

AUDITORÍA TÉRMICO-ENERGÉTICA Y PERCEPCIÓN DE CONFORT EN EDIFICIOS EN ALTURA MÁXIMOS Y LIVIANOS EN LA CIUDAD DE MENDOZA

Julieta Balter¹ ; Carolina Ganem², Carlos Discoli³

(1)(2) Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda - Instituto Ciencias Humanas Sociales y Ambientales - Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) - CCT Mendoza C.P. 5500
e-mail: jbalter@mendoza-conicet.gob.ar

(3) Instituto de Investigaciones y Políticas del Ambiente Construido (IIPAC).
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). FAU - UNLP
Calle 47 N°162, La Plata, C.P. 1900 – Prov. de Buenos Aires

Recibido 15/08/13, aceptado 29/09/13

RESUMEN: Se plantea la necesidad de complementar los datos pragmáticos de temperatura y consumos de energía obtenidos mediante auditorías con encuestas de percepción subjetiva a los usuarios. Se pretende obtener lineamientos de mejora arquitectónica que den respuestas adecuadas contemplando tanto lo métrico como lo subjetivo. Se ejemplifica la aplicación en edificios en altura en la ciudad de Mendoza con diferentes materializaciones de envolvente - másica y liviana- en casos de unidades de vivienda ubicadas a distintas alturas atendiendo las particularidades en la “ciudad-oasis” de Mendoza. Los resultados demuestran que las viviendas se ven afectadas por variaciones que provocan los usuarios mediante la gestión de la envolvente, y principalmente debido al uso de sistemas mecánicos de acondicionamiento en búsqueda de confort. Esta circunstancia dificulta el análisis y la comparación entre casos, por lo que se considera muy valioso contar con el complemento de la entrevista para poder identificar las variables relacionadas con aspectos subjetivos del confort y poder realizar un análisis que permita extraer conclusiones extrapolables a casos similares.

Palabras claves: auditoría térmico-energética, percepción de confort, edificio en altura.

INTRODUCCIÓN

La crisis energética es una de las mayores preocupaciones actuales a nivel mundial, que compete cada vez a mayor cantidad de países, inclusive a los que se encuentran en vías de desarrollo. En Argentina, la demanda de energía eléctrica en el sector residencial representó en el 2012 el 45% de la demanda energética, mientras en el año 1997 representaba el 30% (FUNDELEC, 2012).

Esta situación, junto a la tendencia de crecimiento de construcción de viviendas residenciales, y de densidad en las ciudades, entre otros aspectos, motivó a distintos autores a evaluar edificios residenciales para analizar el comportamiento térmico-energético, las condiciones de confort y el comportamiento del usuario (Evans y De Schiller, 2001; Czajkowski et al., 2006; Alias, Jacobo, 2010; Filippin et al., 2010; Flores Larsen et al., 2010).

Para lograr dicha evaluación, hay programas de simulación que permiten interrelacionar las prestaciones de los sistemas energéticos con las características de materialidad de la envolvente del edificio. Asimismo, en edificios existentes, las auditorías edilicias y las características de la materialización constructiva, son un importante aporte al conocimiento de los consumos reales y de comportamientos térmicos. La comprensión de estos temas permite establecer pautas para un adecuado diseño arquitectónico en sus aspectos tecnológicos, así como el desarrollo de estrategias de eficiencia energética.

Sin embargo, la puesta en marcha del edificio y su equipamiento, aspectos relacionados al habitante -es decir: operación, control, mantenimiento, ajustes y gestión del edificio-, son difíciles de incorporar en las simulaciones. Estos aspectos están fuertemente influenciados por factores culturales y socio-económicos, y resultan fundamentales a la hora de hacer un análisis termo-energético edilicio.

Es por esto que resulta fundamental conocer el comportamiento de los usuarios: se advierte en análisis de edificios residenciales en Argentina que para generar ambientes considerablemente confortables, los habitantes provocan aumentos innecesarios en las demandas de energía. Dicho accionar queda fuera del control arquitectónico y del diseño bioclimático, denotando que el funcionamiento de cualquier tipo de edificio, depende en gran medida del accionar humano. (Re et al., 2010).

¹ Becaria Tipo II CONICET

² Investigadora Asistente CONICET. Docente UNCuyo.

³ Investigador Adjunto CONICET. Docente UNLP.

Por otro lado, la situación de confort varía de acuerdo con la situación ambiental en la que las personas se han desarrollado y adaptado, siempre dependiendo de la localización geográfica. La temperatura que las personas encuentran confortable se aproxima a la temperatura media que hayan experimentado. “Esto implica que las condiciones que los ocupantes encuentran confortables están influenciadas por su experiencia térmica y que se pueden adaptar a un amplio margen de condiciones” (Roaf et al., 2005). Aunque existen tantas percepciones como usuarios, generalmente particularidades de la cultura y del clima de la región afectan las expectativas de confort y por lo tanto sus estándares. Las personas ponen en marcha mecanismos de adaptación y adquieren más tolerancia hacia los aspectos más estresantes que presenta el clima de la región (Ganem, 2006).

A partir de lo expuesto, el presente trabajo plantea complementar los datos pragmáticos de temperatura y consumos de energía obtenidos mediante auditorías con encuestas de percepción subjetiva de los usuarios. De esta forma se pretende obtener lineamientos orientativos para propuestas de mejora desde la arquitectura que den respuestas adecuadas al caso en todas sus dimensiones, al contemplar tanto lo métrico como lo subjetivo. Asimismo se propone ejemplificar la aplicación metodológica en los edificios en altura en la ciudad de Mendoza, Argentina con diferentes materializaciones de envolvente: del tipo másica y liviana.

SELECCIÓN DE CASOS DE ESTUDIO

El área metropolitana de Mendoza, Argentina (32° 40' Latitud Sur, 68° 51' Longitud Oeste), presenta un clima templado continental con considerables diferenciaciones en las temperaturas estacionarias. En verano las temperaturas máximas absolutas se encuentran en 37,40°C; mientras que en invierno las mínimas son de -5,70°C. Dicha rigurosidad climática se acentúa debido al escaso porcentaje de humedad relativa anual (54,70 %). Asimismo, las precipitaciones no superan los 218 mm anuales.

Si bien Mendoza se emplaza en una zona originalmente semi-desértica y árida, la estructura urbana cuenta con la coordinación de diferentes factores que hacen que la ciudad se conciba como una “ciudad-oasis”. Tales factores son: la estructura en damero –es decir, una trama ortogonal de manzanas-, la edificación y la forestación –trama de árboles que acompaña el trazado urbano. Dicha red verde se sustenta en un sistema de riego que bordea el perímetro de las manzanas.

El modelo de ciudad, define desde el punto de vista ambiental dos estratos: por un lado la situación bajo la copa de los árboles, en la cual se produce un micro-clima que beneficia a las edificaciones de baja altura (3 – 4 niveles). La circunstancia generada fuera del estrato acondicionado, resulta diferente. Las edificaciones que lo superan están expuestas directamente al clima de la región.

