

EVALUACIÓN TÉRMICA Y CONSUMOS ENERGÉTICOS EN VERANO DE DEPARTAMENTOS UBICADOS A DISTINTAS ALTURAS EN EDIFICIOS MÁSICOS EN LA CIUDAD DE MENDOZA.

Julietta Balter¹, Carolina Ganem², M. Alicia Cantón³

Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda - Instituto Ciencias Humanas Sociales y Ambientales (LAHV INCIHUSA)
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)
Centro Regional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas C.C.131 C.P. 5500 – Mendoza
Tel. (0261) 5244322, Fax. (0261) 5244001. E-mail: jbalter@mendoza-conicet.gob.ar

RESUMEN:

La estructura de oasis de la ciudad de Mendoza integra dos estratos en altura con condiciones diferentes definidos a partir de la forestación urbana. El presente trabajo plantea como objetivo el análisis de los comportamientos térmicos y los consumos energéticos de departamentos ubicados a diferentes alturas -bajo y sobre la copa de los árboles- en edificios de envolventes másicas. Los casos de estudio corresponden a dos unidades de vivienda en las cuales se estudian comparativamente las diferencias formales y tecnológicas de cada caso y se realizan mediciones in situ de la situación térmica ambiental interior y exterior. Las mismas se efectúan en verano a partir de la utilización de sistemas HOB0 H08. Los resultados advierten mayores temperaturas promedio en los niveles superiores respecto a los inferiores. Las diferencias entre los casos definen al departamento situado bajo la copa de los árboles más compacto y menos conservativo en relación al que se encuentra sobre el estrato arbóreo. Sin embargo, si bien el caso del nivel superior resulta más eficiente, predominan en el comportamiento térmico del departamento las condiciones exteriores, dado que las diferencias de temperatura interior-exterior resultan mayores. Tal situación evidencia la moderación micro-climática que proporciona el modelo urbano de “Ciudad-Oasis” y la necesidad de una diferenciación mediante una adecuada tecnología de envolvente edilicia, en los distintos niveles de los edificios en relación al arbolado urbano.

Palabras claves: evaluación térmica, consumos energéticos, edificios másicos

INTRODUCCIÓN

La importancia del estudio del comportamiento térmico en los espacios habitables, está dado, entre otros aspectos, por el alto grado de influencia que éste genera en el consumo energético. Asimismo, a partir del incremento en los avances tecnológicos, el logro del confort resulta cada vez de mayor relevancia en el ámbito del hábitat, llegando a configurarse el alcance del mismo, prácticamente como una exigencia ineludible.

Al respecto, los requerimientos energéticos para refrigeración en el sector residencial corresponden al rubro de mayor importancia de energía demandada en verano. La variación de la temperatura interior de diseño es otro factor que influye fuertemente en dicha demanda energética (Evans, J. M. y De Schiller, S.; 2001).

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. Dentro de ésta situación el sector edilicio cumple un rol importante. En Argentina las altas temperaturas de diciembre de 2010 llevaron a marcar el mayor consumo de energía eléctrica de la historia del país, con una demanda del 12,2% por encima del nivel registrado en el mismo mes del 2009. En verano del 2010, la demanda neta total del Mercado Eléctrico Mayorista (MEM) fue de 10.125,7GWh, mientras que en diciembre del 2009 había sido de 9.023,6GWh (Diario Uno, 2011).

Dicho panorama, sumado a la tendencia del crecimiento de la construcción de viviendas (INDEC, 2006), al incremento en la compra de equipos de aire acondicionado (según el INDEC el 12.6% en el año 2008), al uso de las energías no convencionales, y a la posibilidad de revisar Normativas y Códigos de Edificación, entre otros aspectos, motivaron a distintos autores a evaluar edificios residenciales para analizar el comportamiento térmico-energético, las condiciones de confort, el consumo de energía y el comportamiento del usuario (Filippín C. et al., 2010).

Existen numerosos antecedentes a nivel nacional, entre los que se pueden citar: Czajkowski expone el modelo de ahorro de energía en refrigeración desarrollado para edificios de habitación humana, junto a indicadores de eficiencia y sus valores admisibles propuestos al IRAM aplicables a tres tipos de edificios de vivienda (Czajkowski, J. et al., 2006). Salvetti estudia el comportamiento energético ambiental de torres de vivienda en La Plata, en donde a partir de analizar los consumos

¹ Arquitecta – Becaria INCIHUSA-CONICET

² Doctora Arquitecta – Investigadora Asistente CONICET

³ Arquitecta – Investigadora Adjunta CONICET

energéticos de departamentos, se busca conocer los valores para construir un indicador de consumo de energía real y mejorarlo; a fin de utilizarlo en un modelo de consumo a nivel urbano (Salveti et al., 2009). Filippin evalúa el comportamiento térmico de verano de 4 viviendas mäsicas y compactas ubicadas en zonas urbanas de baja densidad en la ciudad de Santa Rosa, La Pampa, estudio mediante el cual se obtienen estrategias de mejoramiento con las que se permitiría mejorar las condiciones de confort con ahorro de energía (Filippin C. et al., 2010). Además en 2010, Alías estudia la incidencia del material de la envolvente en el consumo eléctrico para mantener el confort higro-térmico interior en viviendas de interés social, en las provincias de Corrientes y Chaco (Alías et al., 2010).

