



XIENCAC
ENCUENTRO NACIONAL DE CONFORTO
NO AMBIENTE CONSTRUIDO

VII ELACAC
ENCUENTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO
NO AMBIENTE CONSTRUIDO

Búzios - RJ - 2011

INFLUENCIA DE LA MATERIALIDAD DE LA ENVOLVENTE EN LAS CONDICIONES TÉRMICAS DE UNIDADES DE VIVIENDA EN EDIFICIOS EN ALTURA EN LA CIUDAD DE MENDOZA. Estudio de casos.

Julieta Balter (1); María Alicia Cantón (2); Carolina Ganem (3)

(1) Arquitecta, Becaria INCIHUSA-CONICET, jbalter@mendoza-conicet.gob.ar

(2) Arquitecta, Investigadora Adjunta, CONICET, macanton@mendoza-conicet.gob.ar

(3) Doctora Arquitecta, Investigadora Asistente, CONICET, cganem@mendoza-conicet.gob.ar

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

RESUMEN

En el campo de la arquitectura, la materialización de la envolvente resulta un factor fundamental para el logro del confort interior. Sin embargo, muchas veces, en lugar de tener en cuenta los factores climáticos del entorno, las edificaciones en altura que se construyen en la actualidad, justifican dicha materialización en base a lograr una imagen que refleje las nuevas tendencias arquitectónicas. El objetivo de este estudio se basa en identificar y comparar el comportamiento térmico de espacios interiores en la ciudad de Mendoza, en departamentos ubicados bajo la copa de los árboles, es decir, bajo la influencia micro-climática del estrato acondicionado, en edificios en altura que presenten diferentes materialización de envolvente: del tipo másicas y livianas. Se realizan mediciones in situ en dos casos de estudio seleccionados -mediante sistemas HOBO H08- en la estación de verano, durante un período de 30 días. Asimismo se analizan los consumos de energía de dichos departamentos en estudio. Los resultados demuestran como la envolvente liviana acompaña a la curva de temperatura exterior. En el caso del edificio másico la diferencia de temperatura con el exterior disminuye debido al carácter más conservativo del espacio analizado. Respecto al consumo energético, se observa un mayor consumo (del 82,41%) en el edificio liviano causado por la baja calidad de la envolvente edilicia.

Palabras claves: envolvente edilicia, edificios en altura, comportamiento térmico

ABSTRACT

In the field of architecture, the envelope is an important factor for achieving indoor comfort. However, instead of consider the climatic factors of the environment, tall buildings justifies it materialization in order to achieve an image that reflects the latest architectural trends. The purpose of the study is to identify and compare the thermal behavior of interior spaces in departments located -in Mendoza- under the top of the trees, (under the influence of the green layer) in tall buildings with different materials technology: the type of glazed and mass buildings. Temperature measurements were made in summer (during a period of 30 days) in two cases studies, with the utilization of data loggers HOBO H08. The energy consumption are also analyzes. Results shows that differences between the mass building with the outside, decreases because of the more conservative characteristics of the space analyzed. Regarding energy consumption, increased consumption is observed (from 82,41%) in the lightweight building caused by the low quality of the architectural envelope.

Keywords: architectural envelope, high-rise buildings, thermal behavior.

1. INTRODUCCIÓN

La función principal de un edificio es la de proveer un refugio seguro de las inclemencias del clima, independientemente de la región climática en la que éste esté ubicado (ROAF et al, 2005). El clima cambia en el interior y en el exterior de los edificios y estos cambios, deseados a veces, molestos otras, exigen de la

arquitectura la posibilidad de regulación, de adaptación a las distintas condiciones exteriores (SERRA FLORENSA, 1999). Es por esto que la materialización de la envolvente resulta un factor fundamental para el logro del confort interior.

En el campo de la arquitectura, las tipologías edilicias en altura han variado y evolucionado en el tiempo, acompañando las posibilidades que ofrecen los avances tecnológicos. Sin embargo, dichas posibilidades no siempre se adecúan a las condiciones climáticas de la región, dando como resultado expresiones arquitectónicas similares. Muchas veces, en lugar de tener en cuenta los factores geográficos y climáticos del entorno, las edificaciones justifican su forma, materialización y envolvente en base a lograr una imagen que refleje las nuevas tendencias arquitectónicas.

Asimismo, resulta fundamental el comportamiento de los usuarios: se advierte en análisis energéticos en edificios residenciales en Argentina 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).

Mendoza se encuentra en el centro-oeste de Argentina, ubicada a 32° 40' Latitud Sur, 68° 51' Longitud Oeste y 827 metros sobre el nivel del mar, en el piedemonte de la Cordillera de Los Andes. Se emplaza en una zona semi-desértica y árida, y presenta un clima templado continental, con rigurosos veranos e inviernos de temperaturas extremas absolutas que varían entre 39°C y -6°C. En el mes de enero –verano- la máxima media se encuentra en 30,10°C, y en el mes de julio –invierno- la mínima media es de 3,40°C. Dicha rigurosidad climática se acentúa debido al escaso porcentaje de humedad relativa anual (54,70%). Asimismo las precipitaciones no superan los 218mm anuales.