A nivel de tecnología de materiales, la gran mayoría de los edificios residenciales -construidos en la ciudad antes del siglo XXI- se caracterizan por contar con un tipo de construcción del tipo “tradicional”, el cual presenta una mayor proporción de materiales másicos (\geq al 80% del total de la envolvente) -como el ladrillo y el hormigón- y menores porcentajes de superficies vidriadas. Sin embargo, las tendencias arquitectónicas internacionales, orientadas al logro de una imagen liviana y transparente, se manifiestan actualmente en la mayoría de los edificios en altura en la ciudad de Mendoza construidos en los últimos 15 años. Los mismos presentan una mayor altura y una menor proporción de materiales másicos (\geq al 50% del total de la envolvente). Cabe mencionar, que siendo Mendoza una ciudad con alto riesgo sísmico, un porcentaje mínimo de materiales másicos resultan imprescindibles estructuralmente. La variación en la relación másico/liviano de la envolvente repercute en las temperaturas interiores y en los consumos energéticos, así como en la percepción de confort de los usuarios.

La selección de los edificios de estudio se encuadra en el contexto de manzanas urbanas de alta densidad del Área Metropolitana de Mendoza. Se presenta una breve descripción de las variables tenidas en cuenta:

a- Área de análisis: el área de estudio comprende la zona de la segunda fundación de la ciudad de Mendoza, la cual se corresponde con la de mayor densidad edilicia en altura. Dicha área se conforma a partir de cinco plazas principales en damero, abarcando un sector de 8 por 8 manzanas.

b- Tipologías de edificios: se seleccionan edificios de uso permanente, los cuales se corresponden con las tipologías habitacionales o residenciales.

c- Orientación y localización: a los efectos de evaluar la condición más favorable desde el punto de vista bioclimático se selecciona la orientación Norte y unidades de departamentos frontales dada su relación directa con dicha orientación y el espacio correspondiente al canal vial.

d- Forestación: canales viales de 20m forestados con ejemplares arbóreos adultos de moreras (*morus alba*). Los mismos definen un estrato acondicionado de 12 metros de altura. (Cantón et al., 2003).

A partir de las variables anteriormente consideradas se seleccionan dos edificios de estudio que cuentan con diferentes materializaciones de envolventes.

En la figura 1 se presentan la ubicación de los edificios seleccionados:

- Edificio másico -simbolizado con la letra M- (frente a Plaza Independencia): tipología de torre, construido en 1970, de 25m de altura -7 niveles

- Edificio liviano Simbolizado con la letra L. (frente a Plaza Italia): tipología de torre retirada, construido en el año 2007, de 72m de altura (20 niveles)



Figura 1. Área de análisis e imágenes de edificios en estudio

La masividad de los edificios se define a partir del cálculo de masa por unidad de superficie habitable y según el comportamiento térmico global de los materiales que lo componen.

El edificio considerado másico presenta $0,29\text{m}^3$ de masa por unidad de superficie habitable (es decir por m^3 interior) teniendo en cuenta las superficies verticales (exteriores e interiores) y las superficies horizontales. Para el caso de unidades de vivienda que sólo presentan envolvente vertical expuesta, niveles 1 a 6, la misma equivale a $0,033\text{m}^3$ por m^3 interiores, dentro de los cuales $0,008\text{m}^3$ corresponden a superficies livianas (26,6 %) y $0,024\text{m}^3$ corresponden a superficies másicas (73,4 %).

En cuanto a la materialidad del edificio, en la envolvente el caso cuenta con muros de ladrillo hueco con revoque y pintura - 0,30m de espesor- al exterior, sin aislación, ($k=0,73\text{ W/m}^2\text{°C}$) y las divisiones interiores son del mismo material de 0,10 m de espesor. Las cubiertas son de losa nervada con ladrillo hueco, ($k=0,64\text{ W/m}^2\text{°C}$). Los vidrios son simples de 4mm de espesor ($k=5,8\text{ W/m}^2\text{°C}$, factor solar = 0,87).

Por otro lado, el edificio liviano presenta $0,21\text{m}^3$ de masa por unidad de superficie habitable, teniendo en cuenta las superficies verticales (exteriores e interiores) y las superficies horizontales. Para el caso de unidades de vivienda que sólo presentan envolvente vertical expuesta, niveles 1 a 19, la misma equivale a $0,043\text{m}^3$ por m^3 interiores, en donde $0,022\text{m}^3$ corresponden a superficies livianas (51,20 %) y $0,021\text{m}^3$ corresponden a superficies másicas (48,80%). Cabe destacar que el 21,65 % de la envolvente maciza está recubierto en vidrio (por motivos principalmente estéticos).

El caso responde a la concepción de edificio de estructura de hormigón y piel de vidrio, y si bien la estructura resulta significativa debido al carácter sísmico de la región, en el edificio predomina una estética transparente. Respecto a los materiales, en la envolvente los muros son de hormigón armado ($k=1,70\text{ W/m}^2\text{°C}$) con revoque texturado con base de polímero, y en el interior las divisiones son livianas, de tabiques de cartón y yeso tipo *durlock*, de 10 cm de espesor. Las losas son de $\text{H}^\circ\text{A}^\circ$ ($k=2,40\text{ W/m}^2\text{°C}$) y los vidrios son vidrios laminados de 6 mm (3+3) (factor solar=0,07) con láminas de polivinil butiral (PVB) de 0,38 aplicadas con calor y presión con tramos incoloros, artic-blue y espejados.

Unidades de vivienda

Se analizan por edificio dos casos de unidades de vivienda con igual superficie, orientación y ubicación en la fachada, pero en distintas alturas por edificio. La selección de los casos se realiza de acuerdo con la particular estructura de “ciudad-oasis” de Mendoza a partir de la siguiente clasificación:

- Bajo la copa de los árboles: hasta el 3° nivel, correspondiente a los 12m de altura máxima, simbolizados con la letra *B*.
- Sobre la copa de los árboles: a partir del 4° nivel, simbolizados con la letra *S*.

Quedan determinados los cuatro casos en estudio (ver figura 1):

- 1- *MB*: Caso másico bajo la copa de los árboles
- 2- *MS*: Caso másico sobre la copa de los árboles
- 3- *LB*: Caso liviano bajo la copa de los árboles
- 4- *LS*: Caso liviano sobre la copa de los árboles

En la Figura 2 se presentan los casos de estudio en cada edificio con superficies cubiertas semejantes: 100m^2 aproximados. En ambos casos los espacios analizados se orientan al Norte; y el estar-comedor del caso liviano cuenta con aberturas adicionales hacia el Este.

