

EFFECTO DE LOS TOLDOS EN LAS CONDICIONES TÉRMICAS DEL ESPACIO ABIERTO Y SU INFLUENCIA EN LOS INTERIORES EN ZONAS ÁRIDAS.

M. Alicia Cantón¹, Jorge Fernández²

Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda. Instituto Ciencias Humanas Sociales y Ambientales (INCIHUSA). Centro Científico Tecnológico (CCT Mendoza) sede CRICYT C.C.131 C.P. 5500 – Mendoza.

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)
Tel. 0261-5244310. Fax 0261-5244001. E-mail: macanton@mendoza-conicet.gov.ar

Recibido:11-10-10; Aceptado:11-11-10.

RESUMEN.- En zonas áridas, el control de la radiación solar constituye una estrategia de acondicionamiento del espacio exterior de fuerte impacto tanto en las condiciones térmicas del espacio propiamente dicho como en los espacios interiores conexos a dichos ámbitos. Este trabajo evalúa el efecto de toldos de desplazamiento horizontal de lona vinílica de diferentes colores y la media sombra en patios urbanos de viviendas de baja densidad a partir del desarrollo de mediciones de temperatura mediante micro adquiredores de datos del tipo HOBO RH en un periodo de 40 días correspondientes a la estación verano. Los resultados obtenidos muestran diferencias térmicas promedio de 1.6°C entre patios protegidos por toldos blancos y verdes y, de 1°C en los espacios interiores conexos. Estas diferencias de temperatura generan reducciones en los consumos de energía del orden del 27%. La media sombra (80%) bloquea en menor medida la radiación que se traduce en diferencias térmicas promedio del orden de 2.8°C respecto al toldo de vinilo más eficiente.

Palabras claves: zonas áridas, patios, protecciones solares, condiciones térmicas.

EFFECT OF SHADING FABRIC CANOPIES THERMAL CONDITIONS OF OPEN SPACE. ITS INFLUENCE ON INTERNAL SPACE IN ARID ZONES.

ABSTRACT.- In arid zones, solar radiation control is a strategy for open spaces thermal conditioning. This radiation control also means a strong impact on thermal behaviour of courtyards and its influences over the adjacent internal space. The aim of this study is to evaluate the effect of different material and colors “shading fabric canopies” with horizontal displacement in urban patios placed in low-density areas. The method consists in measuring the air temperature with data loggers HOBO over a summer period of 40 days. The results show temperatures differences averaged 1.6 ° C among protected courtyards by green and white vinyl awnings and 1 ° C in the interior spaces. Radiation isn't blocked by average shadow as well as in the first case leading to temperature differences of about 2.8 ° C.

Keywords: arid zones, courtyards, solar protections, thermal conditions.

1. INTRODUCCION

El ambiente construido, en sus diferentes escalas – urbana y edilicia -, constituye el continente espacial de todas las actividades humanas. Su impacto sobre los ecosistemas es probablemente el más significativo entre todos los emprendimientos de la sociedad. Esta tendencia se ha acentuado en las últimas décadas debido al crecimiento urbano resultante de la alta tasa demográfica y la transformación de las estructuras económicas que condujeron al abandono de las áreas rurales. Según proyecciones de Naciones Unidas, la población urbana se elevará al 70% hacia el año 2025 (UN, 1992).

Por otra parte, la energía es un insumo esencial para el funcionamiento de la sociedad. En Argentina, la demanda energética ha crecido en el periodo 1970 – 2005 de 4000 TEP (toneladas equivalentes de petróleo) a 10.000 TEP. (Secretaría de energía, 2010) y es satisfecha por una matriz altamente dependiente de recursos fósiles: cerca del 90% de la energía proviene de recursos no renovables, escasos y altamente contaminantes. El sector edilicio consume entre un 30 y un 40% de la energía primaria dependiendo de los diferentes climas, la morfología urbana y edilicia y de la tecnología implementada en los edificios.

Desde la óptica de la arquitectura, minimizar los consumos de energía en la edilicia y sus efectos adversos sobre el medio ambiente implica orientar la producción del hábitat asociada al aprovechamiento de los recursos que ofrece el clima y las condiciones del entorno con el fin de producir las

1. Investigador CONICET

2. Profesional Principal CONICET

mejores condiciones de confort térmico en los espacios interiores, partiendo fundamentalmente del diseño y los elementos arquitectónicos.