Desde el punto de vista urbano la ciudad se conforma a partir de la coordinación de distintos factores, estos 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. La red verde se sustenta en un sistema de riego que bordea el perímetro de las manzanas. Tales características otorgan a Mendoza el carácter de “Ciudad -Oasis” (BÓRMIDA, E., 1984). En la figura 1 se presenta una imagen que refleja dichas particularidades de la ciudad.



Figura 1. Imagen de la coordinación de los factores edilicios y de forestación de la ciudad de Mendoza

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). Por otro lado, el ambiente sobre el verde urbano, es decir, fuera del estrato acondicionado, en donde las edificaciones que lo superan presentan mayores condiciones de exposición.

La situación bajo la copa de los árboles es fresca durante el día en verano ya que la radiación incidente es moderada e incluso puede ser bloqueada, dependiendo de la densidad del follaje (CANTÓN et al., 2003). Durante la noche en invierno las ramificaciones de los árboles protegen a las construcciones del frío. Es así que la condición verde de la ciudad ha atenuado la condicionante climática árida propia de la región. Asimismo, durante la noche en verano la forestación impide la visión del cielo y por lo tanto reduce las posibilidades de enfriamiento por radiación (CORREA et al., 2007). El enfriamiento convectivo mediante brisas nocturnas es limitado debido a la escasez del recurso (velocidad media mensual: 2m/sg) y a la densidad del follaje. En invierno, si bien la vegetación es del tipo caduco, no se dispone de un acceso pleno al sol debido a la sombra arrojada por las ramas.

Sin embargo, las particularidades referidas al clima y a los distintos estratos presentes en la ciudad, no se reflejan en las construcciones en altura. Los edificios muestran respuestas formales variadas resultantes de la concepción de envolventes tanto másicas como livianas.

Estudios realizados en un edificio vidriado en Mendoza advierten que la materialización de la fachada

con la que cuenta el edificio (vidrios laminados 3+3), ofrece muy pocas posibilidades de regulación de las condiciones exteriores. Los resultados demuestran una temperatura media interior 7°C superior a la media exterior registrada. De esta forma se evidencia que la tecnología de la envolvente analizada no es apropiada al clima, y no modera la extrema condición climática exterior (BALTER et al, 2010).

Las auditorías edilicias y la relación que ellas guardan con la materialización constructiva y los consumos energéticos, son un importante aporte para el desarrollo de estrategias de eficiencia energética y el adecuado diseño arquitectónico en sus aspectos tecnológico-constructivos (RE et al., 2010).

Al respecto, teniendo en cuenta a la envolvente como el principal moderador energético y a uno de los componentes claves para garantizar las condiciones de confort interior (HERZOG et al., 2004) se evidencia la importancia de atender a las diferentes tecnologías de envolventes edilicias en una ciudad que presenta las condicionantes climáticas características de un oasis.

2. OBJETIVO

El objetivo de este estudio se basa en identificar y comparar el comportamiento térmico de espacios interiores, en departamentos ubicados bajo la copa de los árboles, es decir, bajo la influencia micro-climática del estrato acondicionado, en edificios en altura que presenten diferentes materialización de envolvente: del tipo másicas y livianas.

3. 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 los distintos diseños y tecnologías de envolventes en departamentos ubicados en alturas equivalentes. 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.

3.1. Selección de 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 2).

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.

3.1.1. Casos de estudio

A partir de las variables anteriormente consideradas se han seleccionado dos casos de estudio que cuentan con diferentes materializaciones de envolventes. Asimismo, los edificios presentan variables urbanas similares: 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 2, frente a Plaza Independencia y Plaza Italia.

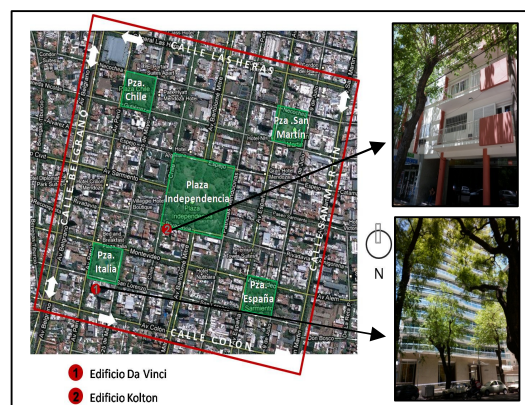


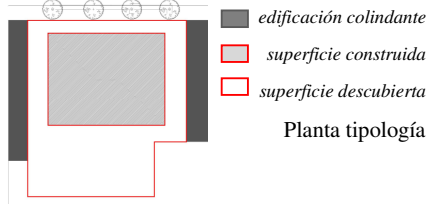

Figura 2. Área de análisis e imágenes de edificios en estudio

3.1.2. Caracterización edilicia

Caso I: Edificio Da Vinci

Año de construcción: 2007. Altura total: 72m (20 niveles)