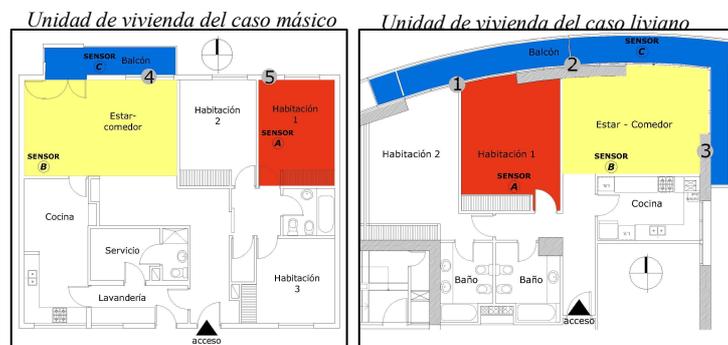


Figura 2. Planta de los departamentos en estudio

METODOLOGÍA

La metodología de análisis se conforma a partir de dos aproximaciones: auditorías térmico-energéticas y entrevistas de percepción de confort a los usuarios.

1- Auditorías térmico-energéticas: se realizan mediciones *in situ* de la temperatura del aire de los casos de estudio. Se efectúan a partir de la utilización de micro-adquisidores de marca ONSET modelo HOBO U12 ubicados a alturas equivalentes (2 m desde el nivel del piso) (Oke, 2004) y a una distancia suficiente de la masa de las paredes a los efectos de evitar su incidencia en los datos. Los datos se registraron cada 15 minutos bajo la siguiente configuración: un micro-adquisidor de referencia en el espacio exterior, frente al espacio público de la calle (Norte) (sensor C). En el interior, se ubican uno en el estar comedor (sensor B) y uno en una de las habitaciones (sensor A) (Ver Figura 2).

Las mediciones se efectúan durante periodos de 30 días en verano e invierno: del 14 de Diciembre del 2011 al 15 de Enero del 2012 y del 13 de Julio al 22 de Agosto del 2012. De los periodos medidos se eligen siete días representativos: del día 5 al 14 de enero y del 22 al 28 de julio respectivamente.

Asimismo se obtuvieron los consumos energéticos (gas y electricidad) de los periodos medidos.

2- Percepción de confort: A partir de los modelos de confort adaptativo se realizaron a los habitantes de los departamentos en estudio con el objetivo de recoger la visión subjetiva y personal. Las entrevistas son del tipo abiertas. Asimismo, se incorporó a la entrevista una pregunta cerrada a fines de registrar la sensación térmica en una escala de muy frío a muy cálido (escala ASHRAE de -3 a +3), siendo el 0 la sensación de confort o de temperatura neutral (ASHRAE, 1992). El tipo abierto de entrevistas resulta adecuado cuando se busca la heterogeneidad de puntos de vista personales más que el consenso o punto de vista típico común. (Ribot Catalá et al., 2000). Esto hizo posible por un lado, analizar el nivel de satisfacción por parte de los usuarios de la condición térmica interior en su propio medio, obteniendo información en el mismo sitio donde viven (Marincic et al., 2012); y por el otro lado poder explicar variaciones interesantes en los niveles de consumo en casos con características constructivas similares.

Las respuestas obtenidas se sistematizaron teniendo en cuenta:

a- Variables fisiológicas: sexo, edad, peso, estado de salud, actividad, historial térmico, tiempo de permanencia

b- Variables socioculturales y psicológicas: tipo de vestimenta, expectativas de confort, contacto visual con el exterior

c- Parámetros de adaptabilidad del espacio: modificación de elementos y dispositivos de control ambiental

Asimismo, durante las entrevistas se realizó una auditoría extensa de los parámetros ambientales. Adicionalmente a la temperatura del aire, e midieron: temperatura radiante, temperatura superficial, movimiento de aire y humedad relativa. El equipamiento utilizado para medir la temperatura de aire interior, la humedad relativa y la temperatura exterior es un dispositivo micro-adquisidor de datos marca ONSET modelo HOBO U14 La temperatura radiante se adquirió mediante un microadquisidor marca ONSET modelo HOBO U12 con termocupla tipo T en el interior de un globo negro. Se obtuvieron imágenes termográficas y temperatura superficial mediante la utilización de una cámara termográfica marca FLIR modelo i3. El movimiento del aire interior y las infiltraciones en carpinterías se obtuvieron a partir de un anemómetro de hilo caliente marca TESTO modelo 425. Este tipo de relevamiento ambiental durante la entrevista facilita la contextualización de las respuestas a lo largo de las mediciones mensuales. Esto se debe a que en general las personas relacionan sus respuestas a la situación que están percibiendo en el momento.

AUDITORÍA TÉRMICO-ENERGÉTICA Y PERCEPCIÓN DE CONFORT

Caso másico

Vivienda bajo la copa de los árboles (MB):

Verano: el período de días analizados (Figura 3) muestra temperaturas interiores que se diferencian según el uso de medios mecánicos de enfriamiento. Los días sin influencia de tales medios, las temperaturas absolutas oscilan entre 26,70°C y 30,10°C, (ΔT promedio diario de temperaturas del aire es de 2,20°C). Sin embargo, los días 19 y 20 se advierte el uso de equipos de enfriamiento dado que la temperatura interior desciende hasta 22,80°C cuando la exterior es de 34°C. En estos casos las temperaturas exteriores absolutas se encuentran entre los 20,80°C y los 36,10°C, con un ΔT promedio diario de 11°C.

Givoni (1991) sugiere el rango de temperatura de confort entre 20°C y 25°C. Para países en vías de desarrollo, el autor sugiere la flexibilización de 2°C de las temperaturas límite debido a que el habitante se encuentra adaptado a su clima, es decir de 20°C a 27°C en verano. Se puede observar en la Figura 3 que los días 18 al 21 de Diciembre las temperaturas máximas sobrepasan el rango de confort sugerido.

En cuanto a los sistemas de enfriamiento, la vivienda cuenta con un equipo de aire acondicionado en el estar comedor. El promedio mensual del consumo energético en el periodo de verano es de 128 kWh, equivalente a 1,15 kWh/m².

En Invierno (Figura 4): las temperaturas interiores absolutas se encuentran entre 21,30°C y 27,70°C, (ΔT promedio diario de 2,5°C); lo cual sobrepasa el rango de confort adaptado a la situación de los habitantes de 18°C a 25°C sugerido para invierno por Givoni (1991). La temperatura exterior se encuentra entre 3,50°C y 23°C de temperaturas absolutas (ΔT promedio diario de 12°C). Se observan oscilaciones interiores durante el día dados por el ascenso y descenso de medios mecánicos de

calentamiento. Asimismo, las temperaturas máximas interiores coinciden con las máximas exteriores, entre las 14 y las 16 horas.