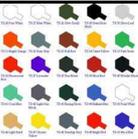
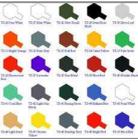
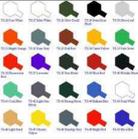
Tradicionalmente, las diferentes tipologías edilicias asociadas a las necesidades del hombre – habitar, trabajar y descansar- se estructuran en torno a un espacio abierto - como centro organizador-, comúnmente denominado “patio”. Es decir el patio es el soporte de un modo de proyectar, el elemento regulador del partido arquitectónico a partir del cual se distribuyen los espacios interiores.

En América la arquitectura doméstica se define bajo el signo de la domus romana, se dispone en torno a patios funcionalmente definidos, siguiendo las reglas del sistema de claustros. A partir del S.XVIII y ya de modo pleno en el S.XIX la ordenación de espacios en torno a patios sufre transformaciones asociadas a la enseñanza académica de la arquitectura y a los métodos de proyecto de Beaux Arts. El S. XX y el desarrollo del movimiento moderno minimiza la configuración de la casa-patio clásica. La “casa moderna” se estructura en torno a un solo patio y su relación con el espacio abierto queda definida a partir de dos arquetipos de

diseño: la casa en “L” como esquema de edificación abierto y la casa compacta. (Antón, 2005).

En zonas áridas, como es el caso de Mendoza, Argentina, caracterizadas por los inviernos fríos -*Temperatura media julio (°C): 7.3.-*, veranos calurosos -*Temperatura media enero (°C): 24.9.-*, importantes amplitudes diarias y estacionales de la temperatura, escasas lluvias -*151 mm anuales-* y radiación solar elevada en cantidad e intensidad -*Radiación solar horizontal media anual (MJ m-2): 18.40.* Cantidad de horas anuales de sol: 2762- las condiciones del espacio abierto generan no sólo un microclima relativamente controlado sino también impactan en las condiciones térmicas del espacio interior. Esto se debe a que la utilización del exterior en la arquitectura de los desiertos constituye una estrategia de diseño bioambiental de fuerte impacto tanto en los espacios abiertos como cerrados (Alves, 1991; Mc Pherson, 1992). Dicho impacto depende fundamentalmente de la geometría del espacio abierto, la naturaleza de los materiales que definen la envolvente del ámbito y las condiciones de sombra del espacio. (Muhsen ,1978; Etzion, 1990; Cadima, 2000; Muhaisen,2006).

Tabla 1: Materiales de protecciones disponibles en el mercado local

TELA	Lona			Soporte acrílico 100 %. (300gr/m2)
	Vinílico			Tejido de Poliester con recubrimiento de PVC (550-650 gr/m2)
	Microperforada			Estructura microperforada uniforme de poliéster. (350 gr/m2)
MEDIA SOMBRA	35 - 90 %			Tejido plástico de alta densidad. Porcentaje de sombra variable. (35-90 gr/m2)

Trabajos previos desarrollados en la UID demuestran que la geometría del espacio - definida a partir de la relación superficie del espacio abierto – altura de paramentos que delimitan el ámbito-, genera temperaturas máximas menores y mínimas más elevadas en las configuraciones espaciales “cerradas” respecto a las “abiertas”. Esto se debe a que las geometrías cerradas generan ámbitos más sombríos disminuyendo la temperatura del aire en el orden de los 3°C y limitando su capacidad de enfriamiento nocturno. Respecto a la materialidad del ámbito, dicha variable define un gradiente de variación de las temperaturas máximas relacionado con la proporción de área cubierta de verde respecto al área sellada. Los patios “duros” respecto a los verdes presentan las mayores temperaturas máximas y mínimas (Cantón et al., 2006)

Respecto a la tercera variable involucrada en las condiciones térmicas del espacio abierto – el control de la radiación solar

mediante dispositivos de sombra-, su eficiencia en la reducción de la radiación solar y el calor absorbido por la envolvente depende de su tipología, del material y color de las protecciones. Actualmente, en las áreas residenciales de la ciudad, los techos de sombra conformados por protecciones naturales - pérgolas verdes - han sido reemplazados, en un número significativo, por protecciones artificiales. Las tipologías empleadas resultan de una amplia variedad de productos disponibles en el mercado local. Entre las más frecuentes pueden citarse los toldos corredizos de desplazamiento horizontal conformados por distintos materiales: telas -lonas, telas vinílicas y telas micro perforadas de última generación- y media sombra en distintos porcentajes de sombreados. Todos ellos se presentan con una gran variedad de diseños y una gama amplia de colores. En la tabla 1 se presenta una breve descripción técnica de los diferentes materiales.