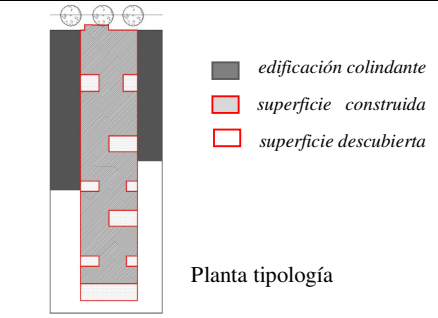

Tabla 1. Características tipológicas y de envoltente caso I

TIPOLOGÍA EDILICIA	ENVOLVENTE VERTICAL EXPUESTA
Edificio en torre de perímetro libre	Envoltente predominantemente liviana
 <p> edificación colindante superficie construida superficie descubierta Planta tipología </p>	 <p>Fachada Nor-Oeste</p>
Retiro frontal: 5m Retiros laterales: 6m Retiro posterior: 15m	Envoltente liviana (vidrio) por m ² : 51,20% Envoltente maciza (H°A°) por m ² : 27,15% Envoltente mixta (H°A° y vidrio) por m ² : 21,65% Protecciones solares: balcones de 1m de profundidad

Caso II: Edificio Kolton

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

Tabla 2. Características tipológicas y de envoltente caso II



TIPOLOGÍA EDILICIA	ENVOLVENTE VERTICAL EXPUESTA (N y S)
Edificio adosado a las líneas medianeras	Envoltente predominantemente másica
 <p> edificación colindante superficie construida superficie descubierta 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	Envoltente liviana (vidrio) por m ² : 5,10% Envoltente maciza (H°A°) por m ² : 94,90% Protecciones solares: balcones de 1,20m de profundidad. Persianas corredizas con celosías de madera color blanco.

3.1.3. Caracterización de las unidades de vivienda

Se analizan dos unidades de vivienda pertenecientes, cada una de ellas, a los dos edificios descriptos previamente. Dichas unidades presentan condiciones equivalentes respecto al estrato acondicionado: las dos se encuentran por debajo de la copa de los árboles.

En la tabla 3 se especifican las características geométricas y físicas de cada uno de los departamentos a analizar.

Tabla 3. Análisis físico de las unidades de vivienda

	CASO I: EDIFICIO LIVIANO	CASO II: EDIFICIO MÁSIICO																														
Planta tipo del edificio y planta de la vivienda analizada																																
Orientación	Nor-Este	Norte																														
Superficies totales	Cubierta: 97,85 m ² Semi-cubierta: 17 m ²	Cubierta: 122,50 m ² Semi-cubierta: 5,50 m ²																														
Envolvente expuesta (m ²)	Total: 56,84 m ² Norte: 37,70 m ² - Este: 19,14 m ²	Total: 56,40 m ² Norte: 35,40 m ² - Sur: 21 m ²																														
Envolvente vertical	1- Vidrios exteriores laminados 3+3. Carpinterías de aluminio Aluar blancas, modelo Modena 2- H° A° con vidrios laminados al exterior 3- H° A° con revoque texturado con base de polímero, sobre base coate (para evitar fisuras)	4- Vidrio simples de 6mm de espesor. Carpintería de madera pintada en blanco. 5- Ladrillo hueco 0.30m con revoque y pintura																														
Envolvente horizontal	Losa maciza H°A°	Losa maciza nervada con ladrillo hueco																														
Materiales interiores	Divisiones: tabiques tipo durlock con aislación termo-acústica interior de 10 cm de espesor. Pisos: porcelanato	Divisiones: ladrillo hueco de 10 cm de espesor. Pisos: parket de madera																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Estar-comedor</th> <th>Habitación</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sup. cubierta</td> <td>20,16 m²</td> <td>17,85 m²</td> </tr> <tr> <td>Envolvente vertical</td> <td>54,05 m²</td> <td>50,60 m²</td> </tr> <tr> <td>Envolvente expuesta</td> <td>29 m² (53.65%) -másica 24.70% - liviana: 29.35%</td> <td>11.68 m² (23.09%) -másica 11.58% - liviana: 11.46%</td> </tr> <tr> <td>Envolvente interior</td> <td>25.05m² (46.35%)</td> <td>38.92m² (76.91%)</td> </tr> </tbody> </table>		Estar-comedor	Habitación	Sup. cubierta	20,16 m ²	17,85 m ²	Envolvente vertical	54,05 m ²	50,60 m ²	Envolvente expuesta	29 m ² (53.65%) -másica 24.70% - liviana: 29.35%	11.68 m ² (23.09%) -másica 11.58% - liviana: 11.46%	Envolvente interior	25.05m ² (46.35%)	38.92m ² (76.91%)	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Estar-comedor</th> <th>Habitación</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sup. cubierta</td> <td>22,28 m²</td> <td>12,21 m²</td> </tr> <tr> <td>Envolvente vertical</td> <td>56,28 m²</td> <td>41 m²</td> </tr> <tr> <td>Envolvente expuesta</td> <td>17.34 m² (36.62%) -másica 19.53% - liviana: 11.28%</td> <td>8.64 m² (21%) -másica 18% - liviana: 3%</td> </tr> <tr> <td>Envolvente interior</td> <td>38.91m² (69.14%)</td> <td>38.92m² (79%)</td> </tr> </tbody> </table>		Estar-comedor	Habitación	Sup. cubierta	22,28 m ²	12,21 m ²	Envolvente vertical	56,28 m ²	41 m ²	Envolvente expuesta	17.34 m ² (36.62%) -másica 19.53% - liviana: 11.28%	8.64 m ² (21%) -másica 18% - liviana: 3%	Envolvente interior	38.91m ² (69.14%)	38.92m ² (79%)
	Estar-comedor	Habitación																														
Sup. cubierta	20,16 m ²	17,85 m ²																														
Envolvente vertical	54,05 m ²	50,60 m ²																														
Envolvente expuesta	29 m ² (53.65%) -másica 24.70% - liviana: 29.35%	11.68 m ² (23.09%) -másica 11.58% - liviana: 11.46%																														
Envolvente interior	25.05m ² (46.35%)	38.92m ² (76.91%)																														
	Estar-comedor	Habitación																														
Sup. cubierta	22,28 m ²	12,21 m ²																														
Envolvente vertical	56,28 m ²	41 m ²																														
Envolvente expuesta	17.34 m ² (36.62%) -másica 19.53% - liviana: 11.28%	8.64 m ² (21%) -másica 18% - liviana: 3%																														
Envolvente interior	38.91m ² (69.14%)	38.92m ² (79%)																														

