA Y CONSUMO ENERGÉTICO RESIDENCIAL EN LA CIUDAD DE SAN JUAN

Irene Blasco Lucas¹, Liliana Hoesé², Marcos Luis Facchini²

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, lhoese@iee.unsj.edu.ar, mlfacchini@gmail.com

Recibido:29-08-11; Aceptado:26-09-11.

RESUMEN.- Profundizar en el estudio de la relación existente entre el clima y los consumos energéticos residenciales sanjuaninos, es el objetivo del presente trabajo, que continúa para el año 2006, investigaciones previas realizadas en 1999 sobre muestras representativas de seis barrios suburbanos. Se mejoran las herramientas implementadas entonces en libros MS-Excel, que permiten relacionar en diferentes formas ambas variables en estudio aplicando diversas técnicas estadísticas y sistematizar los análisis en dos escalas (muestra completa y por barrio), por clases de consumos (electricidad, gas y energía total), en valores absolutos y relativos, separados por año o superpuestos. Se utilizan como indicadores los Grados-Día, el Índice Climático y el concepto del “usuario tipo”. Los resultados demuestran los distintos tipos de relaciones que hay entre clima y consumos en el universo de análisis seleccionado, las cuales responden a patrones similares, indicando que hay un uso preferencial de electricidad en verano y de gas en invierno para climatizar las viviendas.

Palabras Claves: clima, consumo, relación, residencial, sector

ANALYSIS OF THE RELATIONSHIP BETWEEN CLIMATE AND RESIDENTIAL ENERGY CONSUMPTION IN SAN JUAN CITY

ABSTRACT.- To deepen the study of the relationship between climate and residential energy consumption in San Juan is the objective of this work, which continues by the year 2006, previous research carried out in 1999 on representative samples of six suburban districts. Implemented tools are improved in MS-Excel books, which allow to relate in different ways using both variables under study applying various statistical techniques and systematize the analysis on two scales (total sample and by neighborhood), by type of consumption (electricity, gas and total energy), in absolute and relative terms, by separated or overlapped years. Indicators are used as Degree-Days, the Weather Index and the concept of "user type." The results demonstrate the different types of relationships between climate and consumption in the selected universe of analysis, which respond to similar patterns, indicating a preferential use of electricity in summer and gas in winter to conditioning homes.

Keywords: climate, consumption, relationship, residential, sector

1.- INTRODUCCIÓN

Los parámetros climáticos constituyen las variables externas, que influyen ineludiblemente en las condiciones higrotérmicas internas de las edificaciones, donde los moradores consumirán mayor o menor cantidad de energía para alcanzar confort, condicionados tanto por sus hábitos, preferencias y situación socio-económica, como también por la calidad de diseño y constructiva de la arquitectura y el entorno urbano que habitan. Por otra parte, el clima tiene un comportamiento aleatorio que varía constantemente, por ello, su incidencia sobre los consumos energéticos no es tan sencilla de determinar. A tal efecto, es sustancial contar con mediciones horarias confiables de temperatura, humedad, irradiancia solar y vientos.

El análisis del clima forma una parte importante del proceso de diseño bioclimático, precisamente en su inicio, para definir las estrategias que más conviene aplicar a fin de mejorar edificios existentes o realizar nuevos proyectos correctamente contextualizados. Pero también es fundamental luego para verificar analíticamente mediante simulaciones si cumplen las propiedades y cualidades necesarias, además de ajustar dimensiones. De allí que el procesamiento adecuado de los datos meteorológicos es imprescindible para el tipo de estudio que aborda el presente trabajo.

Como la finalidad de la actual pesquisa es lograr un diagnóstico de la evolución que hubo de los consumos de energía a un lapso comprendido entre 5 y 10 años, relacionados con el clima, para la selección del nuevo año de estudio se puso especial cuidado en que las mediciones fuesen muy consistentes (sin vacíos, ni errores). Por ello se analizaron los datos disponibles en el IEE-FI-UNSJ (Pontoriero y Hoesé, 2000 a 2010) desde el 2004 al 2008, y

1. Docente-Investigadora UNSJ Cat. I. 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 en el IEE-FI-UNSJ.

se comprobó que el 2006 era el que mejor cumplía con los requerimientos prefijados.

En investigaciones previas (Blasco Lucas et al., 2004 y 2006), ha quedado en evidencia que el clima es uno de los factores que incide fuertemente en el consumo energético residencial, por lo cual aquí se profundiza el análisis de la relación existente entre ambos a través de la comparación de los datos pertenecientes a los dos años seleccionados (1999 y 2006) sobre una misma muestra de estudio conformada por seis barrios suburbanos de gran representatividad en el Sector Residencial de la ciudad de San Juan.

2.- METODOLOGÍA

A partir de los estudios enfocados en viviendas barriales que se llevaron a cabo anteriormente, se llegó a cuantificar la relación que existe entre los consumos de energía y el clima, debidas a las variaciones estacionales biunívocas que acusan los mismos. Con el fin de profundizar en este aspecto, se comparan los cambios que tuvo la interacción entre ambas variables al pasar un lapso de seis años. Para ello se utilizan dos indicadores climáticos característicos: Grados-Día (GD) e Índice Climático (IC). El GD es la diferencia de la temperatura promedio mensual y una temperatura de referencia, considerada de confort. Los valores adoptados para esta última fueron 18°C en invierno-otoño y 24°C en verano-primavera, conforme a lo estipulado en la Norma IRAM 11604 (2001) para la zona. El IC es el cociente entre la irradiancia solar mensual promedio y el GD respectivo, que relativiza la intensidad de la energía solar incidente en función del déficit o excedente de temperatura en un lugar.

Se optimizaron los procedimientos y las Bases de Datos (BDs) ya elaboradas por el equipo con datos del año 1999 (Blasco Lucas et al., 2004), las cuales se completaron con los correspondientes al nuevo año de estudio (2006) en forma compatible y confiable. Para decidir si el comportamiento térmico es comparable se calculan valores estadísticos de la media anual y desviación estándar de la temperatura para los dos años y se realizan análisis de evolución temporal conjuntamente con los GD, y de dispersión, obteniendo las respectivas rectas de regresión.

