

EVALUACION ENERGETICA DE DOS VIVIENDAS UNIFAMILIARES LOCALIZADAS EN EL GRAN BUENOS AIRES

G. Casabianca

Centro de Investigación Hábitat y Energía – Secretaría de Investigaciones
Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo - Universidad de Buenos Aires
Pabellón III – 4° Piso – Ciudad Universitaria – Capital Federal
Tel. (011) 4789-6274 - e-mail: gacasabianca@yahoo.com.ar

RESUMEN: Este trabajo expone los resultados preliminares de la evaluación del comportamiento energético de dos viviendas unifamiliares ubicadas en el Gran Buenos Aires. Las dos viviendas tienen características de emplazamiento, ocupación y calidad constructiva similares, aunque una de ellas fue diseñada teniendo en cuenta criterios de diseño bioambiental. En el desarrollo del trabajo se estudiaron y midieron las temperaturas internas, se analizó el gasto energético necesario para mantener las condiciones de confort y se realizaron encuestas a los ocupantes para determinar su sensación subjetiva de confort. Los resultados del análisis realizado en la época invernal muestran que las diferencias se evidencian en el consumo de energía y se propone una nueva etapa de mediciones de temperatura en una época más cálida con el fin de detectar la incidencia de las pautas de diseño bioclimático en la variación de temperaturas interiores sin el aporte de calefacción auxiliar.

Palabras clave: comportamiento energético, temperaturas interiores, consumo de energía.

INTRODUCCION

En el marco de diversos estudios de evaluación energética en el sector residencial, se realizó el análisis de 2 viviendas localizadas en la zona sur del Gran Buenos Aires, en la localidad de Temperley. Las dos viviendas evaluadas se encuentran ubicadas en la misma manzana, entre medianeras, separadas entre sí por una parcela de 8.66 m de ancho sin construcciones; tienen igual orientación (Norte) y se encuentran ubicadas en una zona residencial suburbana de densidad media a baja. Ambas fueron construidas alrededor de la misma época (tienen 12 y 14 años de uso) y pautas de ocupación similares (2 adultos, 2 jóvenes y un menor de 5 años). El tipo de construcción es de buena calidad en ambas viviendas, pero una de ellas fue diseñada incorporando pautas de diseño bioambiental en el desarrollo del proyecto.

Si bien existen numerosos antecedentes de evaluación energética en viviendas, la mayor parte de estos estudios se han llevado a cabo en viviendas de interés social, y se han estudiado menos las características del comportamiento energético de viviendas correspondientes a un nivel económico medio a medio/alto, en general muy bien construidas, de buena calidad y que conforman gran parte del tejido edilicio de las ciudades de nuestro país. Debido a factores comunes de emplazamiento, uso, cantidad de ocupantes, y además buena disposición por parte de los propietarios, estas viviendas presentan buenas condiciones para realizar un estudio comparativo al permitir equiparar gran parte de las variables que inciden en su comportamiento energético.

OBJETIVOS

El objetivo principal de la evaluación es determinar y comparar el comportamiento energético de ambas viviendas, verificando la incidencia efectiva de los aspectos bioclimáticos tomados en cuenta en el diseño de una de ellas, en el consumo de energía y el confort de los espacios interiores. Otros objetivos particulares son relacionar las temperaturas internas medidas y la percepción de confort por parte de los ocupantes y verificar la cantidad de energía invertida para lograr confort térmico y visual en relación con la energía destinada para otros usos dentro de la vivienda.

DESCRIPCION DE LAS VIVIENDAS ANALIZADAS

Las viviendas estudiadas se identifican como *vivienda 1*, la vivienda diseñada incorporando pautas bioclimáticas, y *vivienda 2* la proyectada sin tener en cuenta estos aspectos.

Vivienda 1 (figuras 1y 2)

Tiene una superficie total de 190 m², y está implantada en una parcela de 10,40 m de frente por 34 m de fondo. En su diseño fueron contempladas las siguientes pautas de diseño bioambiental:

- Implantación de la vivienda en la parcela de manera que permitiera contar con espacios exteriores soleados y al reparo de brisas en invierno, y con sombra en verano. Se ubicó la vivienda dejando un retiro de 10 m en el frente, generando dos patios, uno al frente, con sol para ser utilizado en invierno y otro en el fondo, al sur, para ser utilizado en verano, ya que además cuenta con las sombras proporcionadas por árboles existentes en el terreno, de copa amplia y hoja perenne.

- Diseño de la envolvente edilicia tendiente a minimizar las sombras proyectadas por el edificio sobre el terreno en invierno y que reduzca las superficies verticales con orientación sur. Recientemente se agregó una galería en la fachada sur, que reduce la exposición del volumen de la vivienda a los vientos provenientes del sur y sudoeste.
- Ubicación de los locales principales, -estar, comedor y dormitorios-, al Norte y servicios con orientación sur.
- Aberturas de dimensiones amplias que permitan contar con óptima iluminación natural y maximizar las ganancias de radiación solar directa en invierno.
- Protección solar estival proporcionada por aleros y postigones en los dormitorios y por pérgolas con vegetación de hoja caduca y árboles también de hoja caduca, existentes en el terreno.
- La envolvente edilicia está constituida por un muro doble de ladrillo visto exterior y hueco interior con aislación intermedia de 2.5 cm de poliestireno expandido. Los pisos también cuentan con 2 cm aislación térmica de poliestireno expandido de alta densidad sobre contrapisos y la aislación térmica en el techo de tejas es de 5 cm de espesor, originalmente de 2 cm de poliestireno expandido al que posteriormente se agregaron 3 cm de lana de vidrio.
- Aislación nocturna proporcionada por postigones de madera en los dormitorios y por cortinas de tela de tapicería gruesas en la planta baja (estar, comedor y estudio).
- Aberturas están ubicadas de manera de favorecer la ventilación cruzada en verano.
- Calefacción prevista: estufas de tiro balanceado chicas en los locales principales y dormitorios, más una chimenea central a leña, cuyo diseño prevee la posibilidad de calentar aire mediante un conducto que pasa por debajo de la base del fuego y sale por rejillas ubicadas detrás de la chimenea, en el comedor diario.