3.1.5. Caracterización de los usuarios

Se caracterizan los usuarios para cada caso de vivienda en estudio: El edificio liviano (caso I) cuenta con una persona menor de 40 años, cuya ocupación es independiente. El tiempo de permanencia en la vivienda es discontinuo (tarde y noche, de 14hs a 7hs aproximadamente). En el edificio másico (caso II) 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.

3.2 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. A nivel nacional, tal metodología ha sido utilizada por otros autores, quienes han monitoreado a través de la utilización de sistemas HOBO el comportamiento térmico, tanto en torres de vivienda (SALVETTI et al., 2009), como en viviendas ubicadas en zonas urbanas

(FILIPPÍN et al., 2010).

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 figuras tabla 3).

4. RESULTADOS

4.1. Análisis del total del período medido

Se presenta el total de los días del período medidos, el cual se encuentra entre el 24 de Diciembre del 2010 y el 41 de Enero del 2011, a fines de realizar una primera lectura de los resultados de temperatura y humedad relativa.

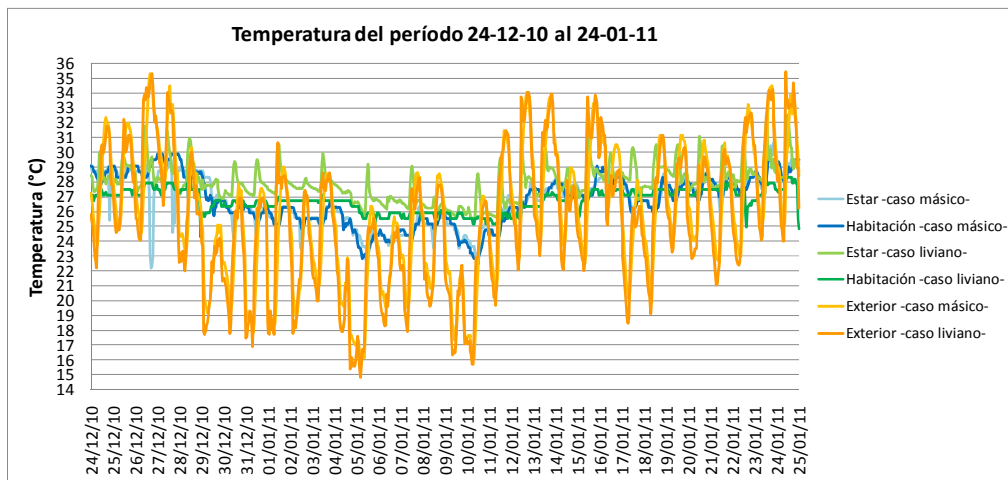


Figura 3. Temperaturas del período medido

Tabla 4. Temperatura y Humedad de los dos períodos

Período	28-12 al 10-01	11-01 al 24-01
Temperatura Máxima Absoluta	30,6°C	35,4°C
Temperatura Máxima Media	26,5°C	31,3°C
Temperatura Mínima Absoluta	14,8°C	18,5°C
Temperatura Mínima Media	17,4°C	22,5°C
RH Máxima Absoluta	97,62%	68,17%

El período medido muestra dos situaciones: un primer período de inestabilidad climática comprendido entre el 28 de diciembre y el 10 de enero, caracterizado por temperaturas bajas, (mínima media de 17,4°C y máxima media de 26,5°C) y humedades relativas elevadas (máxima media de 81,70 %) respecto a las temperaturas medias características del período de verano. En el segundo período, comprendido entre los días 11 al 24 de enero, tanto las temperaturas máximas y mínimas como la humedad relativa, se aproximan a las características de dicho período, presentando una mínima media de 22,5°C, máxima media de 31,3°C y RH máxima media del 33%.