El análisis se efectúa a dos escalas, uno abarcando los consumos mensuales del total de la muestra y el otro, de cada barrio individualmente. En ellos se estudian por separado los correspondientes a electricidad y a gas, como también la suma de ambos, denominada aquí “energía”. Para el primer nivel, se trabajó con la BD de consumos completa, cuyos valores mensuales se traspusieron en un nuevo archivo sobre la plantilla ya programada que vincula con la BD climática. Mediante la función de filtrado se seleccionaron en la misma los datos de cada barrio y se trasladaron a planillas independientes que posibilitaron una mayor agilidad del análisis en el segundo nivel.

Al igual que en 1999 se realiza el estudio de dispersión de consumos energéticos en relación a ambos indicadores climáticos, como también la variación temporal mensual de consumos respecto a cada uno de ellos. Adicionalmente se elaboraron planillas complementarias en un libro de MS-Excel, sobre las cuales se programó una hoja para cada tipo de análisis, que a modo de plantillas permitieron automatizar la representación gráfica de las variables respectivas, cargando previamente los datos resumen de las BDs de clima y de consumo con la función de “pegado especial,

valores”. De este modo, se relacionó la síntesis de temperaturas medias mensuales de ambos años y de los GD promedio mensuales, con los valores medios de consumo mensual, que define un “usuario tipo” de cada barrio, constituyéndose en el índice de esta categoría utilizado para las contrastaciones específicas, el cual permite realizar el análisis comparativo sobre una base homogénea dando una visión clara del conjunto.

3.- SOPORTES INFORMÁTICOS

Los parámetros considerados para implementar la BD climática de cada año fueron: Temperatura, Humedad Relativa, Irradiancia Global y Velocidad de Viento. Además se calcularon los Grados-Día. El procedimiento utilizado para crearla consistió en los siguientes pasos:

- ✓ **Conformación de la BD:** se organizaron las tablas en MS-Excel (1 por hoja) en formato estándar y conversión mediante macros de las lecturas obtenidas cada media hora a valores horarios.
- ✓ **Validación de la BD:** se compararon los datos con un “Año Tipo”, obtenido al tratar estadísticamente los datos correspondientes a 10 años consecutivos (Blasco Lucas et al., 1998).
- ✓ **Depuración de la BD:** usando funciones condicionales de formatos para establecer rangos típicos en cada variable, por ejemplo, para humedad relativa entre 0 y 100%, para temperatura entre -10 y 50°C, para irradiancia solar entre 0 y 1300 W/ m², y eliminar o corregir (según motivo de error) aquellos que estuviesen fuera de los mismos.
- ✓ **Generación de Tablas Dinámicas:** para automatizar el cálculo de los valores promedios, máximos y mínimos, permitiendo gran versatilidad en las consultas seleccionando el mes, el horario y la variable (Fig. 1).
- ✓ **Producción de Tablas normalizadas:** como producto de la Tabla Dinámica, pero en soporte propio.

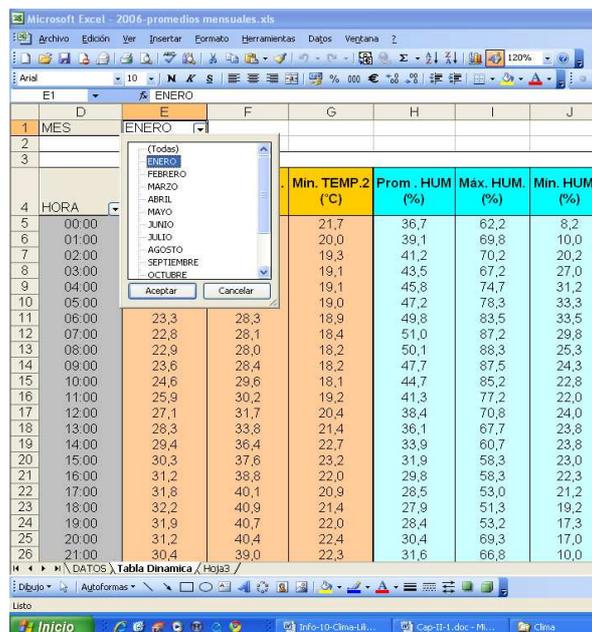


Fig. 1. BD Climática: Tabla Dinámica para 2006.

- ✓ **Interrelación de Variables:** para estudios de regresión lineal, por ejemplo entre Temperatura y Humedad, y entre Irradiancia Global y Grados-Día.

- ✓ **Representación Gráfica:** Automatización de la generación de gráficos de isofletas, lineales, de barras, y de dispersión.

Para la vincular los datos climáticos con los de consumo se implementaron dos tipos de BD. Una conteniendo todos los registros mensuales de cada barrio (Fig. 2) y otra con los promedios mensuales (Fig. 3).

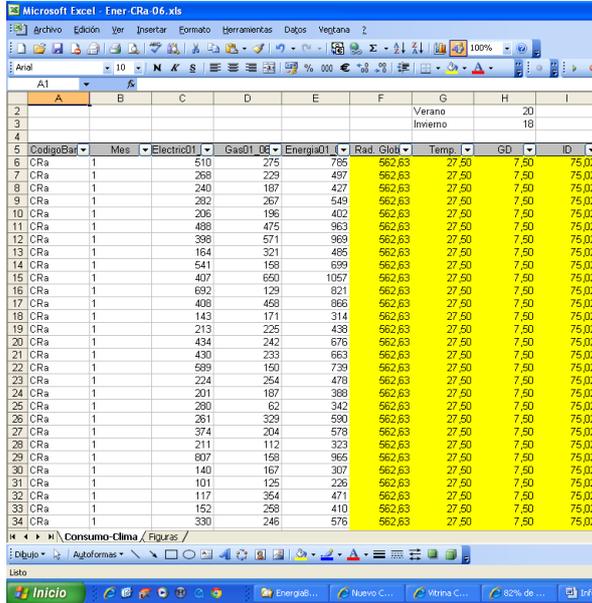


Fig. 2. BD de consumo y clima completa del año 2006.