A nivel internacional, Steemers y Manchanda analizan el confort de los usuarios en espacios no residenciales habitables (oficinas). Advierten que el incremento de la energía utilizada está asociado al incremento en la mecanización de sistemas (aire acondicionado) y a la reducción del control por parte de los usuarios, lo cual disminuye niveles de confort y satisfacción. Es decir, que la energía utilizada en edificios es inversamente correlativa al bienestar de los ocupantes (Steeemers et al., 2010)

Asimismo, resulta fundamental el comportamiento de los usuarios. Análisis energéticos en edificios residenciales realizados en Argentina advierten que para generar ambientes considerablemente confortables, los habitantes provocan aumentos innecesarios en las demandas energéticas. 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).

El sitio en estudio corresponde al área metropolitana de la ciudad de Mendoza (32° 40' Latitud Sur, 68° 51' Longitud Oeste y 827 metros sobre el nivel del mar). Presenta un clima templado continental con considerables diferenciaciones en las temperaturas estacionarias. En verano (mes de enero) las temperaturas máximas, medias y mínimas absolutas se encuentran en 37,40°C, 23,60°C y 6,20°C; mientras que en invierno (mes de julio) éstas son de 27,80°C, 7,80°C y -5,70°C. Dicha rigurosidad climática se acentúa debido al escaso porcentaje de humedad relativa anual (54,70%). Asimismo las precipitaciones no superan los 218mm anuales.

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. (Bórmida, 1984)

Respecto a las características que definen a Mendoza como "ciudad-oasis", la forestación urbana determina dos estratos en altura, en los cuales las condiciones micro-climáticas resultan muy diferentes: por un lado, el microclima generado bajo de la copa de los árboles beneficia a las edificaciones de baja altura (3 – 4 niveles). Por el contrario la circunstancia generada fuera del estrato acondicionado, resulta muy diferente. Las edificaciones que superan dicho estrato están expuestas directamente al clima de la región: la condición sobre la copa de los árboles consiente un acceso pleno a la radiación tanto en invierno (energía incidente deseada) como en verano (energía incidente no deseada) y una exposición al intercambio convectivo y radiativo de energías en ambas estaciones.

A nivel edilicio, a partir del año 2005, la ciudad de Mendoza contó con un alto desarrollo constructivo, lo cual se vio reflejado en gran medida en la edificación de propiedades en altura. Se observa que la mayor parte de la población de la zona de alta densidad de la ciudad, reside en edificios que fueron construidos aproximadamente entre 1970 y 2005. Éstos, en su gran mayoría, se caracterizan por contar con el tipo de construcción "tradicional", el cual presenta una mayor proporción de materiales mäsicos -como el ladrillo y el hormigón- y menores porcentajes de superficies vidriadas.

Por otro lado, si bien la tendencia arquitectónica actual prioriza una estética liviana y transparente, existen aún en Mendoza una gran cantidad de construcciones en altura que cuentan con un mayor porcentaje de materiales mäsicos, respecto a los livianos. Por tal motivo resulta importante el estudio del comportamiento térmico en las unidades de vivienda de dichas tipologías edilicias.

A partir de lo expuesto se advierte que si bien existe una gran variedad de estudios relacionados al comportamiento térmico de espacios habitables, al confort de los usuarios y sus requerimientos energéticos; resulta necesario abordarlo para el caso de la ciudad de Mendoza, dada la particularidad de su estructura oasis que define dos estratos con condiciones diferentes.

Por tanto, se plantea el objetivo del presente trabajo, el cual consta del análisis de los comportamientos térmicos y los consumos energéticos en edificios que presentan materializaciones y tecnologías de envolventes acordes a la situación climática árida de la región, es decir del tipo mäsicas. Asimismo se evidencia la importancia de la diferenciación micro-climática dada por el estrato forestal de la ciudad, lo cual determina la necesidad del estudio de departamentos ubicados a diferentes niveles de altura, pudiendo influir dicha situación en el confort interior de los departamentos, así como en el consumo de energía.

El presente trabajo corresponde a la continuación de estudios realizados en edificios en altura con diferentes materialidades de envolventes. En función de alcanzar los objetivos previamente descriptos se prevé en futuras etapas ampliar el análisis para todas las estaciones del año, a los efectos de comparar los comportamientos térmicos en cada una de las instancias estacionarias, de departamentos ubicados a distintas alturas y que se encuentren asociados a diferentes diseños y tecnologías de envolventes.

METODOLOGÍA

Los casos de estudio se localizan en el Área Metropolitana de Mendoza. Las mediciones se realizan en una estación extrema (verano) a los efectos de obtener un diagnóstico intrínseco a diseños y tecnologías de envolventes equivalentes en departamentos ubicados a diferentes alturas.

Las características meteorológicas para el mes de Enero se describen a continuación: Las temperaturas máximas se encuentran en 37,40°C (absoluta) y 30,10°C (media), mientras que las mínimas presentan valores de 6,20°C para la absoluta y 18,40°C para la media. La temperatura media mensual es de 23,60°C. En cuanto a la humedad y heliofanía relativa, éstas se encuentran en un 49% y 65,50% respectivamente. La radiación global sobre superficie horizontal es de 25,70Mj/m² y las precipitaciones, en el orden de los 35mm mensuales.

Casos de estudio

La selección de los casos de estudio se encuadra en el contexto de manzanas urbanas de alta densidad cuyas características urbano-espaciales son similares. Se presenta una breve descripción de las variables referidas a entorno, uso y orientación.

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, incluyendo el perfil de las manzanas de las calles que resultan límites, siendo éstas: calle Las Heras (Norte), calle Colón (Sur), Av. San Martín (Este) y calle Belgrano (Oeste). (Ver Figura 1).

b- Tipologías de edificios: a partir de los objetivos planteados 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 el estrato verde urbano.