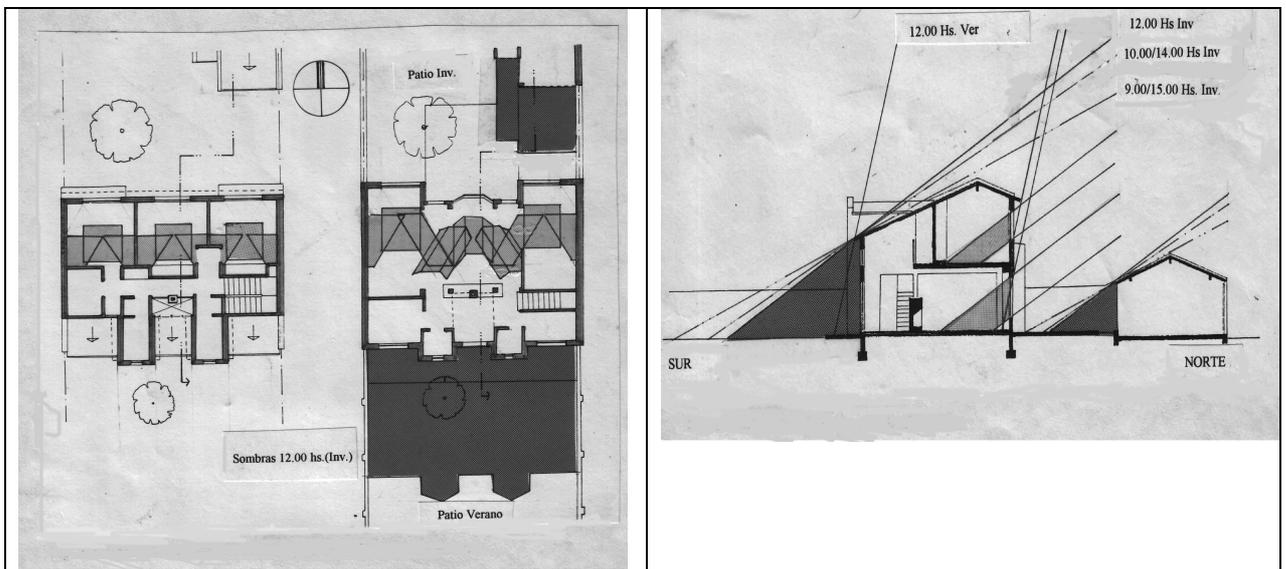


Figura 1: Esquema de plantas (alta y baja) y corte con sombras – Vivienda 1



Figura 2: Vistas Norte y Sur- Vivienda 1

Vivienda 2 (figuras 3y 4):

Está implantada en una parcela de 8.66 m por 34 m de fondo, y tiene las siguientes características:

- Se encuentra retirada unos 5 metros respecto a la línea municipal. Se generan así un patio de fondo amplio y un patio más pequeño al frente, que debido al asoleamiento favorable es muy utilizado en invierno como expansión.
- Ubicación de los locales: estar, comedor y 2 dormitorios orientados al sur; dos dormitorios en planta alta y cocina en planta baja orientados al Norte. El garaje, orientado al Norte, se usa generalmente como playroom, abriéndose el portón para captar sol en días templados de invierno.
- Aberturas de dimensiones amplias que brindan buenos niveles de iluminación natural y, en el caso de las orientadas al Norte, permiten captar buen asoleamiento en invierno.
- Protección solar estival: persianas tipo barrio en los dormitorios y árbol de hoja caduca (roble), existente en el terreno.
- La envolvente edilicia está constituida: por un muro de ladrillo cerámico hueco de 0.20, más revestimiento de tejuela de ladrillo visto exterior. Techo de pizarra oscura, con aislación térmica de 2 cm, con cielorrasos interiores en dormitorios y terminación en machimbre en zona de circulación central. Pisos interiores de madera tarugada sobre contrapiso.
- Aislación nocturna; persianas de madera y cortinas de tela de algodón medianas interiores
- Las aberturas permiten lograr buena ventilación en verano.
- Calefacción prevista: estufas de tiro balanceado en los locales principales y dormitorios, más una chimenea a leña en el estar, cuyo tiro se encuentra en el exterior a nivel de la planta alta.