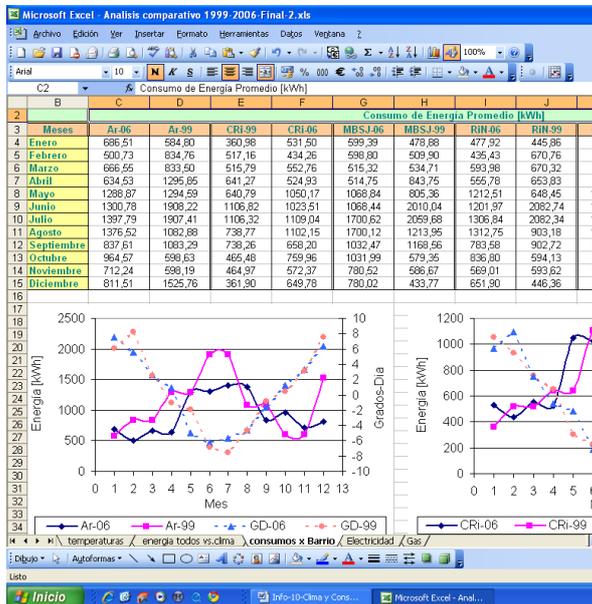


Fig. 3. BD para análisis de consumos y clima promedio.

4.- COMPARACIÓN DEL CLIMA DE AMBOS AÑOS

La comparación de valores medios mensuales de Temperatura y GD correspondientes a cada año se muestra en la Fig. 4, donde se observa que el año 2006 presenta variaciones suaves mientras que 1999 exhibe picos de temperaturas altas y bajas alrededor de la curva de 2006. El valor obtenido para la media anual de temperaturas es

coincidente en ambos años (19,4) mientras que la desviación estándar, que es una medida del grado de dispersión de los datos con respecto al valor promedio, difiere en 1 décima (5,6 – 5,7), lo cual indica un comportamiento similar.

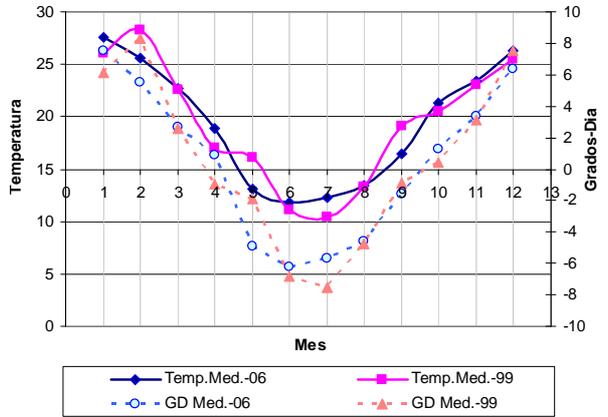


Fig. 4. Temperaturas medias mensuales y GD de cada año.

Este análisis indica que en ambos años los datos (medias mensuales) se distribuyen de manera similar respecto a la media anual, que es un valor constante, pero no muestra qué grado de similitud tienen los valores de ambos años entre si. Para esto se grafican los pares de valores correspondientes al mismo mes de cada año, resultando un gráfico de dispersión de datos (Fig. 5).

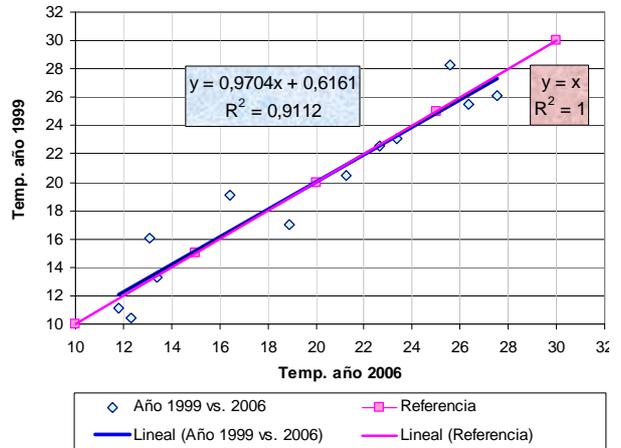


Fig. 5. Rectas de regresión de Temperatura de ambos años.

La recta de Referencia es una recta a 45° que correspondería al caso excepcional en que ambos años presentaran exactamente los mismos valores de temperatura mensual. Al graficar una línea de tendencia, que representa la media de los puntos graficados, los valores por encima de la recta muestran la cantidad de meses en que las temperaturas del año 1999 superaron a las del 2006; los puntos por debajo lo contrario. La distancia de los puntos a la recta permite visualizar la desviación de la media, es decir la proximidad entre los datos de un año y el otro para el mismo mes. Al analizar este gráfico, se pueden realizar las siguientes observaciones:

- ✓ El coeficiente de correlación R^2 cercano a 1 (0,9112) indica un buen ajuste de la recta a la serie de datos, lo cual significa que es representativa de su media. Prácticamente coincide con la de referencia, revelando que el comportamiento medio anual de los dos años se

acerca al caso ideal y por lo tanto los años pueden considerarse comparables, reafirmando lo establecido por los valores de media y desviación estándar calculados.

- ✓ El año 1999 presenta 3 meses con valores superiores al 2006, 3 meses prácticamente coincidentes y 6 con temperaturas inferiores al 2006 pero muy próximas a estas últimas.

Además en la Fig. 4 se grafica el índice de Grados Día para ambos años, que permite mostrar la necesidad de calefacción (valores negativos) o refrescamiento (valores positivos).

5.- CLIMA Y CONSUMOS TOTALES

La relación existente entre los consumos energéticos medios mensuales (electricidad + gas) de cada barrio correspondientes a un usuario tipo, con la temperatura media exterior y los GD respectivos se representa en la Fig. 6 para el año 1999 y en la Fig. 7 para el año 2006. En las mismas, las unidades de energía se adaptan para compatibilizar las escalas de las variables. Los Casos se identifican con letras.