A partir de las variables anteriormente consideradas se han seleccionado dos casos de estudio que cuentan con similares materializaciones de envolventes: 1-edificio Kolton (departamento ubicado en el primer nivel); y 2-edificio Aconagua: (departamento ubicado en el quinto nivel). Dichas construcciones presentan variables urbanas afines: ambos se encuentran sobre canales viales de 20m forestados con ejemplares arbóreos adultos de moreras (*morus alba*). Los mismos definen un estrato acondicionado de 12 metros de altura. Las dos edificaciones se presentan ubicadas en la imagen de la figura 1, frente a Plaza Independencia (edificio Kolton) y sobre la vereda Sur de calle Colón (edificio Aconagua).

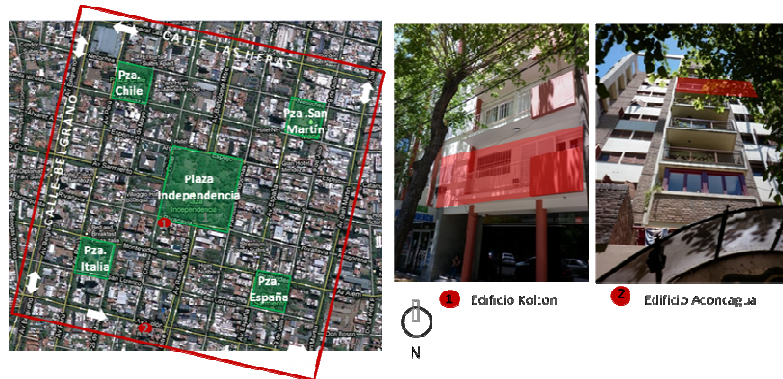


Figura 1. Área de análisis y edificaciones en estudio

Caracterización edilicia

Caso 1: Edificio Kolton – departamento 1° nivel

Año de construcción: 1970. Altura total: 25m (PB + 7 niveles)

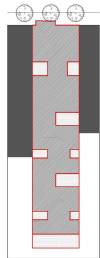
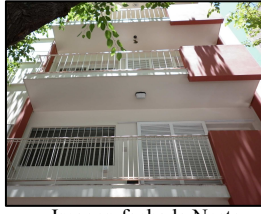
TIPOLOGÍA EDILICIA	ENVOLVENTE VERTICAL EXPUESTA
Edificio adosado a las líneas medianeras	Envolvente predominantemente mática
 <p>Planta tipología</p>	 <p>Imagen fachada Norte</p>
Retiro frontal: 0m Retiros laterales: 0m (Colindancia Este: edificación de 5 niveles. Colindancia Oeste: vivienda de 2 niveles) Retiro posterior: 3m	Envolvente liviana (vidrio) por m ² : 5,10% Envolvente maciza (estructura de H°A°, muros de ladrillo hueco) por m ² : 94,90% Protecciones solares: balcones de 1,20m de profundidad. Persianas corredizas con celosías de madera color blanco.

Tabla 1. Características tipológicas y de envolvente caso 1

Caso 2: Edificio Aconcagua – departamento 5° nivel
 Año de construcción: 1986. Altura total: 35m (PB + 10 niveles)

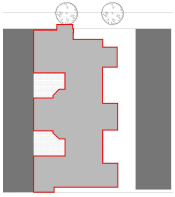

TIPOLOGÍA EDILICIA	ENVOLVENTE VERTICAL EXPUESTA
Edificio adosado a las líneas medianeras	Envolvente predominantemente másica
 <p> <i>edificación colindante</i> <i>superficie construida</i> <i>superficie descubierta</i> </p> <p>Planta tipología</p>	 <p>Imagen fachada Norte</p>
Retiro frontal: 0m (la mitad Este se retira 2m) Retiros laterales: 6m de retiro hacia el Este (Colindancia Este: edificación de 5 niveles. Colindancia Oeste: edificación de 5 niveles) Retiro posterior: 4,50m	Envolvente liviana (vidrio) por m ² : 8,60 % Envolvente maciza (estructura de H°A°, muros de ladrillo común) por m ² : 91,40% Protecciones solares: balcones de 1,10m de profundidad. Persianas corredizas con celosías de madera

Tabla 2. Características tipológicas y de envolvente caso 2

Caracterización de las unidades de vivienda

- Orientación y altura

Se analizan dos unidades de vivienda pertenecientes, cada una de ellas, a los dos edificios descritos previamente. Dichas unidades presentan diferentes condiciones respecto al estrato acondicionado: la del caso 1 se encuentra en el primer nivel, por debajo de la copa de los árboles (3,50 metros), mientras que el departamento del caso 2 se encuentra en el quinto nivel, es decir, sobre dicho estrato (20 metros). Las viviendas se orientan al Norte, y son frontales respecto al edificio, relacionándose ambas unidades con el verde urbano. Los edificios colindantes en ambos casos de estudio hacen que los ambientes analizados se encuentren protegidos del intercambio de energías en sus orientaciones Este y Oeste. (Figura 2)