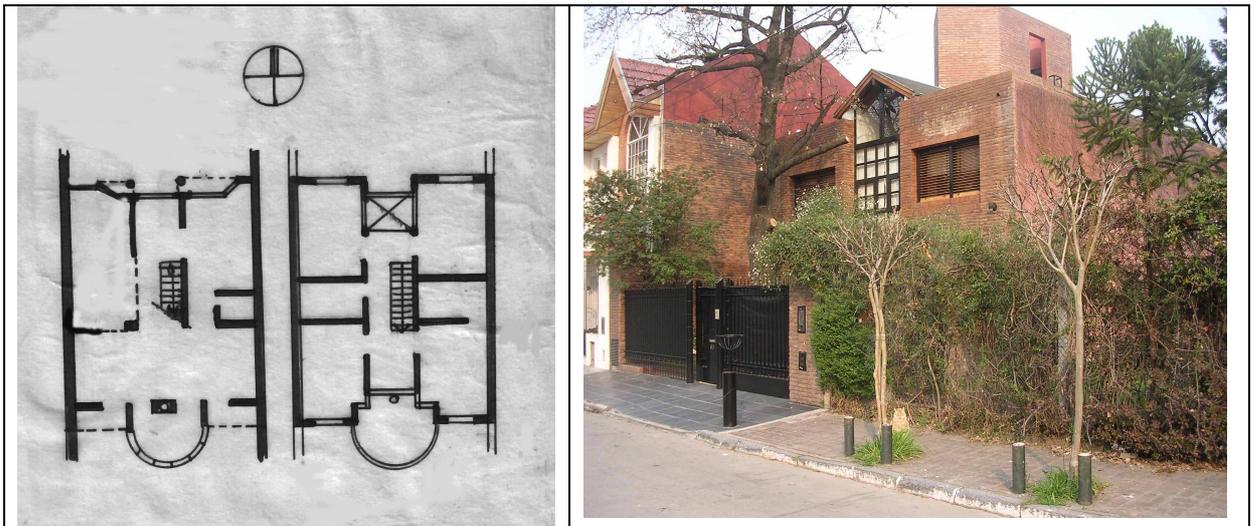


Figura 3: Esquema de las plantas, baja y alta, y vista general del frente (Norte) de la vivienda 2.



Figura 4: Detalle de la fachada Norte y fachada Sur – Vivienda 2.

DESARROLLO DEL ANALISIS

El análisis y la evaluación del comportamiento energético de ambas viviendas se realizaron de acuerdo a los siguientes puntos:

- análisis de las características térmicas utilizando la planilla de Excel Evaluador Energético (Evans y de Schiller, 2001)

- análisis de temperaturas internas en locales utilizando la planilla E-Temp (Evans et al, 2006).
- medición de temperaturas internas en varios locales y el exterior en las dos viviendas simultáneamente.
- análisis de consumo de gas y electricidad desde el año 2004.
- encuestas a los ocupantes para determinar su percepción de confort en las viviendas.

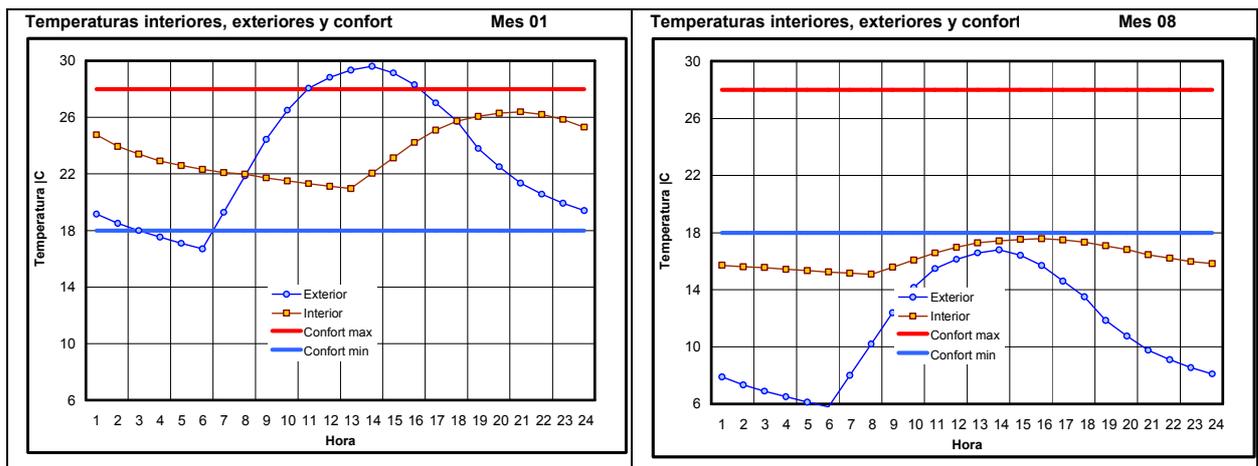
- Análisis con las planillas electrónicas de cálculo:

Se analizaron las características de transmitancia y el cálculo del coeficiente G utilizando la planilla de EXCEL denominada Evaluador Energético para verificar las posibles diferencias entre ambas viviendas con relación a sus características constructivas; en los casos en que no existía coincidencia entre los materiales de cálculo contenidos en las planillas y los existentes, se eligieron materiales de similar comportamiento térmico-constructivo. Los resultados indican que, considerando un G máximo admisible según volumen de 900 grados días (según la Norma IRAM 11.604) de 1,55, la vivienda 1 tiene un G de 1,43 mientras que la vivienda 2 tiene un G de 1,67, es decir que supera ligeramente los valores del G admisible estipulado en la Norma.