Este trabajo evalúa el efecto de las estructuras de toldos móviles de tela vinílica -de color blanco y verde- y media sombra en patios de viviendas urbanas del tipo compacto, a los efectos de determinar la incidencia de los diferentes materiales en las condiciones térmicas del espacio abierto y su influencia en los espacios interiores.

2. METODOLOGÍA

2.1 Casos de estudio.

La influencia de las sombra en patios urbanos ha sido evaluada en tres casos de estudio correspondientes a viviendas unifamiliares. Los ámbitos seleccionados se encuadran en el contexto de una manzana urbana de baja densidad cuyas variables urbano-espaciales son similares y las tipologías edilicias semejantes.

Descripción morfológica:

Variables urbanas: Manzana rectangular de baja densidad, lote con frente menor al espacio público de la calle, arbolado de alineación en torno al canal vial y fuerte presencia de verde en el entorno próximo - 100 m - dada la cercanía de los escenarios al Parque Gral. San Martín-parque de 425 has cuya extensión conforma el 50% de los espacios abiertos del Área Metropolitana de Mendoza.

Variables edilicias: Tipología compacta, de planta rectangular estructurada en dos niveles alineada a la línea municipal y patio trasero orientado en su eje mayor al Oeste.

Variables referidas al espacio abierto: la materialidad de los distintos ámbitos y sus protecciones son las siguientes:

Caso 1: Toldo vinílico blanco

Superficie Cubierta: 190 m²

Superficie Abierta: 68 m²
Superficie sombreada por toldo: 12m²

Paramentos verticales: 45% Ladrillo revocado 55% cubierto verde

Paramentos horizontales: 85% Verde 15% Mosaico rojo
Espacios abiertos adyacentes: 70% verde 30% inerte

Caso 2: Toldo vinílico verde

Superficie Cubierta: 190 m²
Superficie Abierta: 68 m²
Superficie sombreada por toldo / pérgola: 12m² / 20m²

Paramentos verticales: 45% Ladrillo revocado 55% cubierto verde

Paramentos horizontales: 100% Cerámica color claro
Espacios abiertos adyacentes: 35% verde 65% inerte

Caso 3: Media sombra 80% – Toldo vinílico verde

Superficie Cubierta: 220 m²
Superficie Abierta: 78 m²
Superficie sombreada por toldo: 50m²

Paramentos verticales: 100 % Ladrillo revocado pintado color claro.

Paramentos horizontales: 100% Mosaico color claro.
Espacios abiertos adyacentes: 100 % inerte

Las características descritas definen al caso 1 como un ámbito fuertemente expuesto a la radiación solar y domina la presencia de verde. En el caso 2 son mayores las áreas protegidas a y es menor la condición verde. Por último, en el caso 3 muestra una reducida exposición de superficies a la radiación directa y domina el carácter inerte del ámbito. (Figura 2).