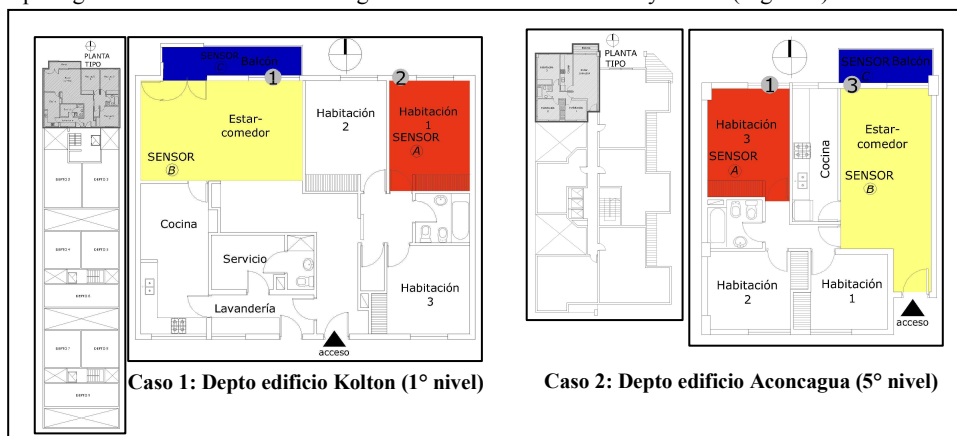


Figura 2. Plantas tipo del edificio y analizadas

- Análisis geométrico-espacial:

Los departamentos en estudio presentan diferencias en cuanto a las superficies cubiertas y semi-cubiertas. Se especifican dichos valores en relación a la superficie total de cada vivienda y a cada ambiente analizado.

- . Caso 1: departamento edificio Kolton
 - Superficie cubierta: 112,50m² – Estar: 22,28m²- Habitación: 12,21m²
 - Superficie semi-cubierta: 5,50m²
- . Caso 2: departamento edificio Aconcagua
 - Superficie cubierta: 64m² – Estar: 19,80m²- Habitación: 11m²
 - Superficie semi-cubierta: 3,80m²

En relación a las superficies totales se advierte que el departamento del edificio Kolton (caso 1) resulta un 43% mayor al del Aconcagua (caso 2). Sin embargo, las superficies de los ambientes en estudio resultan similares: el estar-comedor del

departamento del 1° nivel es un 11% mayor respecto al del 5° nivel. En cuanto a la superficie cubierta de las habitaciones, la del caso 1 (edificio Kolton) cuenta con un 12% más respecto a la del caso 2.

A fines de analizar la relación de las unidades de viviendas con el ambiente exterior, se presentan las superficies de envolventes interiores y expuestas de los espacios en estudio, y sus respectivos porcentajes. En la figura 3 se observan los porcentajes para cada departamento y cada ambiente, teniendo en cuenta la diferenciación de envolvente “liviana” y “másica” dentro de la envolvente expuesta, así como la inclusión de superficies de pisos y techos en la envolvente interior.

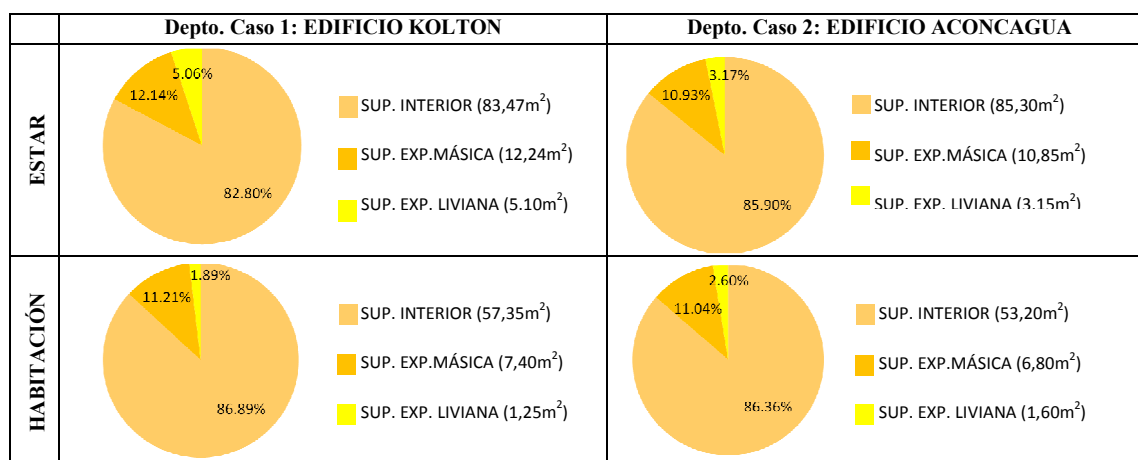


Figura 3. Porcentaje de envolvente interior y expuesta para cada caso de estudio

Los porcentajes en el caso del estar del departamento 1 cuentan con valores de envolvente expuesta del orden del 17,20%, donde el 12,2% corresponde a envolvente másica y el 5% corresponde a superficie liviana (vidrio). Para el caso del departamento 2 el porcentaje de envolvente expuesta resulta menor: del orden del 14,10%, en los cuales el 10,85% es envolvente másica y el 3,17% es liviana. Se observa a partir de éstos datos y de la proporción del estar del departamento ubicado en el 5° nivel (figura 2), en donde la profundidad del local es dos veces el ancho del mismo, la menor exposición a la condición climática exterior con la que cuenta tal departamento, debido a la menor cantidad de envolvente expuesta.

Asimismo, para el caso de las habitaciones si bien los porcentajes de envolvente expuesta resultan similares -del orden del 13,10% en el caso 1 y del 13,64% para el caso 2- se advierte en el 5° nivel una superficie de envolvente liviana (vidrio) mayor (del orden del 2,60%) respecto a la habitación del 1° nivel (1,90%).