Respecto a la climatización mecánica existen dos estufas a gas tiro balanceado: una en el estar (de 3.000kcal/h) y otra en el hall de ingreso a las habitaciones (4.500 kcal/h). En Mendoza el gas tiene un poder calorífico nominal de 9.300 kcal por m³, por lo que teniendo en cuenta las conversiones básicas de la Normas IRAM 11.549 (2002) se utiliza un factor de conversión de 10,80 en base a calcular 9300 kcal/m³.4,18 kj/kcal/3600 seg/h. En este caso el consumo de gas resulta de 712 m³ mensual en el periodo de invierno, lo cual teniendo en cuenta los metros cuadrados del departamento equivale a 22,89 kWh/m².

En cuanto al usuario, es una persona mayor de 70 años de género masculino, jubilada, quien reside desde hace más de 30 años en la vivienda. Su percepción térmica en verano es satisfactoria: 0 (temperatura neutra o de confort) en escala ASHRAE. Mientras que en invierno, si bien se siente en confort durante la entrevista, el habitante clasifica al departamento como fresco (-1 en escala ASHRAE). El día entrevistado corresponde a un día promedio de invierno a las 16hs.; con heliofanía relativa del 57%, humedad relativa de 34 %, temperatura exterior de 20°C. La temperatura del aire interior era de 22°C y la temperatura de globo negro de 23,70°C (ver Figura 4, día 22 de julio).

Cabe destacar que simulaciones realizadas en el caso MB (Balter et al., 2012) dieron un consumo de 5k Wh/m² mensuales en invierno, y de 4,50 kWh/m² en verano. Sin embargo, ahora se advierte que los consumos reales resultan un 470 % superior a los simulados en la estación invernal y un 200 % en el verano. Esto demuestra que el accionar del usuario resulta fundamental en el análisis del comportamiento termo-energético edilicio, ya que muchas veces la intervención del habitante disminuye las posibilidades de mejora mediante el control arquitectónico y el diseño bioclimático.

_Vivienda sobre la copa de los árboles (MS):

Verano (Figura 3): el período de días analizados muestra temperaturas interiores constantes: las mínimas interiores absolutas se encuentran en los 27°C y las máximas absolutas en 29,30°C, con un ΔT diario de 1,30°C en promedio. Se advierte que las temperaturas interiores se encuentran fuera del rango de confort, con excepción del 16 de diciembre, en el cual la temperatura interior se encuentra en el límite máximo de 27°C. Las temperaturas exteriores absolutas son de 20,80°C a 36,10°C, con un delta T de 11°C diarios promedio.

Respecto al acondicionamiento mecánico, el departamento cuenta con dos ventiladores de techo, en la habitación principal y en el estar. El promedio mensual de consumo eléctrico en el período de verano es de 129kWh, es decir 1,15kWh/m².

Invierno (Figura 4): las temperaturas interiores oscilan entre mínimas absolutas de 18,70°C, dadas durante la madrugada, y 21°C de máximas absolutas, entre las 14 y 16 horas, con un ΔT diario de 1°C. Se advierte que las temperaturas interiores se encuentran dentro del rango de confort de 18°C a 25°C. La temperatura exterior se encuentra entre 3,50°C y 23°C en términos absolutos (ΔT diario de 12°C en promedio).

El departamento cuenta con tres estufas a gas tiro balanceado –una de 4.000 kcal/h en el estar y dos de 2.500 kcal en los dormitorios. El consumo de gas resulta de 231 m³ mensuales en promedio el periodo de invierno, lo cual equivale a 7,43 kWh/m².

En este caso reside una pareja de personas mayores, aún en actividad laboral. Ambos usuarios califican al departamento como confortable, tanto en verano como en invierno, 0 en escala ASHRAE. En verano reconocen la incidencia de la plaza como moderadora de temperaturas y como pulmón verde, e indican que las persianas y las cortinas ayudan a mantener la temperatura interior. Respecto al invierno el día entrevistado la temperatura exterior es de 11,70°C a las 11hs, heliofanía del 30%, humedad relativa del 40%. La temperatura del aire era de 19,60°C y la temperatura de globo negro de 20,20°C. En esta estación los usuarios indican un uso controlado de estufas (las mantienen en piloto y las aumentan sólo cuando es necesario), lo cual coincide con el bajo consumo en invierno (7,43 kWh/m²) (ver Figura 4, día 25 de julio).

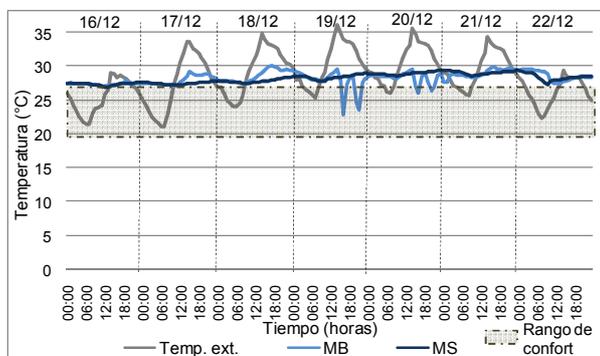


Figura 3. Temperaturas del periodo de verano MB y MS

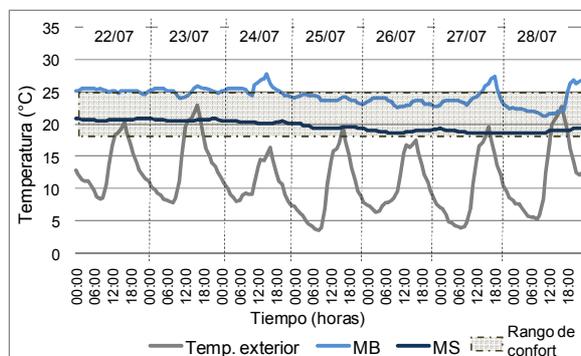


Figura 4. Temperaturas del periodo de invierno MB y MS

Caso liviano

_Vivienda bajo la copa de los árboles (LB)

Verano (Figura 5): se observa que el período en estudio muestra temperaturas interiores absolutas entre 27°C y 31,70°C (ΔT diario promedio de 2,50°C), las cuales sobrepasan el rango de confort para verano de 20°C a 27°C sugerido por Givoni (1991) para países en vías de desarrollo. Se observa que las temperaturas interiores presentan oscilaciones durante el día (descienden 2°C durante el mediodía y vuelven a ascender 1°C ó 2°C durante la tarde) debido al uso de medios mecánicos de enfriamiento. Las temperaturas absolutas exteriores se encuentran entre 20,40°C y 33°C, con un ΔT de 9°C diarios promedio.

La vivienda presenta equipos de aire acondicionado: tres equipos de frío, uno en cada ambiente (estar y dos habitaciones). La capacidad de refrigeración de los equipos es de 2.500 W para las habitaciones y 3.500 W en el estar y su dimensionamiento en relación al espacio (48,20 m² y 54,27 m² respectivamente) es adecuado (Surrey, 2012). Existe un control central individual por departamento, en el cual se introduce una temperatura determinada y a partir de ahí se enciende el sistema requerido. Los usuarios indican que configuran el funcionamiento de aire acondicionado cuando la temperatura ambiente es superior a 23°C.