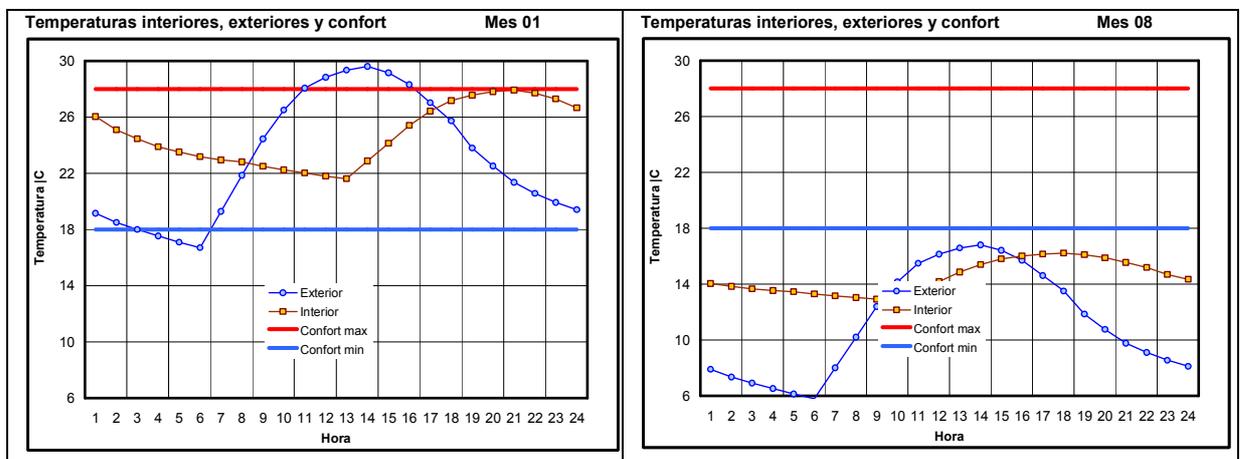
Utilizando la planilla E-Temp se analizaron las temperaturas internas en enero y agosto (época del año similar al período de medición) en los dormitorios y en las zonas de estar. Los resultados, que se muestran en las figuras 5 a 10 indican que las temperaturas internas teóricas bajo iguales condiciones de incidencia de radiación solar y ventilación son similares, aunque ligeramente mejores en la vivienda 1, cambiando en los dormitorios orientados al sur en el caso de la vivienda 2, durante los meses más fríos.

Con respecto a los dormitorios con igual orientación, las temperaturas en verano son ligeramente menores en la vivienda 1. Cabe aclarar que, a los fines del cálculo, se equipararon las condiciones de incidencia de radiación solar. En la realidad, en ambas viviendas se refuerza la protección solar bloqueando el ingreso de radiación utilizando las persianas (que actúan como parasol móvil accionado por los ocupantes según las necesidades) y además las ventanas cuentan con sombra proyectada por los árboles existentes.

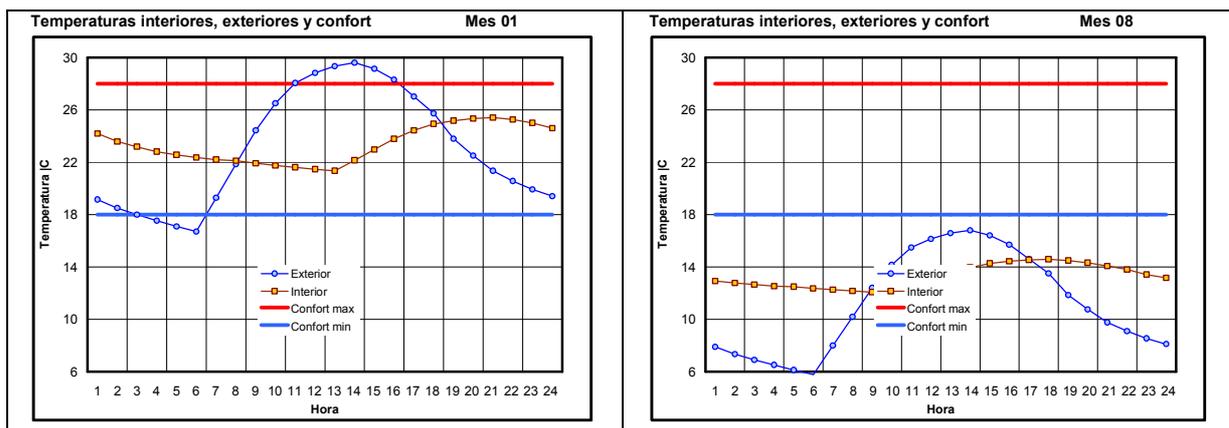
En agosto, las condiciones interiores también son ligeramente mejores en la vivienda 1, donde las temperaturas interiores se encuentran más próximas a los límites de confort.



Figuras 5 y 6: Temperaturas internas en dormitorio. Meses de enero y agosto. Vivienda 1.



Figuras 7 y 8: Temperaturas internas en dormitorio con orientación Norte. Meses de enero y agosto. Vivienda 2.



Figuras 9 y 10: Temperaturas internas en dormitorio con orientación Sur. Meses de enero y agosto. Vivienda 2.