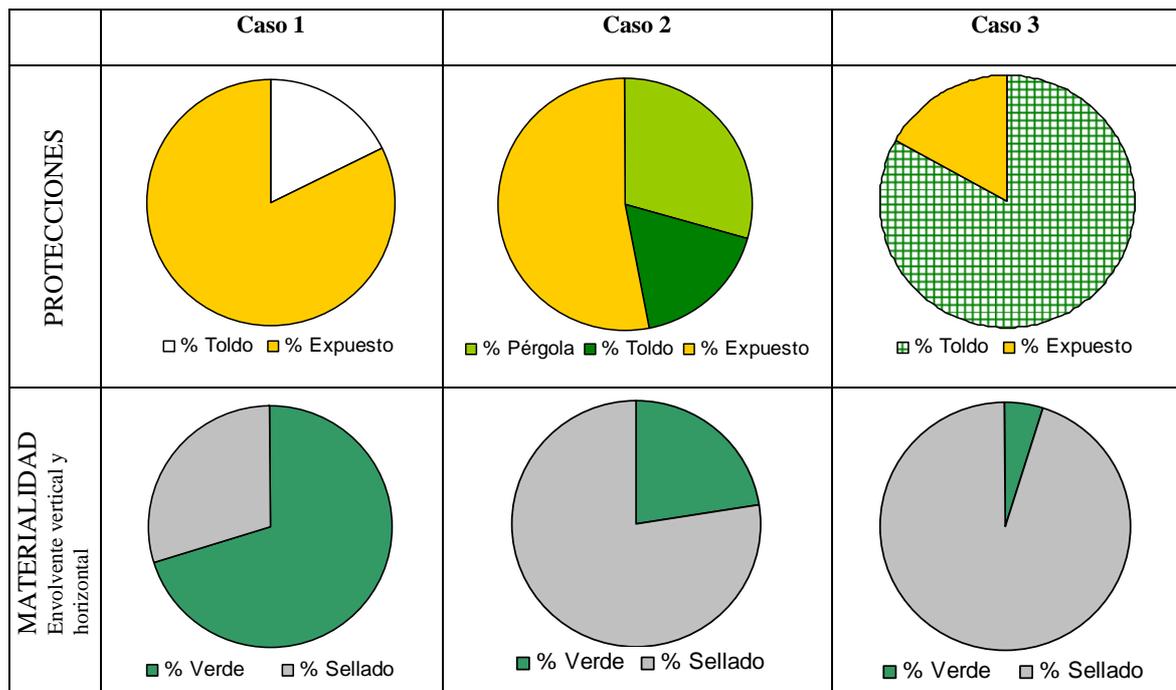


Fig. 2: Caracterización de los casos de estudio.

2.2. Método de medición

A los efectos de determinar las diferencias de comportamiento térmico de las distintas estructuras de espacio abierto descriptas se desarrollaron mediciones de temperatura de aire en los mismos, en el canal vial que limita con los frentes de los predios en estudio y en los espacios interiores conexos al espacio abierto protegido por el toldo.

Las mismas han sido desarrolladas en la estación verano durante un periodo de 40 días, Diciembre 2008- Enero 2009-. Los datos se registraron cada 15 minutos bajo la siguiente configuración: uno / dos datalogger del tipo HOBO RH por espacio abierto, un datalogger de referencia en el espacio público de la calle, un datalogger en el espacio interior colindante con el espacio abierto sombreado por las distintas protecciones. Los mismos fueron posicionados a una altura promedio de dos metros. (Oke, 2004)

La ubicación de uno ó dos sensores en cada patio está relacionada con la protección solar y con la condición del entorno mediato.

En el caso 1 y 2 si bien el área de patio protegida por el toldo presenta una configuración formal y material idéntica,

el entorno mediato a dicha área es heterogéneo desde el punto de vista de su materialidad. En el caso 1 predomina la condición verde del ámbito y en el caso 2 la condición inerte del espacio. Dado que estas diferencias influyen en las temperaturas del sensor posicionado bajo el toldo, se emplazó un segundo sensor en el entorno mediato a ambos casos. Dicho sensor tiene por objeto evaluar los resultados obtenidos en cada patio a partir de diferencias relativas de temperatura entre el sensor ubicado en el entorno mediato y el sensor localizado bajo el toldo. De este modo se garantiza que el tratamiento de datos refleje el efecto de la protección del ámbito en sí misma – objetivo de este trabajo - y evite distorsiones resultantes de entornos mediatos diferentes.

En el caso 3, se emplea un único sensor dada la condición homogénea del patio y que todo el espacio abierto está sombreado por el toldo. El instrumental de medición fue colocado en el interior de una caja de material plástico, perforada en cuatro de sus caras, con el sensor de temperatura al exterior de la caja suministrada por el fabricante. (Cantón et. al. 2007) Por otra parte, en adición a la caja plástica mencionada previamente se empleó una banda protectora de aluminio con el objeto de evitar que el sensor se irradie por efectos de la radiación directa.