- Análisis de forma:

La morfología de los ambientes analizados se define a partir de dos factores: Factor de Forma: FF (Olygay, 1998) y Factor de Área de Envolvente de Piso: FAEP (Esteves, 2003).

El Factor de Forma (FF) determina la capacidad de intercambio de calor con el exterior de la estructura formal del espacio y se expresa como el cociente entre la superficie de envolvente total y la superficie del piso. El edificio Kolton cuenta en el estar con un coeficiente de 4.52 y en la habitación de 5.41. Mientras que el edificio Aconcagua cuenta con un Factor de Forma de 5.02 en el estar y de 5.60 para la habitación. Teniendo en cuenta que el factor 2 es el de más alta compacidad (correspondiente a una semiesfera) se advierte que los ambientes del edificio Kolton son los que se acercan en mayor medida a tal compacidad.

El Factor de Forma de Envolvente de Piso (FAEP) se expresa como el cociente entre la superficie expuesta y la superficie de piso. Se advierten valores muy semejantes en ambos edificios en relación a la exposición de la superficie de envolvente total: el estar del edificio Kolton cuenta con un FAEP de 0.78, mientras que en la habitación es de 0.71. En el edificio Aconcagua el estar presenta un índice de 0.71 y la habitación de 0.76.

Un análisis combinado de los dos factores (FF y el FEP) permite determinar que el estar del caso 1 desde el punto de vista geométrico, presenta una forma más compacta que la del caso 2. En cuanto a la exposición exterior se observan mínimas diferencias: el estar del caso 1 se encuentra con mayor exposición al caso 2. Las habitaciones muestran una situación inversa, la del caso 2 se encuentra más expuesta que la del departamento 1.

- Análisis de materialización de envolvente:

La tecnología de envolvente másica resulta diferente en ambos edificios en estudio: El edificio Kolton (caso 1) cuenta con ladrillo hueco con revoque y pintura -0,30m de espesor- al exterior, sin aislación, y divisiones interiores del mismo material de 0,10 de espesor. Las losas son de losa nervada con ladrillo hueco.

El edificio Aconcagua (caso 2) presenta una envolvente de ladrillo común de 25 x 12 x 5 cm visto y con revoque y pintura; y losas macizas de H°A°. La envolvente transparente en los dos casos consta de vidrios simples de 6mm de espesor y carpinterías de maderas.

En relación a los objetivos del presente trabajo, a fines de comparar el comportamiento térmico de departamentos que presentan diferencias geométricas y de tecnología de envolvente, se ha calculado el coeficiente de pérdida por m² de superficie expuesta. El coeficiente volumétrico global de pérdida se obtiene a partir del cálculo de las superficies expuestas y los coeficientes de transmitancia de los componentes constructivos por unidad de área (m²) (Tabla 3):

	Depto. Caso 1: EDIFICIO KOLTON		Depto. Caso 2: EDIFICIO ACONCAGUA	
	Estar	Habitación	Estar	Habitación
Envolvente mática (m ²)	51.15	40.33	56.55	38.00
Transmitancia ladrillo (W/m ² °C)	0.73	0.73	0.27	0.27
Espesor (m)	0.30	0.30	0.20	0.20
Envolvente transparente (m ²)	5.10	1.25	3.15	1.60
Transmitancia vidrio (W/m ² K)	5.70	5.70	5.70	5.70
Espesor (m)	0.06	0.06	0.06	0.06
Coficiente de pérdida (Q)	0.24	0.20	0.12	0.11

Tabla 3. Coeficiente de pérdida neta por unidad de superficie (Q)

Los valores resultantes muestran un coeficiente de pérdida global menor en el caso 2. La diferencia es del 50% para el caso del estar y del 45% para las habitaciones. Tales resultados definen a los espacios interiores del departamento del edificio Aconcagua (5° nivel) mayormente conservadores respecto a los ambientes del departamento Kolton (1° nivel).

Caracterización de los usuarios

Se caracterizan los usuarios para cada caso de vivienda en estudio: en el departamento correspondiente al edificio Kolton, en el 1° nivel, (caso I) los usuarios son tres personas mayores de 40 años; dos de ellas son jubilados y una de ellas empleada. El uso de la vivienda es permanente (24hs) por parte de dos de los usuarios. El caso del departamento del edificio Aconcagua, en el 5° nivel (caso II) cuenta con una persona mayor de 40 años, jubilada, quien utiliza la vivienda de forma permanente (las 24hs) y cuenta con una persona de ayuda doméstica.

Monitoreo y evaluación del comportamiento térmico

A los efectos de determinar las diferencias de comportamiento térmico de los distintos departamentos descriptos se realizan mediciones in situ de la situación térmica ambiental interior y exterior en las dos unidades de vivienda. Las mismas se efectúan a partir de la utilización de sistemas HOBO H08 de la marca ONSET ubicados a alturas equivalentes (Oke, 2004) y a una distancia suficiente de la masa de las paredes a los efectos de evitar su incidencia en los datos.

Las mediciones se efectúan en la estación de verano, durante un período de 30 días, del 24 de Diciembre del 2010 al 24 de Enero del 2011. Los datos se registraron cada 15 minutos bajo la siguiente configuración: dos sistemas HOBO por espacio interior (cada uno en un local diferente orientado al Norte), posicionados a una altura promedio de dos metros; y un datalogger de referencia en el espacio exterior, frente al espacio público de la calle (Norte). En el interior se ubican en el estar comedor y en una de las habitaciones (sensor A, B y C en Figura 2).