- Medición de temperaturas internas:

La medición de temperatura en los espacios interiores se basó en las indicaciones para la medición de temperatura de normas ISO y registros de temperatura en interiores que surgen de las experiencias de otras campañas de medición realizadas por investigadores del CIHE. Se utilizaron Dataloggers HOBO miniatura de mediana precisión; la precisión de la lectura y intervalo de medición es 0,3° C, aptos para el relevamiento de condiciones de confort para ocupantes de dichos espacios. Se colocaron HOBOS en tres dormitorios y en el estar de cada una de las viviendas, más un HOBO adicional en el exterior, relativamente protegido en un espacio semicubierto. Los resultados de las mediciones realizadas durante 7 días (entre el 29 de agosto y el 5 de septiembre de este año) se volcaron en el programa EXCEL para facilitar su graficación y síntesis, como se muestra en el gráfico de la figura 11, donde se muestra la variación durante los días en que hubo registro diario completo (las 24 hs).

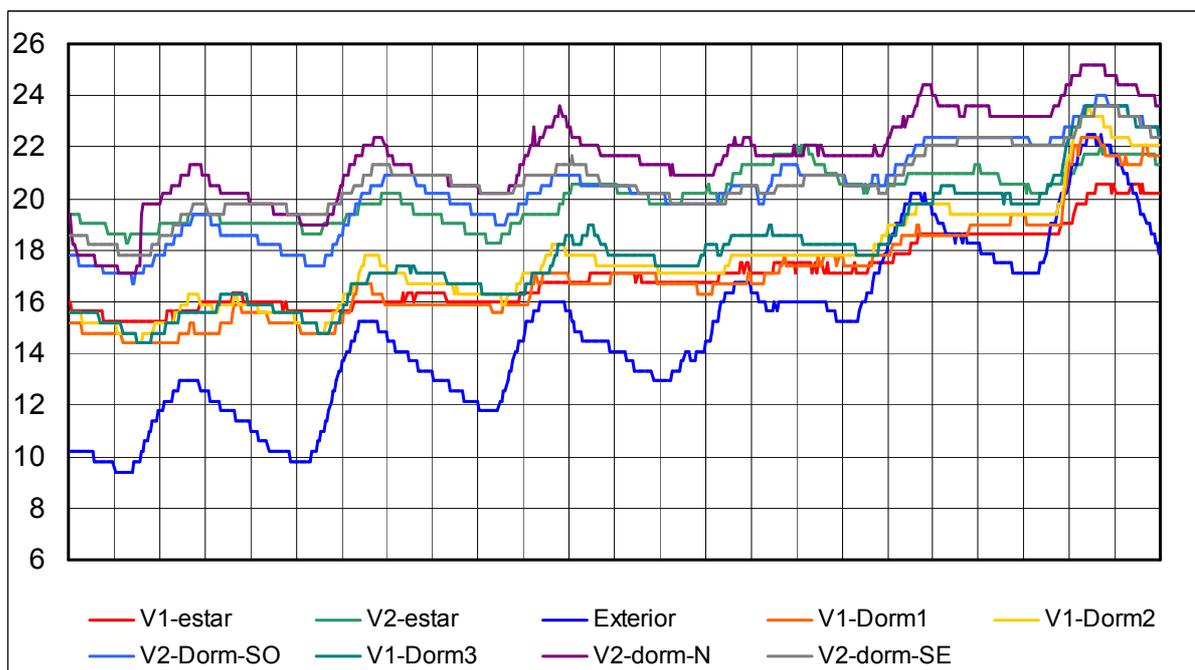


Figura 11: Gráfico de la variación de temperatura durante el período de medición (6 días completos, 30/8 al 4/9).

Las mediciones muestran que las temperaturas internas acompañan la fluctuación de temperatura exterior, pero se mantienen más estables, es decir, con menos amplitud, en ambas viviendas. Entre ambas hay una diferencia que oscila entre 3° y 4°. En el caso de la vivienda 1, las temperaturas interiores son menores, cercanas al límite inferior de confort, aunque sin aporte de calefacción auxiliar: al inicio de las mediciones, durante los dos primeros días, se utilizó solamente una estufa de tiro balanceado de alrededor de 3000 cal entre las 18:30 y las 22:00 hs aproximadamente; a partir del tercer día no hubo aporte adicional de calor. En la vivienda 2, las estufas estuvieron encendidas casi todo el período excepto durante los dos días más cálidos, cuando fueron encendidas durante la noche para compensar posibles descensos de temperatura nocturnos.