En cuanto a los espacios interiores analizados, en el primer período, es decir, el de inestabilidad climática, las temperaturas del departamento perteneciente al edificio másico se presentan por debajo de las temperaturas del departamento del caso vidriado, con diferencias de 2,5°C en las máximas medias y 2,15°C en las mínimas medias. Respecto al período de estabilidad, el caso másico continúa presentando temperaturas inferiores respecto al vidriado. Sin embargo estas diferencias resultan menores: 2°C para las máximas medias y 0,98°C para las temperaturas mínimas medias. Los comportamientos térmicos se analizan a continuación, en el punto 5.2.

4.2. Análisis de los días seleccionados

Del período de estabilidad 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. Se analizan los comportamientos térmicos para cada edificio y luego en forma comparativa.

4.2.1. Caso I: departamento edificio liviano (Da Vinci)

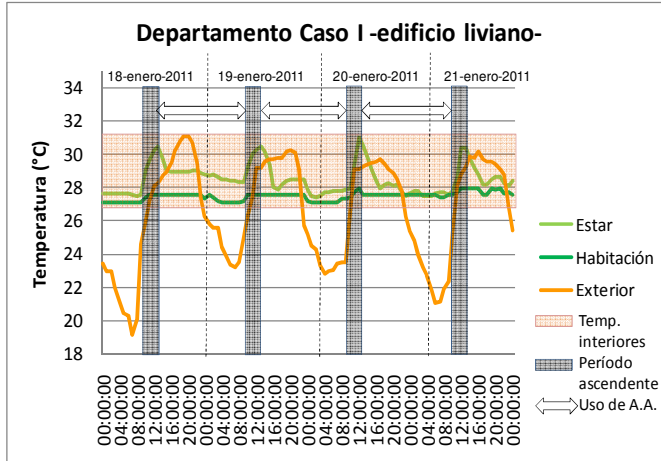


Figura 4. Comportamiento térmico Caso I

Tabla 5. Temperaturas máximas, mínimas y diferencia térmica Caso I

CASO I: EDIFICIO LIVIANO						
día 1			día 2			
	Estar	Hab.	Ext.	Estar	Hab.	Ext.
T.máx. (°C)	30.51	27.52	31.12	30.48	27.52	30.20
T.mín. (°C)	27.52	27.12	20.09	27.90	27.12	23.24
ΔT	2.99	0.40	11.03	2.58	0.40	6.96
T.media (°C)	29.02	27.32	25.61	29.19	27.32	26.72
día 3			día 4			
	Estar	Hab.	Ext.	Estar	Hab.	Ext.
T.máx. (°C)	31.04	27.91	29.70	30.40	27.91	30.20
T.mín. (°C)	27.44	27.12	22.86	27.49	27.52	21.04
ΔT	3.60	0.79	6.84	2.91	0.39	9.16
T.media (°C)	29.24	27.52	26.28	28.95	27.72	25.62

A partir del análisis de resultados de las mediciones (figura 4 y tabla5) se observa:

- En el *exterior* (línea naranja en el gráfico) se advierten diferencias entre máximas y mínimas que se encuentran entre los 11,03 y los 6,84°C. Las temperaturas máximas y mínimas se registran en el día 1, resultando de 31,12°C y 20,09°C respectivamente, lo cual coincide con el día de mayor amplitud térmica.
- En el interior se observa que las temperaturas fluctúan dentro de un rango que varía entre 27°C y 31°C y sobrepasa el rango de confort de 22°C a 28°C sugerido para la estación de verano (GIVONI, 1991).

Estar (línea verde claro en el gráfico): las diferencias de las temperaturas máximas y mínimas varían entre 2,58°C y los 3,60°C. La temperatura media promedio para los cuatro días analizados es de 29,1°C. El comportamiento de la curva muestra dos situaciones:

Por un lado, durante la mañana, la temperatura interior asciende acompañando el comportamiento de la curva exterior, con diferencias de 3°C. Dicha situación está asociada a la orientación Nor-Este del ambiente y a la materialidad de la envolvente del espacio: la envolvente expuesta consta de 13,25m² de superficie opaca y 15,74m² de superficie vidriada lo cual significa que del total de envolvente expuesta, un 54,30% es transparente.

Por otro lado, a partir de las 14hs se observa que la curva de temperatura interior se disocia de la curva exterior, debido al uso de sistemas activos de acondicionamiento climático en las horas de permanencia del usuario.