RESULTADOS

Comportamientos térmicos

Del período medido se eligen cuatro días representativos (del día 18 al 21 de Enero) con condiciones previas estables a los efectos de evitar la incidencia de eventos climáticos puntuales en los resultados. El análisis de los comportamientos térmicos se realiza a partir de comparar las diferencias térmicas interiores-exteriores de la temperatura promedio obtenidas en el período analizado para cada edificio en estudio.

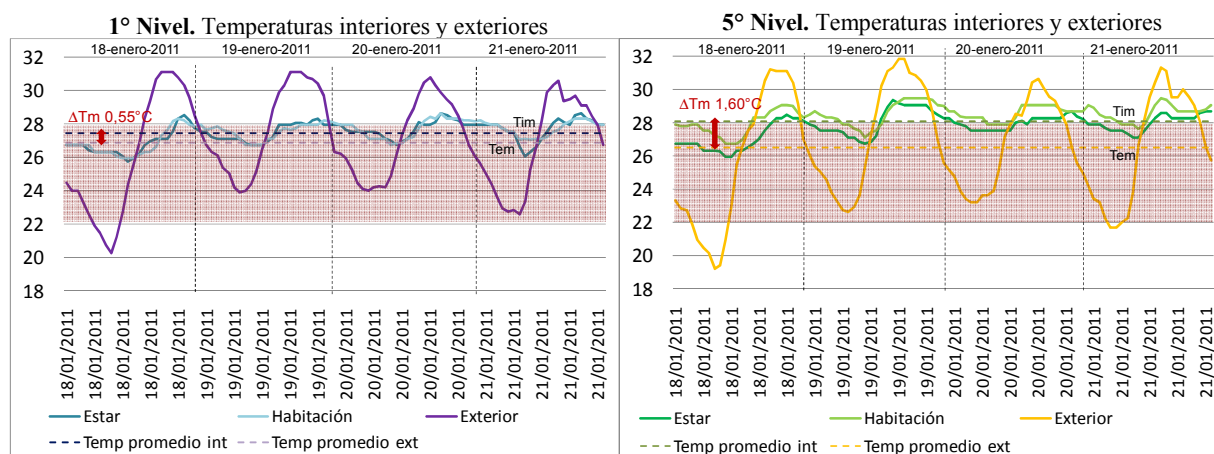


Figura 4. Temperaturas de los departamentos en estudio

En cuanto a las temperaturas exteriores se observa que la curva del 1° nivel presenta menores diferencias térmicas respecto a las del 5° nivel. Esto se debe a la influencia de las condiciones exteriores, en las cuales la moderación generada por la copa de los árboles incide en las temperaturas del departamento que se encuentra bajo dicho estrato, resultando menores en las temperaturas máximas debido a las sombras arrojadas por los árboles, y mayores en las mínimas debido a la menor visión de bóveda celeste.

El estudio del balance térmico en cada uno de los departamentos analizados advierte que en ambos casos la temperatura promedio interior resulta mayor a la exterior, advirtiendo los siguientes resultados: en el caso del departamento del 1° nivel el ΔT_m es de 0,55°C, con una temperatura interior promedio de 27,43°C y una exterior promedio de 26,88°C. Para el caso del departamento del 5° nivel tal diferencia se encuentra en el orden 1,60°C con temperaturas promedio interior de 28,09°C y exterior de 26,49°C.

En la tabla 4 se pueden observar las temperaturas promedio en cada caso de estudio y las diferencias (ΔT) entre las temperaturas interiores y las exteriores.

		Temperaturas promedio	ΔT
1° Nivel	estar	27.42	0.54
	habitación	27.45	0.56
	exterior	26.88	-
5° Nivel	estar	27.78	1.30
	habitación	28.40	1.92
	exterior	26.49	-

Tabla 4. Temperaturas promedio y diferencias térmicas interior-exterior

Se advierten diferencias térmicas respecto al exterior en el caso del estar, de 0,54°C para el caso del 1° nivel (Caso 1), y 1,30°C para el 5° nivel (Caso 2); resultando 0,76°C superiores las del caso II -es decir un 58,50% mayor. A partir de tal situación, y observando que el departamento del 5° nivel cuenta incluso con menor porcentaje de envolvente expuesta, se calcula el comportamiento hipotético del caso 2, considerando que éste presente la misma cantidad de envolvente expuesta que el departamento del nivel inferior (17,20%). Los resultados demuestran que el departamento del 5° nivel presentaría una diferencia interior-exterior de 1,60°C, es decir un 68,20% mayores al nivel inferior.

En cuanto a las diferencias térmicas exterior-interior en las habitaciones, se advierten mayores diferencias en el 5° nivel -del orden de 1,92°C- respecto al 1° piso -0,56°C- resultando 1,36°C (un 70,84%) superiores las del caso II (5° piso). Estas diferencias resultan mayores respecto a las del estar debido a la mayor exposición de su envolvente.

El motivo por el cual las temperaturas interiores resultan mayores a las exteriores, incluso en el nivel inferior, se debe a las características de los materiales del edificio Koltón, las superficies expuestas del departamento y sus pérdidas resultantes. Dicha tecnología de envolvente puede resultar insuficiente para lograr una aislación térmica acorde a las altas temperaturas de verano. Si bien el departamento del caso 2 resulta un 50% más conservativo que el del caso 1, se evidencia a partir de tales diferencias la incidencia micro-climática del estrato arbóreo en los espacios interiores que se encuentran bajo su influencia.