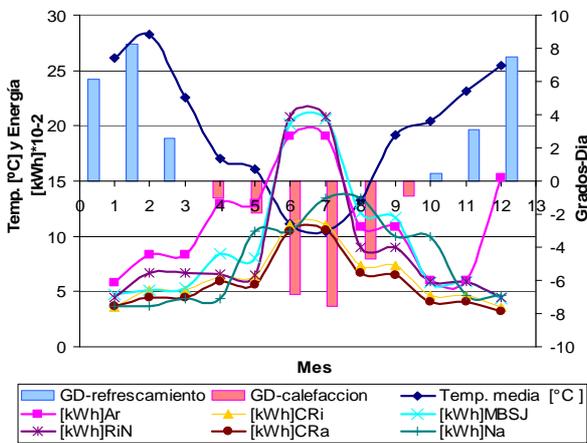


Fig. 6. Consumos, temperatura y GD del año 1999.

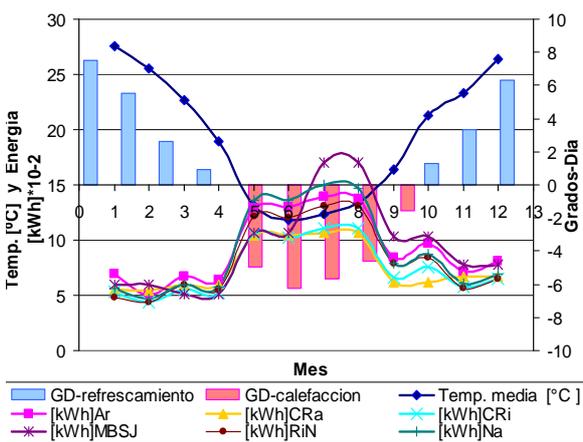


Fig. 7. Consumos, temperatura y GD del año 2006.

Del análisis de la Fig. 6, se desprende que:

- ✓ Si bien las líneas de consumo de los distintos barrios siguen patrones similares, los datos están más dispersos que en el gráfico correspondiente a 2006 y se hace más difícil establecer rangos de consumo por periodos prolongados para todos los barrios en conjunto.

- ✓ Durante el primer trimestre Enero-Marzo los consumos se mantienen en el rango de 400 a 800 kWh. Este periodo se corresponde con una necesidad de refrescamiento como lo muestra el diagrama de barras de los GD.
- ✓ En Abril y Mayo, meses en los cuales comienza a aparecer necesidad de calefacción, el límite mínimo de la franja de consumo aumenta de 400 a 600 kWh estableciéndose un nuevo rango de 600 a 800 kWh. Las excepciones son:
 - El Ar, con un consumo máximo de 1300 kWh.
 - El Na en el mes de Abril tiene el mínimo consumo (400 kWh) y en Mayo llega a 1000 kWh.
- ✓ En los meses de invierno -Junio y Julio- las necesidades de calefacción alcanzan un máximo, se pueden distinguir dos grupos y una excepción:
 - CRi y CRa de consumos mínimos con valores cercanos a los 1100 kWh.
 - MBSJ, RiN y Ar de consumos máximos (1700 a 2100 kWh).
 - La excepción la constituye el barrio Na, que presenta el consumo máximo desplazado hacia los meses de Julio y Agosto con valores cercanos a los 1400 kWh.
- ✓ En el periodo Agosto-Septiembre los consumos disminuyen; para el grupo de consumo mínimo baja a 700 kWh y para el grupo de máxima el rango de consumos se establece en 900 a 1200 kWh.
- ✓ Durante el último trimestre, Octubre-Diciembre los consumos siguen disminuyendo ubicándose en la franja de 300 a 600 kWh con dos excepciones:
 - El Na que en Octubre mantiene el consumo de Septiembre en 1000 kWh.
 - El Ar que presenta el consumo máximo para el mes de Diciembre de 1600 kWh.

Por otro lado, en la Fig. 7, se puede observar:

- ✓ Un comportamiento similar en todos los barrios con excepción del MBSJ que presenta máximos de consumo mayores que el resto en los meses de Julio y Agosto.
- ✓ En los meses de Enero a Abril, cuando hay necesidad de refrescamiento decreciente según el gráfico de GD, el consumo de todos los barrios se mantiene prácticamente constante dentro de la franja de 400 a 700 kWh
- ✓ En el periodo de Septiembre a Diciembre ocurre algo similar pero con una mayor dispersión de los datos y un desplazamiento de la franja de consumos, ahora entre 600 y 1000 kWh.
- ✓ Durante los meses de Mayo a Agosto, que presentan necesidad de calefacción, los consumos aumentan y se ubican entre los 1000 y 1500 kWh con excepción de MBSJ que muestra un consumo máximo de 1700 kWh en los meses de Julio y Agosto

Dejando de lado los casos excepcionales, los valores mínimos de consumo energético se presentan en el primer y último trimestre de ambos años, con un rango en 2006 de 400 a 1000 kWh y en 1999 de 300 a 800 kWh. Podría suponerse que el aumento en la amplitud de rango en 2006 se debe a un incremento, con el tiempo, de la cantidad de electrodomésticos, especialmente de ventiladores o aparatos de aire acondicionado. Por otra parte, los consumos máximos se encuentran en la época invernal que varía de

acuerdo al gráfico de GD, haciéndose más extenso en 2006 (Mayo-Agosto) y más concentrado en 1999 (Junio-Julio). El rango de consumos para 2006 está entre 1000 y 1500 kWh, mientras que en 1999 corresponde un mínimo de 1000 a 1400 y un máximo de 1900 a 2100.

Los valores mínimos del rango coinciden en ambos años pero el máximo disminuye hacia 2006. Esto se asocia a la necesidad de calefacción, que según el diagrama de GD, es superior en 1999, y la misma es generalmente cubierta usando gas. Para poder analizar estos puntos con más detalle se realiza una comparación de consumos de gas y energía eléctrica por separado en los títulos siguientes.

Para una mejor comparación entre los dos años, se correlacionan los consumos y GD de ambos en gráficas individuales por barrio, como la Fig. 8, que muestra el Caso Na. En ella se ve con claridad el aumento de consumos que se produce en el año 2006, parcialmente causado por la variación climática, lo cual sucede en forma similar para los Casos CRa y CRi. El Ar presenta un claro descenso de consumos en este año respecto 1999, al igual que MBSJ pero menos pronunciado, mientras que RiN los incrementa en verano y los disminuye en invierno.