Habitación (línea verde oscuro en el gráfico): se advierte una mayor estabilidad y constancia en los cuatro días analizados, con temperaturas máximas que se encuentran entre los de 27,52°C y 27,91°C, y mínimas de 27,12°C y 27,52°C. La escasa variación de temperaturas entre el día y la noche (0,39 a 0,79°C) es el resultado del efecto combinado de varios factores: Por un lado la reducida envolvente expuesta en relación a la total (23%) y el uso de protecciones térmicas interiores (black-out). A dicha condición se adiciona el hecho de tratarse de una habitación en desuso la cual permanece cerrada durante todo el día y la noche. Dicha condición se refleja en las temperaturas nocturnas que no descienden acompañando la tendencia de la curva de temperatura exterior.

4.2.2. Caso II: departamento edificio másico (Koltón)

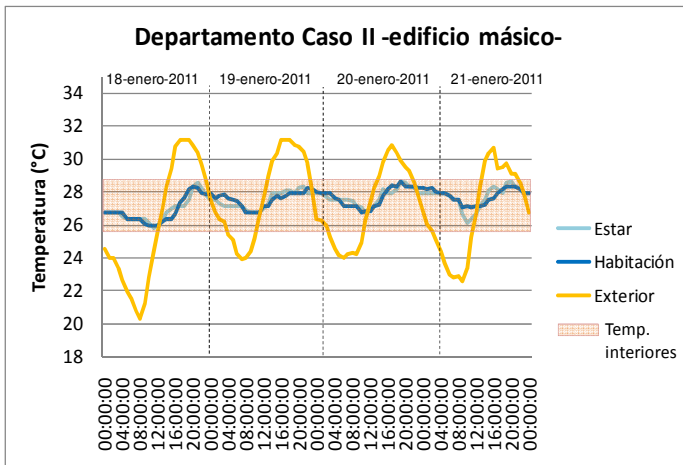


Figura 5. Temperaturas del Caso II en el período medido

Tabla 6. Temperaturas máximas, mínimas y diferencia térmica Caso II

CASO II: EDIFICIO MÁSIKO						
día 1			día 2			
	Estar	Hab.	Ext.	Estar	Hab.	Ext.
T.máx. (°C)	28.51	28.31	31.12	28.31	28.21	31.12
T.mín. (°C)	25.75	25.95	20.28	26.73	26.73	24.01
ΔT	2.76	2.36	10.84	1.58	1.48	7.11
T.media (°C)	27.13	27.13	25.70	27.52	27.47	27.57
día 3			día 4			
	Estar	Hab.	Ext.	Estar	Hab.	Ext.
T.máx. (°C)	28.60	28.60	30.81	28.60	28.31	30.61
T.mín. (°C)	26.73	26.82	24.10	26.04	27.02	22.57
ΔT	1.87	1.78	6.71	2.56	1.29	8.04
T.media (°C)	27.67	27.71	27.46	27.32	27.67	26.59

A partir del análisis de los resultados de las mediciones (figura 5 y tabla 6) se observa:

- En el *exterior* (línea amarilla en el gráfico) se advierten diferencias entre máximas y mínimas que se encuentran entre los 10,84 y los 6,71°C. Las máximas y mínimas se registran en el día 1, resultando de 31,12°C y 20,28°C respectivamente, lo cual coincide con el día de mayor diferencia térmica (ΔT).
- En el interior se observa que las temperaturas oscilan entre los 25,9°C y los 28,6°C -indicado en la figura 5-, encuadrándose en el rango de confort. Los dos ambientes analizados muestran amplitudes térmicas semejantes con diferencias menores. Estas últimas resultan de una mayor superficie de envolvente expuesta del estar, el cual cuenta con (36,6%) respecto a la habitación (21%). Esta condición de exposición en el caso del estar genera mayores amplitudes térmicas entre el día y la noche. Dichas variaciones se encuentran entre los 1,58 y los 2,76°C, mientras que en la habitación la diferencia térmica varía entre 1,29 y 2,36°C.

4.2.3. Comparación de casos

A partir del objetivo del trabajo se analizan en forma comparativa los resultados térmicos obtenidos en los dos casos de estudio (tabla 7), que corresponden a distintas materialidades de envolventes. A tal fin se adoptan dos criterios de análisis:

Tabla 7. Promedio de temperaturas extremas y diferencias térmicas de los casos de estudio

	CASO LIVIANO				CASO MASICO				DIFERENCIAS	
	Ambientes			ΔT	Ambientes			ΔT	(liviano - másico)	
TEMP.	Estar	Hab.	Ext.	Ext - Estar	Estar	Hab.	Ext.	Ext - Estar	Estar	Hab.
MAX (°C)	30.61	27.71	30.30	-0.31	28.50	28.35	30.90	2.40	2.10	-0.64
MIN (°C)	27.59	27.22	21.80	-5.79	26.31	26.63	22.70	-3.61	1.28	0.59

a- *Diferencias de temperaturas extremas interiores en relación a las extremas exteriores (ΔT exterior - estar)*

En el caso del edificio liviano la temperatura máxima interior es de 0,31°C mayor que la exterior. Esto se debe a la moderación de las temperaturas interiores debido al uso de energía auxiliar para refrigeración. En el caso del edificio másico dicha diferencia es del orden de los 2,40°C, lo cual se debe al carácter más conservativo del espacio analizado.