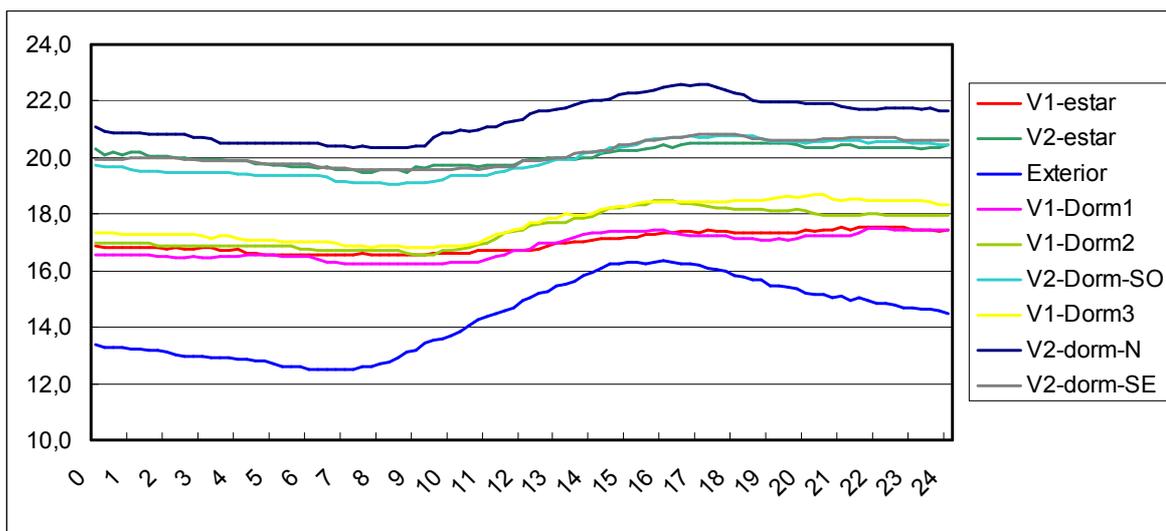


Figura 12: Gráfico de los promedios de temperatura para cada hora durante 7 días de medición (30/8 al 4/9)

- Análisis de consumo de gas y electricidad.

Se analizaron también los consumos de energía, gas y electricidad, desde el año 2004 a julio de 2007. En ambas viviendas, el consumo de gas está destinado a cocción, agua caliente sanitaria y calefacción; el de electricidad se destina a iluminación, electrodomésticos y ventiladores para refrescamiento en días cálidos de verano. En ningún caso hay gasto eléctrico destinado a calefacción y ninguno de los ocupantes de las dos viviendas considera necesario el uso de aire acondicionado en verano.

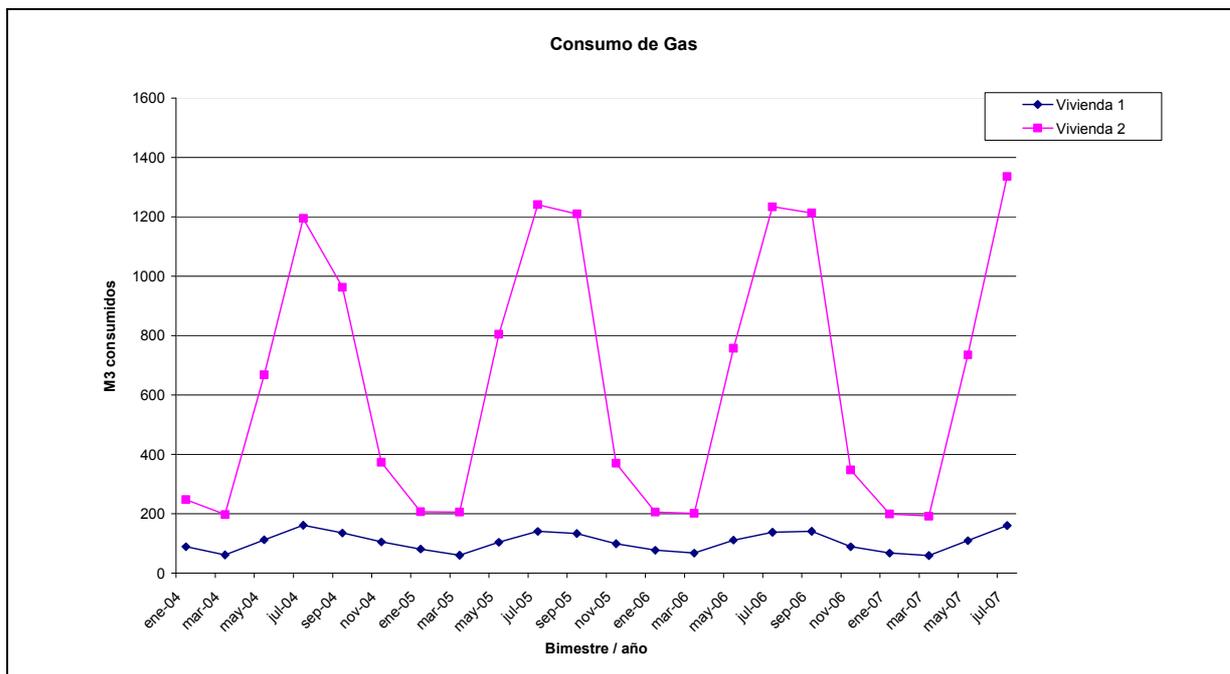


Figura 13: Gráfico de evolución del consumo bimestral de gas natural desde enero de 2004 a julio de 2007 en las dos viviendas.

Es interesante notar que es precisamente en el consumo de gas (Fig. 13) donde aparecen las diferencias más notorias entre ambas viviendas: si se toma como referencia la situación de verano, donde la vivienda 2 tiene mayor consumo presumiblemente debido a que tiene 2 termotanques para provisión de agua, en invierno, para llegar a temperaturas interiores confortables, la vivienda 1 consume mucha menos energía. En la vivienda 1, el consumo bimestral en invierno no supera los 200 m3 de gas, mientras que en la vivienda 2 llega a 1200 m3.