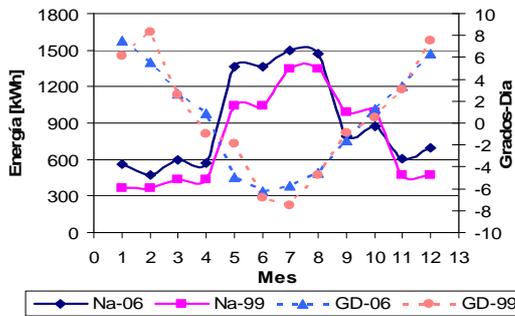


Fig. 8. Relación entre los datos de ambos años del Na.

Como ejemplo del análisis que se realiza sobre la relación entre el IC con los consumos del total de la muestra se presenta la Fig. 9 para 2006, y la Fig. 9 para 1999.

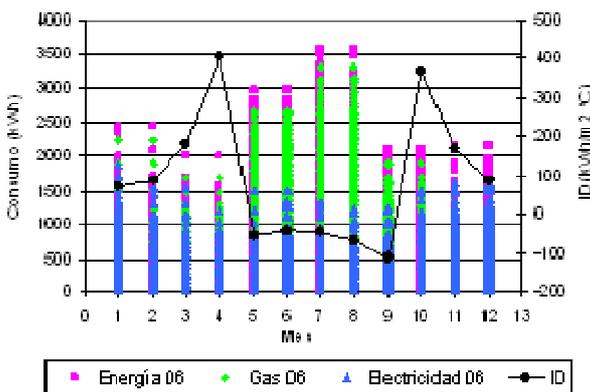


Fig. 9. Relación entre el IC y los consumos del total de la muestra para el año 2006.

En la Fig. 9 se observa que los mayores consumos de energía (entre 2 y 3 MWh/mes) se producen en los rangos de IC comprendidos entre -100 y 0 kWh/m²°C, y de GD entre -6°C y 2°C, valores que corresponden a los meses de invierno. Los meses de las estaciones intermedias, que tienen una elevada radiación solar y GD casi neutro (1°C a

2°C), poseen el valor de IC más alto, por ello los consumos disminuyen permaneciendo entre 1,6 y 2 MWh/mes. En verano el IC se mantiene entre 75 MWh/m²°C y 170 MWh/m²°C y el GD entre 3°C y 8°C, mientras que los consumos varían entre 2 y 2,5 MWh/mes, resultando casi iguales al resto del año, lo cual estaría denotando un serio déficit en el confort interior durante el período estival. El consumo de gas en todos los casos, presenta una relación inversa con los GD, por el contrario, el de electricidad presenta una relación directa. Esta correspondencia se debe a que la mayoría de los habitantes hacen uso preferencial del gas para la calefacción de sus viviendas en invierno, y de la electricidad en verano.

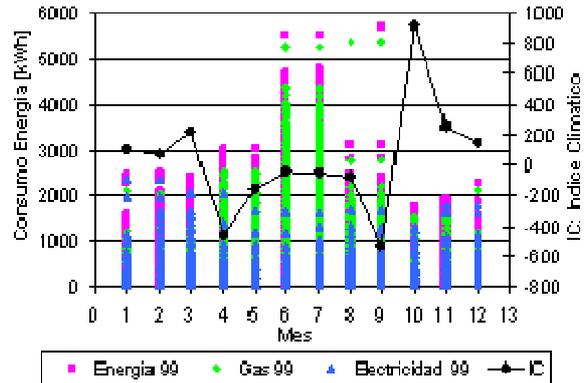


Fig. 10. Relación entre el IC y los consumos del total de la muestra para el año 1999.

En el análisis homólogo de 1999 sucede algo similar (Fig. 10), pero con valores más extremos, así los consumos de energía de invierno varían entre 3 y 4,7 MWh/mes, mientras que el IC lo hace entre -600 y -30 MWh/m²°C. En otoño el IC alcanza 900 y en primavera 200 MWh/m²°C, con consumos de 1,7 y 2,4 MWh/mes respectivamente. En el verano el IC está entre 70 y 240 MWh/m²°C y los consumos entre 2 y 2,5 MWh/mes. Por otro lado, en la Fig 11 se relaciona el IC con el consumo de energía total de todas las viviendas de cada barrio en el año 2006, y en la Fig. 12 para 1999.

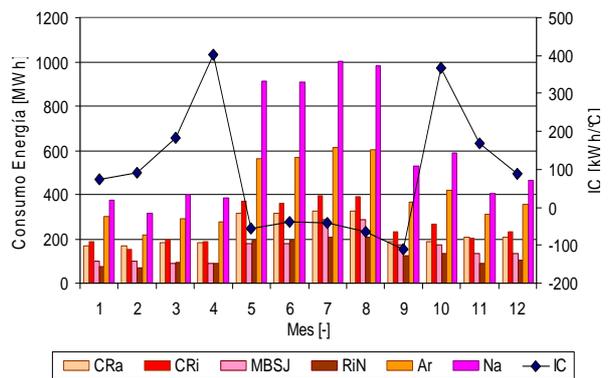


Fig. 11. Relación entre el IC y el consumo de energía total mensual de cada barrio para el año 2006.

En los resultados de la Fig. 11 se producen los comportamientos antes descritos en la relación entre el IC y los consumos, existiendo diferencias importantes de a pares en los barrios, pues tienen consumos mensuales análogos el CRi y el CRa, el MBSJ y el RiN, como también con mayores variaciones, el Na y el Ar, siendo más elevados los

correspondientes a los mencionados en primer lugar. El Ar con una cantidad de viviendas similar al CRa y al CRi, presenta consumos mensuales muy superiores. Los barrios con los consumos mensuales más bajos fueron el RiN y el MBSJ, y con los más altos el Na y el Ar, quedando el CRi y el CRa con los intermedios.

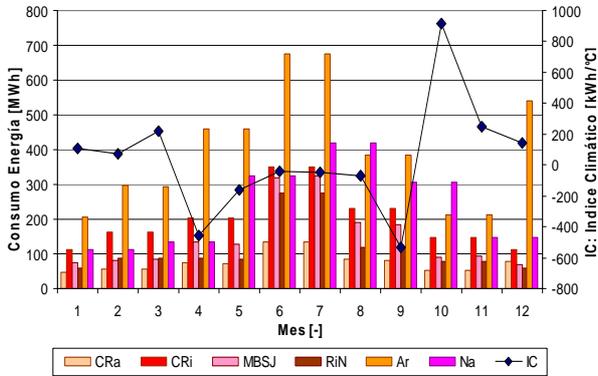


Fig. 12. Relación entre el IC y el consumo de energía total mensual de cada barrio para el año 2006.