En cuanto a las temperaturas mínimas las diferencias térmicas con el exterior están asociadas a las pérdidas resultantes de la condición material de las diferentes envolventes en estudio y al comportamiento del usuario. La temperatura mínima interior del caso liviano resulta 5,79°C mayor que la exterior, en donde, a pesar de que el departamento cuenta con mayores pérdidas debido a la mayor cantidad de envolvente vidriada (54,30% en relación a la superficie expuesta total), la ventilación natural es menor. Respecto al caso del edificio másico la diferencia térmica, de 3,61°C, resulta menor que en el caso anterior. Si bien en este departamento las pérdidas son menores (el 36,60% del total de superficie expuesta es vidriado), la ventilación nocturna es mayor.

b- *Diferencias de las temperaturas máximas y mínimas interiores entre los casos de estudio*

Dada la condición semejante de las temperaturas exteriores en el entorno de ambos edificios se comparan las temperaturas máximas y mínimas interiores de los dos casos de estudio. Se observan dos situaciones distintas en torno a los espacios interiores analizados:

En el caso del estar, las temperaturas máximas y mínimas en el departamento liviano son mayores que en el caso del edificio másico, alcanzando diferencias de 2,10°C para las máximas y 1,28°C para las mínimas. Como se ha dicho anteriormente las diferencias en torno a las máximas están controladas debido al uso de energía auxiliar (en el departamento de envolvente liviana) para moderar las temperaturas exteriores.

Las habitaciones muestran un comportamiento inverso respecto a los estares. El caso particular de la habitación del edificio liviano presenta una temperatura máxima de 0,64°C menor que la obtenida en el caso másico. Sin embargo, en las temperaturas mínimas el edificio másico sigue presentando resultados menores (de 0,59°C) respecto al liviano. Este comportamiento puede deberse a lo explicado anteriormente: uso de protecciones térmicas interiores en el caso del edificio liviano y mayor ventilación natural en el caso de envolvente másica.

4.3. Análisis consumos de energía

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 de departamentos que muestran diferentes superficies cubiertas, y distintas cantidades de usuarios y tiempo de permanencia se ha aplicado la siguiente metodología:

. Cálculo de consumo por metro cuadrado de superficie por departamento

. Desglose de los consumos por iluminación, electrodomésticos y climatización en términos porcentuales. A tal fin se relevó la condición de iluminación y el equipamiento de las unidades de vivienda y se calcularon los porcentajes de consumo correspondientes a cada uno de ellos a partir de los datos suministrados por el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI, 2010) referidos 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 lo siguiente:

-Caso liviano: Iluminación: 16%. Artefactos y equipamiento: 13%. Climatización: 71%

-Caso másico: Iluminación: 43%. Artefactos y equipamiento: 37%. Climatización: 20%

Los dos primeros porcentajes – iluminación, equipamiento- han sido calculados – por habitantes por hora; y los de climatización se han calculado en relación a las horas de uso. En la figura 6 se muestran los gráficos de los consumos de climatización (a) por m² y por hora en cada caso de estudio y de los consumos para iluminación y artefactos (b) por m², por habitante y por hora de permanencia.

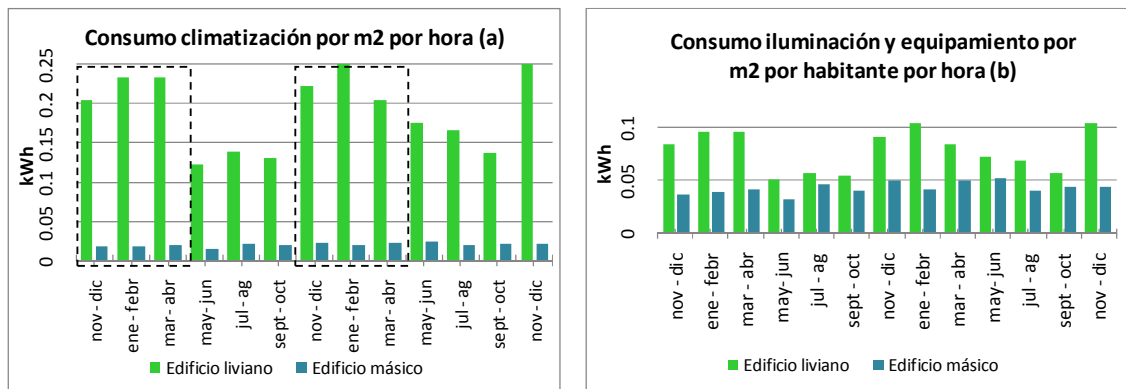


Figura 6. Gráfico de barras de consumos de energía por m² para cada caso de estudio

Atendiendo a los objetivos del trabajo se analizan en la tabla 8 los consumos de climatización del período que se encuentra entre noviembre y abril, es decir el de mayores temperaturas, el cual incluye las estaciones de primavera, verano y parte del otoño; para los períodos del año 2009 y 2010.