Se advierte que el comportamiento térmico de los ambientes analizados son el resultado del efecto combinado de las condiciones del entorno y las características físicas propias de cada uno de los departamentos en estudio. Sin embargo domina en mayor medida las condiciones del ambiente exterior (bajo o sobre el estrato arbóreo) dado que las temperaturas interiores se mantienen por encima de las exteriores en mayor medida en el caso del nivel superior. Tales resultados demuestran la incidencia que puede provocar el estrato arbóreo en las condiciones climáticas de los departamentos que se encuentran a baja altura.

Asimismo, se observan diferencias en los dos casos de estudio respecto al rango de confort de 22°C a 28°C sugerido para la estación de verano (GIVONI, 1991). En el caso I, -1er nivel- las temperaturas de los espacios interiores analizados sobrepasan por 0,20°C dicho rango, mientras que en el caso del departamento del nivel 5°, las temperaturas interiores se elevan casi 2°C por sobre los 28°C, es decir un 90% más respecto al departamento del 1° nivel. Esto se debe a la moderación de las condiciones exteriores que proporciona el estrato acondicionado por el arbolado urbano, dado que la tecnología de la envolvente del caso del 5° nivel resulta mayormente conservativa.

Consumos energéticos

Los consumos de energía se encuentran asociados a los requerimientos de acondicionamiento térmico, iluminación y otros usos (electrodomésticos). A los efectos de analizar en forma comparativa los consumos de energía en la época de verano (período medido) de departamentos que muestran diferentes superficies cubiertas, y distinto tipos de sistemas de acondicionamiento se ha aplicado la siguiente metodología:

a- Desglose de los consumos por iluminación, electrodomésticos y climatización en términos porcentuales. A tal fin se relevó la condición de iluminación y equipamiento de las unidades de vivienda, dando como resultado diferencias en el número de luminarias (22 para el departamento del 1° nivel y 15 para el del 5° nivel) y similares cantidades y tipos de equipamiento. A

partir de tales datos se calcularon los porcentajes de consumo correspondientes a cada uno de ellos. Se tomaron las referencias suministradas por el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI, 2010) referidas al consumo de electricidad mensual (kwh) en el sector residencial asociado a la potencia promedio (W) de las luminarias y los electrodomésticos y al tiempo promedio estimado de uso diario (hs). Los resultados de este análisis determinan los porcentajes relativos expresados en la tabla 5.

ARTEFACTO	Potencia (Watts)	Uso Promedio Diario (h)	Energía Mensual Consumida (kWh)	DEPTO. 1° NIVEL	DEPTO. 5° NIVEL
Iluminación				22 lámparas	15 lámparas
10 Lámparas incandescentes de 40 W	400.00	8.00	96.00	211.00	144.00
Grandes artefactos					
Heladera c/Freezer (360 l)	200.00	24.00	64.80	64.80	64.80
Horno Microondas	800.00	1.00	19.20	19.20	19.20
Lavarropas Automático Carga de 5 kg.	500.00	1.00	5.25	5.25	5.25
Climatización					
Aire Acondicionado de 3500 frigorías (3500 kcal/h)	2150.00	2.00	96.00	96	96
Pequeños artefactos					
Lustradora/Aspiradora	800.00	1.00	21.60	21.60	21.60
Plancha	1000.00	1.00	30.00	30.00	30.00
Equipos electrónicos					
Televisor Color	100.00	4.00	12.00	12.00	12.00
Video Grabadora (VCR)	100.00	2.00	6.00	6.00	6.00
Equipo de Audio	80.00	2.00	4.80	4.80	4.80
TOTAL				470.65	403.65
PORCENTAJES RELATIVOS					
Iluminación				44.8%	35.7%
Equipamiento				34.8%	40.5%
Refrigeración				20.4%	23.8%

Tabla 5. Porcentajes relativos de consumo para iluminación, equipamiento y climatización en cada caso de estudio

b- Cálculo de consumo por metro cuadrado de superficie por departamento

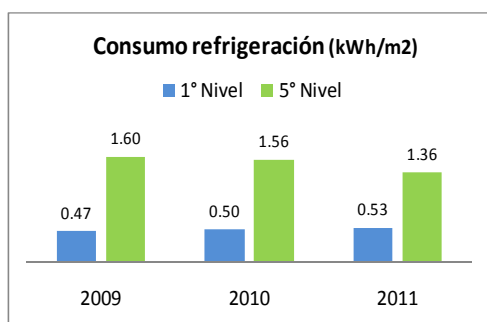


Figura 5. Consumos de refrigeración por m² durante el bimestre de enero-febrero (verano)

	Caso I - 1° Nivel (122.50m ²)		Caso II - 5° Nivel (64m ²)	
Bimestre	Enero-febrero		Enero-febrero	
Año	Total (kwh)	Refrigeración (kWh/m ²)	Total (kwh)	Refrigeración (kWh/m ²)
2009	285.00	0.47	430.00	1.60
2010	300.00	0.50	420.00	1.56
2011	319.00	0.53	366.00	1.36
promedio	301.33	0.50	405.33	1.51

Tabla 6. Consumos totales, de iluminación y equipamiento y refrigeración por m² por horas

Se analizan los consumos de los meses de enero y febrero (período de verano) totales y los que corresponden a los de refrigeración, según los porcentajes analizados. Se observan consumos totales de energía superiores en el 5° nivel respecto al 1° nivel. Si se considera el 100% al de mayor consumo, es decir al Caso II (5° nivel), se advierte que el departamento del Caso I (1° nivel) consume en promedio de los años 2009, 2010 y 2011 un 25,66% menos de lo que consume el departamento del 5° nivel.