Consultados sobre la forma de uso del sistema auxiliar de calefacción, en ambos casos la estufa a leña se utiliza en forma esporádica (generalmente los fines de semana) debido a que requiere mayor atención por parte de los ocupantes para ser utilizada. En la vivienda 2, las estufas de estar y dormitorios permanecen encendidas día y noche, con ligeros cambios de regulación manual (paso a llama mínima). En la vivienda 1 se trata de optimizar la ganancia solar, aislando rápidamente las aberturas al atardecer, y se encienden sólo 1 ó 2 de las 6 estufas existentes entre las 17 ó 18 horas y las 22 ó 23 horas, permaneciendo apagadas el resto del día; las estufas de los dormitorios no han sido utilizadas en los últimos 5 años.

Con respecto al consumo de electricidad (que se muestra en la figura 14), la cantidad y uso de electrodomésticos (heladeras y lavarropas) es similar en ambas viviendas, y la mayor proporción de la energía se destina a iluminación. La vivienda 2 tiene mayor cantidad de bocas de iluminación en todos los ambientes y exteriores, y no se han reemplazado las lámparas por lámparas más eficientes energéticamente; además, parte del consumo adicional se debe al motor de bombeo de agua desde la cisterna al tanque de reserva que alimenta toda la casa, incluyendo las canillas exteriores de riego. En la vivienda 1 se han reemplazado la mayoría de las lámparas, sobre todo las de mayor uso cotidiano, por lámparas de bajo consumo, y se ha anulado el motor de bombeo de agua debido a que la presión de agua de red actualmente permite la carga directa al tanque de reserva.

El gráfico muestra que, si bien la vivienda 2 consume también más energía eléctrica, las diferencias son menos notorias respecto al consumo de gas. Durante la encuesta se percibió que, en general, el nivel de iluminación natural en la zona de estar de la vivienda 2, orientado al sur, es menor que en el estar de la vivienda 1: esto implica que la luz artificial debe utilizarse desde más temprano con respecto a la vivienda 1.

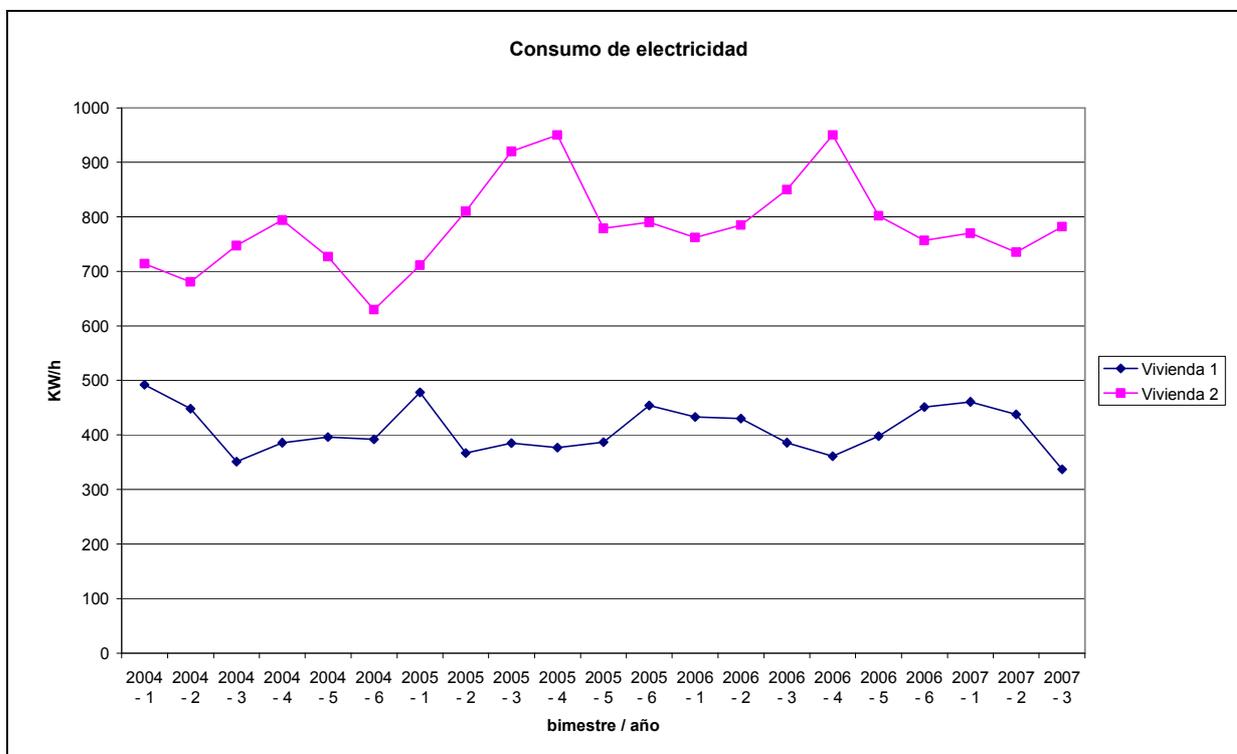


Figura 14: Gráfico de evolución del consumo bimestral de electricidad desde enero de 2004 a mayo de 2007 en las dos viviendas.

- Encuestas a los ocupantes para determinar su percepción de confort en las viviendas.