Tabla 8. Consumos totales, y por m² para climatización (kwh)

Período	Año	Caso I - liviano		Caso II - másico		Diferencias % climatización
		Total (kwh)	Clim. x hs x m2	Total (kwh)	Clim. x hs x m2	
Nov. - Abril	2009	1480	0.67	857	0.06	8.69
	2010	1500	0.68	1030	0.07	10.30
	promedio	1490	0.68	944	0.06	9.50

Se observa que el promedio (de los períodos del 2009 y 2010) del consumo total de climatización por m² y por horas de permanencia de los usuarios del departamento liviano es de 0,68kwh. En el caso del edificio másico dicho consumo es de 0,06kwh. Si se considera el 100% al de mayor consumo, es decir al Caso I (liviano), se advierte que el edificio del Caso II (másico) consume en el año 2009 un 8,69% de lo que consume el edificio liviano; y en el 2010 un 10,30% en relación al consumo del Caso I. El promedio de los dos años da como resultado un consumo del edificio másico del 9,50% del consumo promedio del edificio liviano.

5. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en los casos de estudio demuestran que:

Los espacios habitacionales comparados, con características urbanas, espaciales y de orientación semejantes, muestran comportamientos térmicos diferentes: Menores temperaturas en el caso del edificio de envolvente másica, en donde la temperatura interior resulta -en las máximas medias- inferior a la exterior (2,5°C). La situación en el edificio de envolvente liviana resulta diferente: la temperatura interior máxima media es superior a la exterior (0,3°C). Asimismo se advierte que el uso de energía auxiliar evita un incremento aún mayor de la temperatura interior.

Por otro lado se observa la influencia del usuario, quien, en el caso del edificio liviano, al no provocar recursos pasivos de acondicionamiento térmico (ventilación nocturna), genera que las temperaturas mínimas interiores se alejen de las exteriores, resultando 1,30°C más altas en relación al másico. Tal motivo evidencia la importancia fundamental de usuarios activos frente a estrategias de diseño pasivas.

Las envolventes livianas en climas con condiciones térmicas de verano extremas no garantizan las condiciones de confort interior debido a sus escasas prestaciones como moderador climático. En consecuencia las condiciones de confort se alcanzan mediante energía auxiliar, que se traducen en consumos mayores en el orden del 90,50% respecto a espacios interiores con mayor calidad de diseño de la envolvente edilicia (envolvente másica).

Por lo expuesto se evidencia la modificación en el comportamiento bioclimático de los espacios interiores que genera la tecnología de la envolvente. Por ello resulta indispensable -en una región con características climáticas áridas- una adecuada tecnología de dicha envolvente, para potenciar los beneficios micro-climáticos que puede proporcionar el modelo urbano de "Ciudad-Oasis".

En etapas futuras se evaluarán los comportamientos térmicos de los ámbitos en estudio en estaciones intermedias, a los efectos de aislar la influencia de acondicionamientos activos y obtener resultados más ajustados en cuanto al rol que juega la envolvente en el comportamiento térmico de los espacios interiores.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- BALTER, J. et al. Los edificios en altura en la Ciudad de Mendoza. Evolución arquitectónica y respuesta ambiental. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 13. Impreso en la Argentina. ISSN 0329-5184. N° pág: 113-120. 2009.
- BÓRMIDA, E. Mendoza, una ciudad Oasis. Mendoza: Universidad de Mendoza. 1984.
- CANTÓN, M.A. et al. Assessing the solar resource in forested urban environments. Architectural Science Review 24. 2003
- CORREA, E. et al. Impacto sobre la visión de cielo de las distintas densidades edilicias forestadas. Evaluación a partir de imágenes hemisféricas. ENCAC - ELACAC XII. Ouro Preto, Minas Gerais – Brasil. 2007.
- FILIPPÍN C. et al. 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. 2010.
- GIVONI, B. Comfort, climate analysis and building design guidelines. Energy And Building. 1991.
- HERZOG, T.; KRIPPNER, R.; LANG, W. Façade Construction Manual, Birkhäuser, Basilea. 2004.
- OKE, T.R. Initial Guidance to Obtain Representative Meteorological Observations At Urban Sites. Iom Report, Td In Press, World Meteorological Organization, Geneva. 2004.
- RE, M., BLASCO LUCAS I. 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. 2010.
- ROAF, S.; CRICHTON, D.; NICOL, F. Adapting Buildings and Cities for Climate Change - A 21st century survival guide, Architectural Press—An Imprint of Elsevier, Oxford. 2005.
- SALVETTI B., et al. 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. 2009.
- SERRA FLORENSA, R. Arquitectura y Climas, Editorial GG., Barcelona. 1999.