Los consumos energéticos muestran en el periodo de verano valores promedio mensuales de 456kWh en electricidad, es decir 4,66kWh/m².

Invierno (Figura 6): las temperaturas absolutas interiores se encuentran entre los 22,80°C y 27,30°C, con un ΔT promedio diario de 2°C, sobrepasando el rango de confort sugerido para esta estación. Las absolutas exteriores van de los 3,50°C a 22,10°C (ΔT de 12°C promedio).

El departamento cuenta con calefacción por losa radiante, y el sistema de control es el equivalente al del aire acondicionado. La vivienda cuentan con cortinas del lado interior “black out” y los usuarios recalcan que frecuentemente tienen que cerrarlas para controlar la radiación la temperatura interior. Respecto al consumo de gas promedio en el periodo de invierno es de 323 m³ mensuales, es decir 11,87 kWh/m².

Por lo que se observa en la Figura 6 las elevadas temperaturas interiores se pueden deber al uso constante de los sistemas de climatización, sumado a la alta incidencia de radiación que permite la envolvente transparente.

Los usuarios son una pareja de personas de 40 años aproximados, viviendo desde hace 4 años, ambos en actividad laboral. En cuanto a la percepción de confort clasifican al departamento en verano como muy cálido y “sofocante” (+3 según escala ASHRAE). En esta estación los habitantes indican un uso casi permanente de los sistemas de enfriamiento. Mantienen las cortinas cerradas durante todo el día y sin bien reconocen que éstas ayudan a mantener la temperatura interior, expresan que no les resultan suficientes como sistemas de control. En cambio, en el invierno los usuarios encuentran a la vivienda muy confortable, clasificándola de “cálida” (0 en escala ASHRAE). Durante la entrevista realizada en invierno a las 15 horas de un día con heliofanía relativa del 57 % y humedad del 39 %, con una temperatura exterior de 19°C, la temperatura del aire interior era de 23°C y la temperatura radiante de 24,10°C, sin la influencia de medios mecánicos de climatización (ver Figura 6, día 22 de julio).

_Vivienda sobre la copa de los árboles (LS)

Verano (Figura 5): se observa en los días analizados temperaturas interiores mínimas absolutas de 26,50°C y las máximas absolutas alcanzan los 32,20°C alrededor de las 12hs (ΔT diario promedio de 3°C). Al igual que en el caso bajo la copa de los árboles, las temperaturas interiores oscilan debido al uso de aire acondicionado. Prueba de esto es la temperatura mínima interior de 26,50°, dada a las 14 horas (ver día 20 de Diciembre en Figura 5). Las temperaturas exteriores oscilan entre 20,40°C durante la noche y alcanzan los 33°C como máxima entre las 15 y las 16hs.

Los sistemas de acondicionamiento mecánico son equivalentes al departamento anterior (liviano bajo la copa de los árboles): tres equipos de aire acondicionado -uno por ambiente-, con similares capacidades de refrigeración. No obstante, los consumos son menores, el promedio mensual es de 310,50 kWh, es decir 3,17 kWh/m².

Invierno (Figura 6): las temperaturas interiores resultan de 22,90°C en las mínimas absolutas y las máximas absolutas alcanzan los 28,90° (ΔT promedio diario de 2,50°C). Y las exteriores absolutas se encuentran entre 3,50°C y 22,10°C (ΔT diario promedio de 12°C). La calefacción es por losa radiante y el consumo de gas mensual en invierno es de 329 m³, es decir 12,09 kWh/m².

Reside una persona de género femenino, quien trabaja en horario de comercio de lunes a sábado. Respecto a la percepción de confort en verano el usuario califica al departamento como muy cálido (+3 según escala ASHRAE) y comenta que resulta imprescindible el uso de aire acondicionado. En cuanto al control ambiental durante la noche en verano el usuario indica que se abren todas las ventanas, si bien recalca que las corrientes de aire son muy fuertes; y de día se bajan las cortinas (de seda engomada en el estar). Sin embargo, las temperaturas no demuestran descensos significativos en las horas de la noche. En invierno, en cambio, el usuario expresa confort (0 en escala ASHRAE) en un día nublado con una humedad relativa del 34%, temperatura exterior de 12°C, temperatura de aire interior de 22,70°C y temperatura de globo negro de 23,10°C. Y recalca que los días de alta heliofanía la posibilidad de tener acceso pleno a radiación permite una temperatura aún más confortable (ver Figura 6, día 25 de julio a las 12hs).

Cabe aclarar el hecho de que esta persona vivió anteriormente en el mismo edificio en un departamento equivalente en orientación y superficie en el segundo nivel. Respecto a esto destaca que la vivienda anterior era más confortable en verano dado que notaba la influencia de la sombra de la copa de los árboles, pero de todas maneras el uso de aire acondicionado era muy necesario. En cuanto a la calefacción indica que el departamento del nivel inferior era más cálido en invierno, por lo cual se usaba menos aún el sistema de losa radiante. Manifiesta un alto grado de satisfacción respecto a la vista con la que cuenta actualmente, y en ese sentido prefiere el departamento del nivel superior.

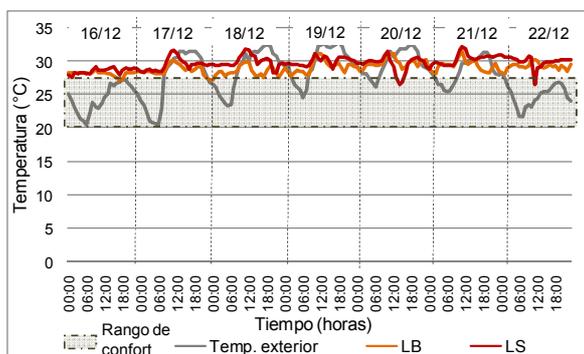


Figura 5. Temperaturas del periodo de verano LB y LS

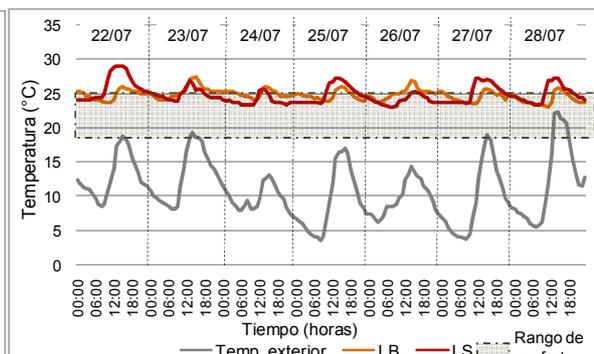


Figura 6. Temperaturas del periodo de invierno LB y LS

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En la Tabla 1 se presentan las variables analizadas para cada caso de estudio. Las temperaturas son las máximas y mínimas absolutas de cada día promediadas en el periodo de análisis. Los consumos corresponden a los mensuales haciendo un promedio de los meses de verano (diciembre, enero y febrero) e invierno (junio, julio y agosto) en electricidad y gas por metro cuadrado. Asimismo, en la figura 7 se representan los consumos totales (electricidad y gas) por metro cuadrado por mes.