Además de las mediciones, se realizaron encuestas a los ocupantes de las viviendas con el fin de relacionar el nivel de satisfacción subjetiva con las condiciones ambientales registradas. La encuesta de sensación subjetiva, basado en modelos utilizados para evaluar 'confort adaptivo' (Nicol, 2000, Nicol y Humphreys, 2001) utiliza escalas de 7 puntos, de -3 a +3 pasando por cero (estado neutral). Esta escala es empleada en la Norma ISO 7730 (1994) y el método de Fanger (1973). En todos los casos, se preguntó la sensación en tres situaciones: uno, en el momento de la encuesta; dos, la preferencia ambiental y tres, la sensación general o típica en el espacio durante el período evaluado. Esta encuesta ya ha sido utilizada en el CIHE y probada en distintas situaciones para evaluar su aptitud y facilidad de uso. Los aspectos incluidos en esta encuesta incluyen: sensación térmica (temperatura, humedad relativa, movimiento de aire, radiación solar), percepción de calidad de aire, percepción del nivel de iluminación natural y artificial; nivel de abrigo de la ropa y grado de satisfacción con las condiciones existentes a nivel general de la vivienda.

En las encuestas se ha percibido, en general, un alto grado de satisfacción de los ocupantes con las condiciones existentes en las viviendas. En la vivienda 1, aún cuando la temperatura esta ligeramente por debajo del límite de confort, los ocupantes no se sienten disconformes y perciben al ambiente como “más saludable” al evitar cambios drásticos de temperatura al salir de la vivienda; en la charla han manifestado sentirse molestos o sofocados en viviendas con mayor temperatura en invierno. Adicionalmente, han aclarado que prácticamente la incidencia de resfrios y enfermedades respiratorias en épocas frías ha sido muy escasa desde que viven allí. Los ocupantes de la vivienda 2 también se sienten confortablemente aunque dicen preferir el ambiente “ligeramente más fresco” algunas veces.

CONCLUSIONES.

La evaluación energética de las viviendas requiere de un armado complejo de aspectos mensurables (consumos, temperaturas) y otros aspectos menos sistematizables que se relacionan con el uso que el ocupante hace de la vivienda y de los recursos energéticos para obtener confort. El análisis en dos viviendas similares en cuanto a calidad de materiales y construcción, cantidad y actividades de sus ocupantes, además de idéntica orientación y lugar de emplazamiento es una oportunidad interesante para estudiar el comportamiento energético de viviendas suburbanas comunes, que no sean viviendas de interés social.

La idea inicial fue que la vivienda diseñada con pautas bioclimáticas y bien aislada iba a presentar mayores diferencias con respecto a la evolución de temperatura; las diferencias se pusieron en evidencia en la instancia de análisis de los consumos, ya que necesita de mucha menos energía para obtener valores de confort similares a los de la otra vivienda. Si bien no existen mayores diferencias en las temperaturas internas, en la vivienda “convencional” el gasto de energía para llegar a esa temperatura supera en más de 5 veces al gasto de la vivienda bioclimática.

En función del análisis realizado, se juzga interesante la posibilidad de realizar otra instancia de mediciones, durante una época del año más cálida para identificar cuáles son las diferencias que aparecen cuando se elimina el aporte de calefacción auxiliar.

REFERENCIAS

- Evans J., de Schiller S. (2001) *Evaluador Energético: método de verificación del comportamiento energético y ambiental de viviendas*. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, ISSN 0329-5184, Vol. 5, No. 2, págs. 7.44-7.49. INENCO-UNSa, Salta, 2001.
- Evans J., Casabianca G., Pérsico M. (2006) *Energía en edificios: nueva propuesta metodológica para introducir la temática del uso racional de la energía en arquitectura – Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, Sección 10, Págs. 10.19/10.23. Volumen 10, ISSN 0329-5184, INENCO-UNSa, Salta.
- Fanger, P. O., (1973) *Thermal Comfort: analysis y aplicaciones in environmental engineering*, McGraw Hill Book Company, Nueva York.
- Humphreys, M. A. (1981) *The dependence of comfortable temperatures upon indoor and outdoor climates*. Chapter 7 in Cena, K and Clark, S. A. Eds. (1981) *Bioengineering, Thermal Physiology and Comfort*, Elsevier, Amsterdam.
- ISO (1994) *Standard ISO EN 7730 Moderate thermal environments, determination of PMV and PPD indices and specifications of the conditions for thermal comfort*, International Standards Organization, Geneva.
- Nicol, F. (2000) *International standards don't fit tropical buildings: what can we do about it*, in Gonzalez, E. et al, Eds, *Memorias, COTEDI 2000*, Maracaibo.
- Nicol, F. and Humphreys, M. (2001) *Adaptive comfort and sustainable standards for Building, Proceedings, Moving Comfort Standards into the 21st Century*, Oxford Centre for Sustainable development, Oxford.

ABSTRACT

This work exposes the preliminary results of the evaluation of the energy behaviour of two houses located in Great Buenos Aires. The houses have similar characteristics of location, occupation and constructive quality, although one of them was designed considering criteria of bioclimatic design. In the development of the work, the internal temperatures were studied and measured, and was analyzed the energy consumption necessary to maintain the conditions of comfort. Also there were made surveys to the occupants to determine their subjective comfort sensation. The results of the study, made in the winter climate, show that there are important differences energy consumption. A new stage of measurements of indoor temperature will be made at warmer climate with the purpose of detecting the incidence of the bioclimatic guidelines of design in the variation of indoor temperatures, without the contribution of auxiliary heating.

Keywords: energy behaviour, indoor temperatures, energy consumption.