En el año 1999 (Fig. 13) se repite el patrón de relación entre el IC y los consumos, pero el Ar con casi la misma cantidad de viviendas que el CRi y el Na, supera ampliamente a todos los Casos, seguido del Na. El CRi, el MBSJ y el RiN están más parejos entre sí. Un consumo muy inferior lo tiene el CRa, aún cuando casi iguala el número de hogares de MBSJ y RiN.

6.- CLIMA Y CONSUMO ELÉCTRICO

Los resultados del comportamiento de consumos eléctricos medios mensuales de todos los casos en estudio relacionados con los GD de refrescamiento se representan en las Figs. 13 y 14, respectivamente para 1999 y 2006.

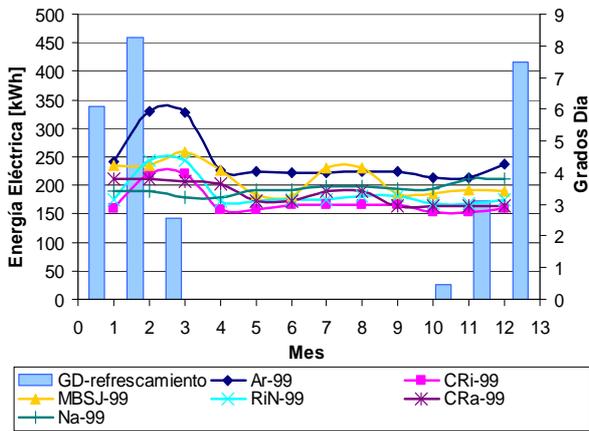


Fig. 13. Consumo eléctrico medio mensual de todos los barrios, y GD de refrescamiento del año 1999.

En la Fig. 13 se aprecia que:

- ✓ Todos los Casos tienen patrones similares con consumos máximos en los meses de Febrero y Marzo en un rango de 200 a 330 kWh, correspondiendo también con el máximo de GD en el mes de Febrero.
- ✓ En el resto del año a partir de Abril hasta Diciembre, incluyendo Enero los consumos se mantienen constantes en un rango de 160 a 240 kWh.

En la Fig. 14 se puede ver que:

- ✓ Todas las curvas muestran el mismo comportamiento con aumento de consumo en los meses con necesidad de refrescamiento (diagrama de GD), y permaneciendo prácticamente constante en el resto de los meses.
- ✓ Los consumos máximos se presentan en forma simétrica, en un rango de 300 a 450 kWh en los meses de Enero y Diciembre disminuyendo hasta 200 a 250 en Abril, rango que se mantiene durante la época invernal hasta Septiembre, volviendo a aumentar a partir de Octubre hasta el rango de máxima en Diciembre.

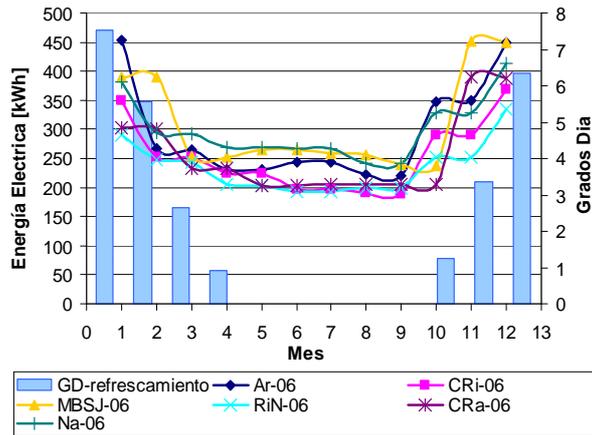


Fig. 14. Consumo eléctrico medio mensual de todos los barrios, y GD de refrescamiento del año 2006.

En todos los Casos los consumos correspondientes al año 2006 superan a los de 1999 sobre todo en la época estival, con excepción del Ar que presenta mayores valores en Febrero y Marzo de 1999. Los mínimos de consumo para 2006 en el periodo invernal [200 kWh] coinciden con el promedio para 1999 y en el periodo estival estas diferencias son todavía mayores. Además los consumos del 2006 crecen en forma proporcional a las necesidades de refrescamiento, lo cual no ocurre en 1999 donde se mantienen constantes con excepción de los meses de Febrero y Marzo cuando se corresponden con un pico de los GD en el primero.

El análisis de ambos años superpuestos se realiza por barrio, obteniendo gráficas como la Fig. 15 para el Caso Na, donde se ven con mayor claridad los importantes incrementos de consumo eléctrico principalmente en verano durante el 2006, acompañando la variación de GD de refrescamiento. Este comportamiento se repite para los demás barrios, pero con aumentos menores en los períodos de invierno y resto del año.

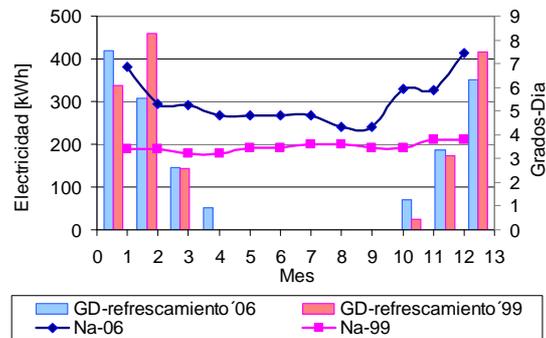


Fig. 15. Relación entre los datos de ambos años del Na.

Las Figs 16 y 17 presentan la sumatoria de consumos eléctricos mensuales de todas las viviendas de cada muestra barrial, relacionados con el IC, para 2006 y el 1999 respectivamente. En general, los consumos eléctricos de 2006 son máximos cuando el IC varía entre 75 y 170 MWh/m²°C en verano, y mínimos con el IC de -55 a -112 MWh/m²°C, en invierno.