En cuanto a los requerimientos de climatización (refrigeración) se advierten diferencias significativas, de 1 kWh/m², lo cual indica que el departamento del 1° nivel consume un 33% de lo que consume el departamento del 5° nivel. Sin embargo se observa en el caso I que tales consumos se incrementan un 6% en cada año analizado; mientras que en el caso II se producen descensos en cada año del 2,5% (de 2009 a 2010) y del 12,80% (del 2010 al 2011). A partir de tal situación se evidencia la importancia del accionar de los usuarios, quienes muchas veces provocan demandas energéticas diferentes a las que teóricamente se considerarían necesarias.

CONCLUSIONES

Los primeros resultados alcanzados a partir del análisis de un número de casos acotados indicarían que el comportamiento térmico de departamentos ubicados en diferentes niveles (bajo y sobre el estrato) depende en primera medida de las condiciones térmicas exteriores, y en segundo lugar, de las características geométricas y de tecnología de su envolvente.

Esto se debe a la situación de los dos casos estudiados: el departamento ubicado en el 5° nivel si bien presenta características propias a la tecnología más favorables en relación al caso del 1° nivel, su comportamiento térmico resulta más ineficiente que el caso que se encuentra bajo la copa de los árboles. Tales resultados evidencian los beneficios micro-climáticos que puede proporcionar la moderación por parte del estrato arbóreo del modelo urbano de "Ciudad-Oasis".

Estos comportamientos reflejan diferencias contundentes en términos de consumos energéticos: el departamento del nivel inferior presenta consumos eléctricos en el promedio de los tres últimos años menores a los del departamento del nivel superior del orden del 25,60%, mientras que los consumos para refrigeración resultan 67% superiores en el 5° nivel respecto al primero.

A partir de los resultados obtenidos se evidencia la situación crítica dada sobre la copa de los árboles, sin resultar suficiente para moderar las condiciones climáticas exteriores, la tecnología másica tradicional utilizada. Por tal motivo surge la necesidad de potenciar -en una región con características climáticas áridas- una adecuada tecnología de envolvente edilicia, en los distintos niveles del edificio en relación al arbolado urbano.

El presente trabajo corresponde a la continuación de los estudios del comportamiento térmico y los consumos energéticos de departamentos situados a diferentes alturas, en distintos tipologías edilicias con diferentes materialidades de envolventes. En etapas futuras se evaluarán los comportamientos térmicos de los ámbitos en estudio tanto en invierno, como en estaciones intermedias, a los efectos de aislar la influencia de posibles acondicionamientos activos y obtener resultados más ajustados en cuanto al rol que juega la envolvente en el comportamiento térmico de los espacios interiores. Se prevé ampliar el análisis mediante la utilización de software de simulaciones térmicas, a los efectos de comparar los comportamientos térmicos en cada una de las instancias estacionarias.

REFERENCIAS

- Alías et al. (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.
- Bórmida, E. (1984) *Mendoza, una ciudad Oasis*. Mendoza: Universidad de Mendoza.
- Czajkowski J. et al. (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.
- Diario Uno (2011). *Con el calor aumenta el consumo de energía*. <http://www.diariouno.com.ar/edimpresa/2011/01/14/nota263022.html>.
- Esteves, A. Gelardi, D. (2003). *Docencia en Arquitectura Sustentable: Programa de Optimización de Proyectos de Arquitectura basado en el balance térmico*. Avances en Energías Renovables y Medioambiente, 7, N° 2, 10.31-10.34.
- 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.
- Filippin C. et al. (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.
- Givoni, B. (1991) *Comfort, climate analysis and building design guidelines*. Energy And Building Re, M., Blasco 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 Vol. 14, 2010. Impreso en la Argentina. ISSN 0329-5184. N° pág: 181-188.
- Salvetti et al. (2009). *Análisis del comportamiento energético-ambiental en torres de vivienda en La Plata*, Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol. 13, Impreso en la Argentina, ISSN 0329-5184, N° pág. 127-134.
- Sreemers K. et al (2010). *Energy efficient design and occupant well-being: Case studies in the UK and India*. Building and Environment 45, pp 270-278.
- Oke, T.R., (2004). *Initial Guidance to Obtain Representative Meteorological Observations At Urban Sites*. Iom Report, Td In Press, World Meteorological Organization, Geneva.
- Olgay V. (1998) *Arquitectura y Clima*. Barcelona, Ed. Gustavo Gili.

ABSTRACT:

The structure of oasis in the city of Mendoza is composed by two layers in height with different conditions defined from urban forestry. This paper presents the analysis of thermal behaviors and energy consumption of departments located at different heights -below and above the treetops- in buildings with envelope mass. The cases studied are two departments which are studied comparatively: formal and technical differences of each case, also temperature measurements are taken in situ inside and outside the departments. They are made in summer from the use of HOBO H08 systems. The results warn higher average temperatures in the upper levels over the lower. The differences between the cases define the department located under the canopy of the trees more compact and less conservative in relation to that found on the arboretum. However, although the case of the higher level is more efficient, dominates in the thermal behavior of department the external conditions, because temperature differences interior-exterior are greater. This situation highlights the micro-climate moderation provided by the urban model of "City-Oasis" and the need for adequate technology, in the various levels of the buildings in relation to urban trees.

Keywords: thermal evaluation, energy consumption, mass envelope buildings

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al CONICET (Consejo Nacional de Investigación Científica y Tecnológica) y a los propietarios de los departamentos evaluados, por permitir la instalación de equipos de monitoreo y suministrar los consumos de energía.