Tabla 1. Temperaturas, consumos y percepción de confort en verano e invierno en los casos de estudio

CASO	Altura	Periodo	Confort (escala ASHRAE)	Temp. Exterior (°C)		Temp. Interior (°C)		CONSUMOS (kWh/m ²)		
				Temp. máx. media	Temp. mín. media	Temp. máx. media	Temp. mín. media	Electr	Gas	TOTAL
MÁSICO	Bajo MB	verano	0	33.32	23.73	29.32	26.67	1.15	2.59	27.37
		invierno	-1	19.93	6.24	25.90	23.48	0.75	22.89	
MÁSICO	Sobre MS	verano	0	34.40	22.90	28.53	27.71	1.15	1.90	11.55
		invierno	0	20.65	5.35	19.96	19.54	1.08	7.43	
LIVIANO	Bajo LB	verano	+3	30.76	23.17	30.37	27.88	4.66	1.56	20.18
		invierno	0	17.55	6.53	26.16	23.77	2.10	11.87	
	Sobre LS	verano	+3	30.94	22.72	30.90	28.41	3.17	0.73	16.78
		invierno	0	17.82	6.12	26.80	23.42	0.79	12.09	

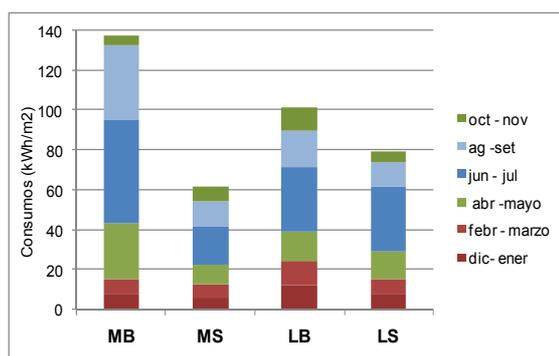


Figura 7. Consumos energéticos bimestrales en los casos de estudio

El análisis de temperaturas, consumos y percepción de confort se realiza en función de tener en cuenta en cada caso la tecnología de la envolvente -ya sea liviana o másica-, y la posición relativa en el edificio, -es decir sobre o bajo la copa de los árboles. Se realizan las siguientes comparaciones:

a- Caso másico: MB – MS

En verano se observa que las temperaturas interiores de los dos casos másicos (por sobre y bajo la copa de los árboles) presentan las mayores diferencias de -12 a 16 hs- cuando ocurren las temperaturas máximas exteriores. Si bien ambos casos sobrepasan entre 2 y 3°C el rango de confort sugerido de 27°C, la vivienda bajo la copa de los árboles (caso MB) presenta mayores amplitudes térmicas diurnas. Estas diferencias se deben principalmente al uso de la vivienda: el caso MB tiene un uso permanente, mientras que en el caso MS la permanencia de los usuarios es discontinua y se observa que se mantienen

cerradas persianas y cortinas gran parte del día. Las acciones de los usuarios implican el uso de aire acondicionado (en el caso MB ver días 19 y 20 de Diciembre en la Figura 3) y en ninguno de los dos se gestiona la envolvente para la mejora de las condiciones térmicas interiores, como por ejemplo mediante la ventilación nocturna. Ambos casos permanecen cerrados durante la noche. Sin embargo, los consumos energéticos resultan equivalentes en ambos casos.

Por otro lado, en invierno las temperaturas del caso inferior (MB) son mayores a las del caso superior (MS), tanto en las máximas como en las mínimas. El motivo de tales diferencias es el mayor uso de calefacción en la vivienda bajo el estrato, lo cual se observa en los consumos energéticos: el caso inferior consume casi un 300 % más de lo que consume el caso superior.

Se observa en ambas estaciones que la principal causa de las diferencias térmicas y energéticas reside en el comportamiento del usuario. El habitante del departamento bajo el estrato -de un mayor rango etario- permanece más tiempo en el mismo y requiere de mayores gastos energéticos para sentirse en confort. Si bien una de las hipótesis de este trabajo reside en la diferenciación micro-climática en altura que genera la arboleda urbana, se observa un mejor comportamiento térmico y energético en el caso sobre el estrato debido a la influencia del usuario.

b- Caso liviano: LB – LS

En el caso liviano las temperaturas de la vivienda sobre el estrato acondicionado (caso LS) sobrepasan a las del departamento bajo la copa de los árboles (caso LB), tanto en verano como en invierno (entre 0,50°C y 1°C). El caso LB cuenta con los beneficios moderadores climáticos que aporta la arboleda urbana y el caso LS presenta una mayor exposición al clima (radiación, vientos, precipitaciones). Sin embargo, ambos casos sobrepasan la temperatura máxima de confort de 27°C sugerida por Givoni, llegando en algunos horarios a 32°C, incluso si se evidencia un uso intensivo del aire acondicionado. Esto demuestra que la tecnología utilizada en el edificio, predominantemente liviana (vidrios laminados de 6mm de espesor, sin protecciones exteriores) no garantiza las condiciones de confort interior debido a sus escasas prestaciones como moderador climático. Los elementos macizos que contribuyen a la inercia térmica son escasos y sólo se encuentran en los elementos horizontales y parcialmente en las fachada Este del departamento.

Respecto al consumo energético se advierten mayores consumos en el caso bajo el estrato, -con diferencias del 35% en verano y del 16% en invierno- dada la cantidad de usuarios: en el departamento inferior residen dos personas y en el superior una. Ha de notarse (ver Tabla 1) que el consumo eléctrico en invierno del caso bajo la copa (LB) resulta un 260% superior al de la vivienda sobre la arboleda (caso LS). Esto demuestra un mayor uso en el departamento inferior de equipos electrónicos que no incluyen aire acondicionado, por lo tanto en verano el mayor consumo eléctrico no necesariamente se debe a un mayor uso de los equipos de refrigeración. Si se computaran los consumos en relación a la cantidad de habitantes se advertirían valores ampliamente superiores (del orden del 150%) en el nivel superior.

En cuanto a la percepción de confort, ambos usuarios consideran a la vivienda confortable en invierno, mientras que en verano se sienten en falta de confort por encontrarse en temperaturas elevadas.

c- Bajo la copa de los árboles: MB – LB

La comparación en tecnología de envolvente en las viviendas ubicadas bajo la copa de los árboles advierte en verano diferencias del orden de 1°C, resultando mayores en el caso liviano (LB). Sin embargo se advierte que éste último (liviano) requiere un consumo energético de un 400 % mayor que el caso másico (MB). Asimismo la percepción de los usuarios se diferencia ampliamente: en el caso liviano consideran al departamento muy cálido y en el másico lo encuentran confortable.