Los valores más elevados se presentan en los barrios Na, Ar y CRi. La cantidad de viviendas de cada muestra influye en ello, pues mientras que el Ar tuvo 383 y el CRi 354, el Na casi duplica el número de cada uno con 669 hogares.

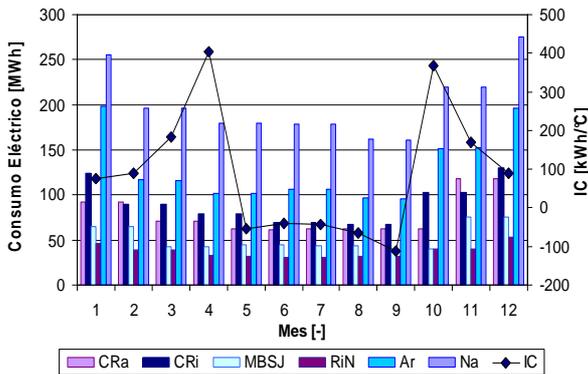


Fig. 16. ID y consumo eléctrico mensual de todas las viviendas de cada muestra barrial en el año 2006.

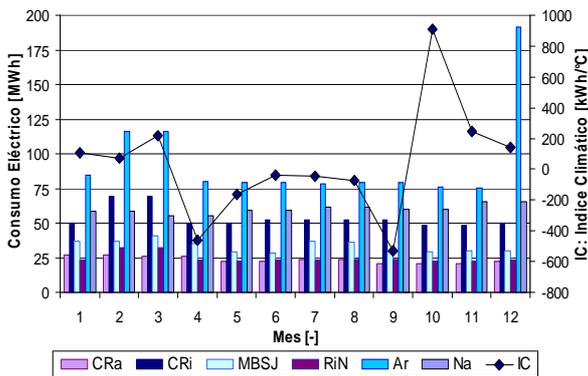


Fig. 17. ID y consumo eléctrico mensual de todas las viviendas de cada muestra barrial en el año 1999.

Durante el año 1999 (Fig. 17) los consumos eléctricos más elevados se producen cuando el IC es más bajo en sus valores positivos, y permanecen más bajos y casi constantes en sus valores negativos.

7.- CLIMA Y CONSUMO DE GAS

El consumo de gas medio mensual de un usuario tipo por barrio se relaciona con los GD de calefacción (invertidos) en la Fig. 18 para el año 1999, donde se observa que:

- ✓ Las curvas de consumo se presentan más dispersas que en el año 2006, si bien responden los aumentos de consumo a los gráficos de GD de calefacción, los rangos son mucho más amplios.
- ✓ Se pueden establecer dos grupos, uno de consumos máximos correspondiente a los Barrios RiN, MBSJ y Ar, y otro de consumos mínimos: CRi y CRa.

- ✓ El Na puede incluirse en este último grupo, con un desplazamiento de los consumos máximos de un mes con respecto al grupo.

- ✓ En el periodo sin necesidad de calefacción el consumo se mantiene en una franja constante [200-500 kWh].

De la Fig. 19, para el año 2006, se deduce que:

- ✓ Todas las curvas muestran un comportamiento similar, manteniéndose paralelas a lo largo del año.
- ✓ La excepción la constituye el MBSJ que presenta los consumos mínimos hasta el mes de Junio, y es el barrio con máximos consumos a partir de Julio.
- ✓ Las variaciones en el consumo de gas se corresponden con los de GD de calefacción.
- ✓ Los consumos en el periodo Enero a Abril y Noviembre a Diciembre se mantienen en una franja de mínimo consumo [200 a 400kWh].

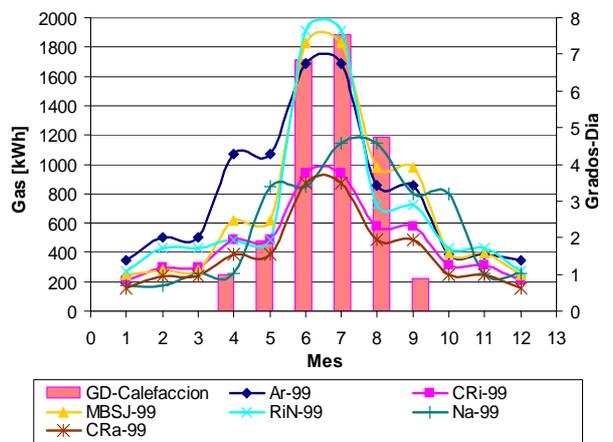


Fig. 18. Consumo de gas medio mensual de todos los barrios, y GD de calefacción del año 1999.

Se puede afirmar que en todos los Casos los consumos máximos de gas en ambos años corresponden al periodo invernal, manteniéndose en un consumo mínimo de 200 a 500 kWh en los meses con necesidad de refrescamiento. En la mayoría de los barrios (con excepción del MBSJ) las curvas de consumos responden a la variación de los diagramas de GD, con curvas achatadas para 2006 correspondiendo a un invierno más largo y suave, y con picos en los meses de Junio y Julio para 1999.

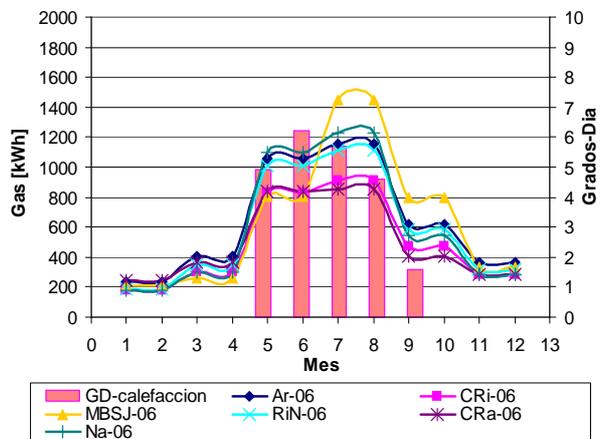


Fig. 19. Consumo de gas medio mensual de todos los barrios, y GD de calefacción del año 2006.

No se observan diferencias marcadas de consumo de gas entre un año y otro para todos los barrios analizados. En 4 de los 6 Casos, los consumos correspondientes a los meses de invierno son mayores en 1999, respondiendo a una mayor necesidad de calefacción conforme el GD. Esta escasa variación en el consumo de gas entre un año y otro, y el hecho de que las curvas respectivas responden en cada Caso a la fluctuación de los diagramas de GD, indican que la falta de confort en el periodo invernal es cubierta en gran medida usando gas para calefaccionar las viviendas.

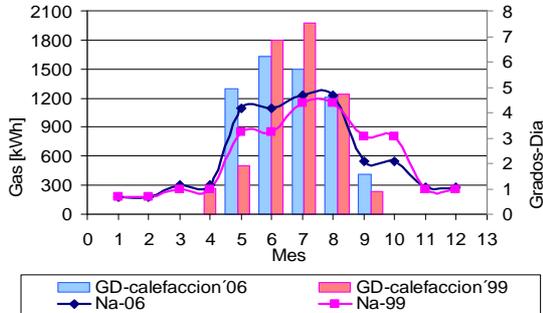


Fig. 20. Relación entre los datos de ambos años del Na.

El análisis conjunto de ambos años realizado por barrio, permiten gráficas como la Fig. 20 para el Caso Na, donde la relación de los consumos de gas con los GD es directa, siendo ambas variables más elevadas en el 2006. Las gráficas no incluidas (por motivos de espacio) de los otros barrios muestran que los consumos de ese año permanecen más bajos en Ar, MBSJ y RiN, e iguales en CRa y CRi.

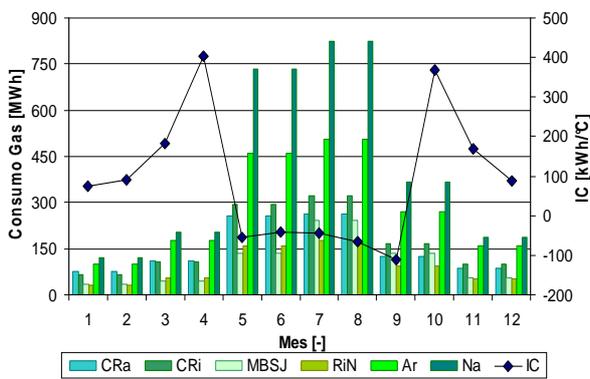


Fig. 21. ID y consumo de gas mensual de todas las viviendas de cada muestra barrial en el año 2006.

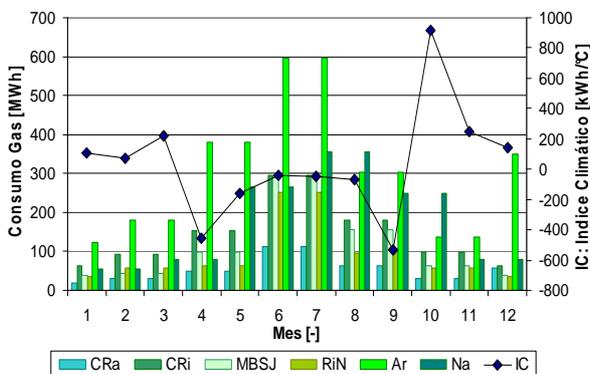


Fig. 22. ID y consumo de gas mensual de todas las viviendas de cada muestra barrial en el año 1999.

Cuando se analiza el total de viviendas de cada muestra barrial se comprueba una clara correlación entre ID y consumos de gas tanto en el año 2006 (Fig. 21) como en el año 1999 (Fig. 22).

8.- CONCLUSIONES

La estrecha relación existente entre consumo residencial y clima en la ciudad de San Juan queda demostrada utilizando dos indicadores, los GD y el ID, que juntos reflejan las necesidades de climatización correspondientes a cada año en estudio, como también la aleatoriedad que caracteriza los eventos meteorológicos. Estos indicadores ponderan las diferencias existentes entre ambos años -que según la comparación de temperaturas realizada presentan una gran similitud climática- permitiendo visualizar mejor la correlación entre las dos variables en estudio. De este modo, facilitan además la detección de la influencia de otros factores en los comportamientos de consumos, por la forma en que se producen los cambios de los mismos en cada año.

La sistematización de los análisis diferenciados tanto en escalas (muestra completa y por barrio) como en clases de consumos (electricidad, gas y energía total), realizados con valores absolutos y relativos, como también utilizando el concepto del "usuario tipo", separados por año o superpuestos, contribuye a la consistencia de los resultados.

Las herramientas implementadas en MS-Excel acoplan las BDs elaboradas anteriormente, permitiendo una gran cantidad de posibilidades de análisis, algunos de los cuales han sido mostrados en este artículo. Las mismas se convierten en un práctico instrumento para realizar estudios similares de años adicionales o de otros Casos de estudio.

En base a lo expresado en el análisis de resultados parciales se puede establecer lo siguiente:

- ✓ En todos los casos las curvas de consumo forman patrones similares y superpuestos, lo cual significa que la diferencia de consumo entre barrio y barrio puede deberse a la incidencia de otros factores, tales como el poder adquisitivo de cada uno, pero las fluctuaciones responden a los GD, salvo algunas excepciones.
- ✓ Los consumos máximos de energía eléctrica se presentan en verano manteniéndose en un rango mínimo y constante en invierno; a su vez, los máximos de gas se presentan en invierno manteniéndose en un rango mínimo y constante en verano.
- ✓ El análisis realizado en ambos años indica que los consumos de energía máximos se usan para cubrir las necesidades de confort higrotérmicos, ya sea de refrescamiento o calefacción.

Se podría especular que el aumento de consumo energético en 2006 -con un clima más moderado que el año 1999- se relaciona con un incremento del poder adquisitivo de la población y/o estabilidad en el precio de la energía que permitieron, sobre todo en el periodo estival, cubrir mejor las necesidades de confort de los habitantes, pues se ha constatado que por sus diseños y sistemas constructivos, las las viviendas analizadas, son deficitarias en este aspecto.

REFERENCIAS

Blasco Lucas I., Hoesé L., Pontoriero D., Garces F. (1998). *Method and Software for Passive Systems Predesign*. WREC V (World Renewable Energy Congress V), Florencia, Italia.

- 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.
- 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.