En invierno las temperaturas máximas y mínimas son 0,50°C mayores en el caso liviano (LB). Sin embargo, ambos casos sobrepasan el rango de confort de 25°C sugerido por Givoni atendiendo a expectativas de confort superiores al rango considerado como estándar. Asimismo, los consumos energéticos son superiores en el caso másico, en un 190 %. Esta situación se explica debido a dos razones: por un lado, en el caso liviano las temperaturas son elevadas durante el día debido a la mayor ganancia directa que ingresa por envolvente vidriada, sumado al uso de calefacción por losa radiante.

Y por otro lado, debido a la influencia del usuario: el habitante del caso MB pertenece a otro rango etario y sus expectativas de confort, así como el tiempo de permanencia y uso de su vivienda, difieren del resto de los usuarios. Si bien las entrevistas se realizaron el mismo día, (temperatura exterior de 20°C y heliofanía relativa del orden del 50%), el usuario del caso másico considera que el departamento es fresco en invierno, mientras que en el liviano lo encuentran confortable. Esto genera el mayor consumo en el caso másico, que si bien cuenta con una envolvente con mayor cantidad de inercia térmica y menores superficies transparentes, el uso de calefacción implica que alcance las temperaturas del departamento liviano.

d- Sobre la copa de los árboles: MS – LS

En verano el caso liviano (LS) presenta temperaturas mayores respecto al caso másico (MS) del orden de 2,50°C en las máximas. Asimismo el departamento liviano consume un 300 % más que el másico en esta estación. En invierno las diferencias de temperaturas resultan aún mayores: el caso liviano cuenta con temperaturas máximas hasta 7°C mayores que el másico; y el consumo energético resultan un 160 % superior en el departamento liviano.

En cuanto a la percepción térmica, la respuesta de los usuarios refuerzan lo observado: en verano el usuario del caso liviano no se encuentra en confort: considera a la vivienda muy cálida, mientras que en el caso másico la consideran en situación de confort. En el caso del invierno, las entrevistas se realizaron en ambos casos un día nublado con una temperatura exterior de 12°C, y tanto los usuarios del caso másico como el del liviano expresaron sensación de confort.

Los resultados demuestran que las diferencias térmicas y energéticas de los edificios con distintas tecnologías de envolvente (analizadas en la comparación MB-LB) se hace más evidente en los niveles superiores, expuestos a un mayor intercambio

convectivo y radiativo de energías. Asimismo, las diferencias termo-energéticas entre los dos casos, confirman que la diferencia del 27, 60% entre la cantidad de m³ de masa total (expuesta y no expuesta) por m³ interior entre un caso y el otro, resulta considerable para la definición de casos másicos y livianos.

CONCLUSIONES

El trabajo esclarece que las auditorías, en condiciones normales de funcionamiento de las viviendas, se ven afectadas por dos circunstancias: por un lado las variaciones que provocan los usuarios mediante la gestión de la envolvente, y por otro lado y en mayor medida, el uso de sistemas mecánicos de acondicionamiento. Esta circunstancia dificulta una comparación directa entre casos, por lo que se considera muy valioso contar con el complemento de la entrevista para poder identificar y esclarecer las variables subjetivas y poder realizar un análisis que permita extraer conclusiones extrapolables a otros casos similares.

Se observa que a partir de los resultados de las auditorías térmicas, es posible contextualizar la habitabilidad percibida en el momento de la entrevista. Asimismo, en algunos casos la sensación de confort percibida por parte de los usuarios, implica importantes consumos energéticos y temperaturas que sobrepasan las temperaturas sugeridas en la bibliografía general.

El caso másico demuestra un comportamiento más cercano al rango de confort tanto en invierno como en verano, a excepción de los momentos en los que se utilizan medios mecánicos de climatización. Sin embargo los resultados demuestran que las variables fisiológicas, socioculturales y psicológicas de los usuarios implican variaciones en el uso, provocando en el caso MB hasta un 200% más de consumo en invierno. En este caso resulta muy significativa la percepción del usuario.

Respecto al caso liviano, ambas viviendas se comportan en forma similar debido a perfiles de usuario equivalentes, no obstante, se observa una total falta de confort en verano, lo cual se corresponde con las temperaturas medidas. En este caso los consumos energéticos en esta estación son elevados (entre un 300% y un 400% superior al caso másico) y a pesar de esto los habitantes no alcanzan la sensación de confort. Esto demuestra que la envolvente liviana no amortigua las condiciones térmicas exteriores. En el invierno la percepción positiva de habitabilidad se corresponde con las mediciones y con los consumos registrados.

Otro aspecto a tener en cuenta en verano es que ninguno de los casos, ya sean livianos o másicos, presentan ventilación nocturna como estrategia de enfriamiento. Debido a que ambos casos se encuentran fuera del área de confort, es válido plantear la posibilidad de que el usuario comience a gestionar los elementos practicables de la envolvente en este sentido. De esta forma, especialmente en el caso másico, se mejorará su funcionamiento posiblemente logrando el confort sin realizar una intervención constructiva.

No obstante, los resultados adquiridos mediante las auditorías indican mayores diferencias térmico-energéticas en la comparación de tecnologías de envolvente –másico y liviano- respecto a la comparación en altura –bajo y sobre la arboleda. En relación a esto resulta importante -en una región con características climáticas áridas- proyectos en los cuales se consideren estrategias de diseño que tengan en cuenta la incorporación de materiales con inercia térmica y adecuadas protecciones solares en la envolvente transparente en el verano.

Con el fin de obtener lineamientos orientativos para propuestas de mejora desde la arquitectura, se proponen estrategias posibles de realizar en las construcciones en altura en relación a dos situaciones:

Por un lado la búsqueda de una imagen trasparente: una posibilidad que se propone para incorporar mayor cantidad de m³ de masa por unidad de superficie habitable en edificios que busquen una estética transparente, puede ser la de concebir la piel a partir de distintas capas en las que se adopten los materiales de alta inercia, como el hormigón, y materiales con una imagen transparente como el vidrio.

Esta estrategia puede ejemplificarse con el caso de la “Torre Agbar”, en Barcelona, obra del arquitecto Jean Nouvel en 2005. Se trata de un edificio en altura acristalado, en donde la envolvente se soluciona a partir de distintas capas: de adentro hacia afuera una primera de hormigón, con huecos dispuestos aleatoriamente que hacen las veces de ventanas. Luego, con el objetivo de lograr juegos de luces y colores, el hormigón se recubre de una chapa ondulada de aluminio. Y finalmente, la piel del edificio se hace visible a través de láminas de vidrios -translúcidos y transparentes-, que cubren a modo de parasol toda la superficie de envolvente, con diferentes inclinaciones teniendo en cuenta la incidencia de radiación.

La combinación de una imagen liviana manteniendo un porcentaje importante de masa, se encuentra esbozada en el edificio liviano estudiado en los muros de hormigón recubiertos en vidrio. Sin embargo, su resolución responde sólo a cubrir la necesaria estructura antisísmica sin cambiar la imagen de transparencia. En los porcentajes construidos, no es suficiente para funcionar como moderador climático a partir de la inercia térmica.

La otra estrategia está relacionada a la diferenciación en altura en una ciudad con características de oasis: se observa en los casos estudiados una moderación micro-climática que beneficia a las unidades de vivienda ubicadas bajo el estrato acondicionado por parte de la arboleda urbana. En consecuencia, una posible estrategia es la de prolongar los beneficios de la ciudad oasis sobre la copa de los árboles mediante superficies verdes que sean parte de la envolvente o piel del edificio. Esta alternativa logra una imagen parcialmente liviana, produciendo una nueva estética tendiente a una arquitectura ambientalmente consiente.

Un caso que resulta referente en este tipo de imagen es el edificio “Consortio Nacional de Seguros - Vida” en la ciudad de Santiago de Chile, del arquitecto Enrique Browne en 1993. En el mismo se resuelve la dicotomía climática a través de una doble fachada: una interior vidriada de baja emisividad y otra exterior con vegetación. Esta fachada verde con características caducas reduce la absorción solar en verano, permite la ganancia solar en invierno y prolonga los efectos del microclima que produce la vegetación a toda la altura del edificio.

Sin embargo, para aplicar esta estrategia en Mendoza dadas las características climáticas áridas del contexto, es necesario un estudio exhaustivo del tipo de vegetación pertinente y de sus posibilidades de mantenimiento durante las distintas necesidades ambientales a lo largo del año.

Cabe aclarar que las estrategias propuestas deben estar integradas a un conjunto de consideraciones de diseño tendientes al buen funcionamiento del edificio, y asimismo deben estar complementadas con otros aspectos de uso que resultan fundamentales para el logro de una arquitectura sustentable.

REFERENCIAS

- Alias, H., Jacobo, G. (2010). Eficiencia energética y sostenibilidad en viviendas de interés social: incidencia del material de la envolvente en el consumo eléctrico para mantener el confort higrotérmico interior, Congreso internacional Sustentabilidad e Habitación de interés social, Porto Alegre, Brasil.
- ASHRAE (1992) Standard 55-92, Thermal environmental conditions for human occupancy, American Society of Heating, Refrigeration and Air-conditioning Engineers, Atlanta, Georgia, USA.
- Balter J., Ganem, C., Discoli, C. (2012) Auditoría y simulación termo-energética como instrumentos de validación para el estudio y mejoramiento de edificios en altura en “Ciudades-Oasis”. Ejemplo de aplicación sobre una unidad de vivienda en la Ciudad de Mendoza. XXXV Reunión de Trabajo de Asociación Argentina de Energías Renovables y Ambiente. Vol. 16, Impreso en la Argentina, ISSN 0329-5184, pp 59-66.
- Cantón, M.A., Mesa A., Cortegoso, J.L., De Rosa, C., (2003) Assessing the solar resource in forested urban environments. *Architectural Science Review* 24.
- Czajkowski J., Corredera C. (2006). Ahorro de energía en refrigeración de edificios para viviendas y propuesta de indicadores de eficiencia y valores admisibles, *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, Vol. 10, Impreso en la Argentina, ISSN 0329-5184, N° pág. 09-16.
- Evans M., De Schiller S. (2001). Evaluador energético: método de verificación del comportamiento energético y ambiental de viviendas, *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, N°5. Mendoza, Argentina.
- Filippín C., Flores Larsen, S. (2010). Comportamiento térmico de verano de viviendas unifamiliares compactas en condiciones reales de uso en clima templado en Argentina, *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, Vol. 14, Impreso en la Argentina, ISSN 0329-5184, N° pág.: 1-8.
- Flores Larsen S. (2010). Simulación térmica de un edificio de oficinas con doble fachada vidriada en la Ciudad de Salta, *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, Vol. 14, Impreso en la Argentina, ISSN 0329-5184, N° pág. 73-80.
- FUNDELEC (2012)- Fundación para el desarrollo eléctrico_ www.findelec.org.ar/
- Ganem, C. (2006) Rehabilitación ambiental de la envolvente de viviendas. El caso de Mendoza. Tesis Doctoral. Universidad politécnica de Cataluña. Barcelona.
- Givoni, B. (1991). Comfort, climate analysis and building design guidelines. *Energy And Building*.
- Marincic I., Ochoa J.M., del Rio, J. (2012) Confort térmico adaptativo dependiente de la temperatura y la humedad. *ACE: Arquitectura, Ciudad y Entorno* (en línea). Año 7. 20 Octubre, pp 27-46.
- Normas IRAM 11.549 (2002) Aislamiento térmico de edificios. Tercera edición 2002-04-12
- Re, M. G., Blaco Lucas, I., (2010). “Comportamiento higrotérmico, lumínico y energético de edificios residenciales ubicados en la ciudad de San Juan”, *Revista AVERMA Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 14, 181-188.
- Roaf, S.; Crichton, D.; Nicol, F. (2005). *Adapting Buildings and Cities for Climate Change - A 21st century survival guide*, Architectural Press—An Imprint of Elsevier, Oxford.
- Oke, T.R., (2004). Initial Guidance to Obtain Representative Meteorological Observations At Urban Sites. Iom Report, Td In Press, World Meteorological Organization, Geneva.
- Ribot Catalá C., Fernandez-Tenllado Gil, García de León Solera, D. (2000). Investigación cualitativa de atención primaria. Una experiencia con entrevistas abiertas. *Atención Primaria*. Vol. 25. Num 5, pp 343-348.

ABSTRACT

The paper discusses the need to complement the thermal behavior and energy consumption obtained by audit-diagnosis with surveys done to users in order to know subjective perception. Guidance is intended to obtain guidelines for improvement proposals from architecture to give adequate answers to the case in all its dimensions, to cover both the metric and the subjective. It exemplifies the methodological application in high-rise buildings in the city of Mendoza with different embodiments of envelope-type light-mass and in cases of housing units located at different heights in buildings addressing the particular study of its location on the "city-oasis" of Mendoza. The results demonstrate that the audits in operating conditions, the houses are affected by changes that lead users through the management of the envelope, and mainly due to the use of mechanical conditioning systems in search of comfort. This circumstance makes difficult the analysis and comparison between cases, so it is considered very valuable to have the complement of the interview in order to identify the variables related to the subjective aspects of comfort and be able to analysis to conclusions extrapolated to other similar cases.

Keywords: thermal-energy audit, interviews perception of comfort, tall buildings.