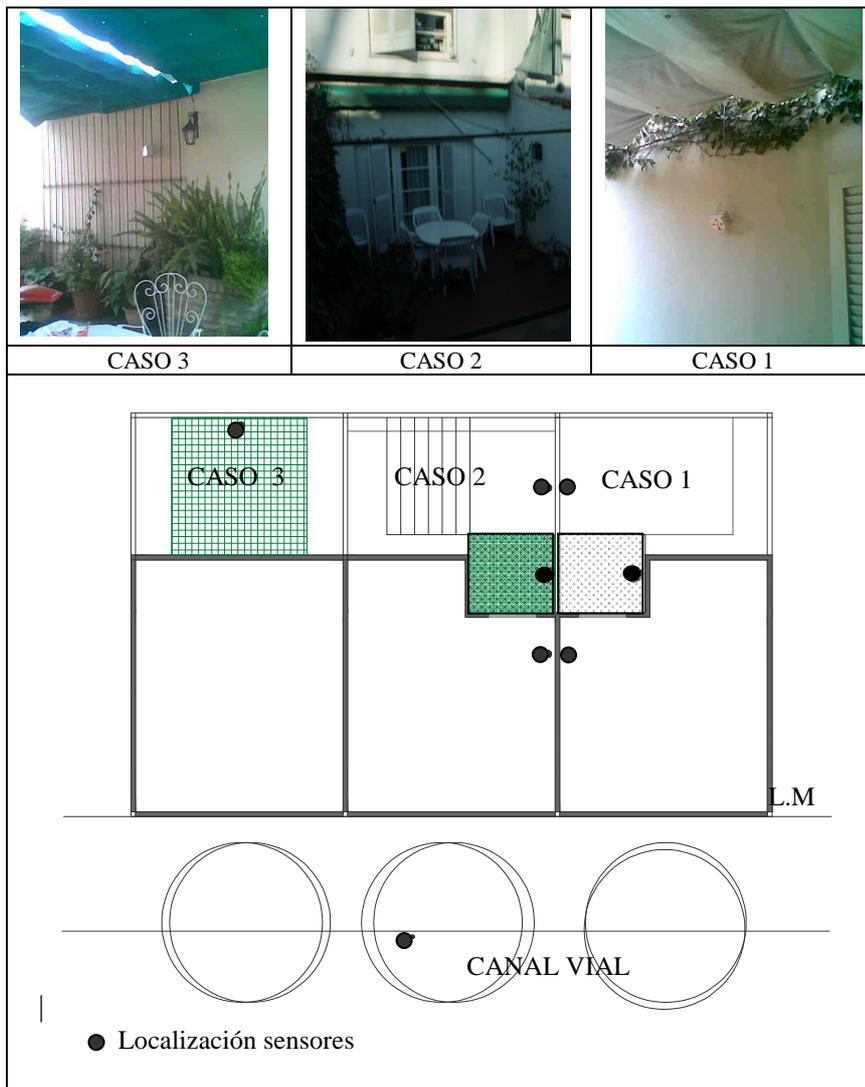


Fig. 4: Emplazamiento de protecciones y sensores de medición en los diferentes casos de análisis

3. RESULTADOS

3.1. Comportamiento térmico

Los datos obtenidos de las mediciones fueron promediados en forma horaria para una mejor comprensión de los comportamientos globales de los diferentes ámbitos. Se presenta una selección de 7 días representativos, con condiciones estables, a los efectos de evitar enmascaramientos producidos por la inercia de las superficies que conforman los límites de los patios. (Figura 5).

En términos generales se observa un gradiente de variación de las temperaturas máximas en donde los mayores valores se corresponden con el caso 3, los intermedios al par de sensores posicionados en el caso 2 y los valores menores al par correspondiente al caso 1. Las mayores diferencias entre temperaturas máximas alcanzan valores de 6.3°C resultantes de la combinación de configuraciones formales del espacio

abierto semejantes y, materializaciones y protecciones solares diferentes. Las mayores temperaturas máximas están asociadas al patio sellado -sombreado por el toldo de media sombra (37.4°C) y las menores temperaturas máximas al ámbito mediato al patio sombreado por el toldo de vinilo blanco (Caso 1 : 31.1°C) cuando la temperatura del canal vial alcanza valores de 35.5°C.

Respecto a las mínimas, las diferencias entre patios son menores observándose que las temperaturas más bajas se corresponden con los entornos mediatos del Caso 1 y 2 (18.7°C, 19.04°C), las intermedias a los ámbitos sombreados por toldos en dichos casos (19.62°C) y las más elevadas en el Caso 3 (21.33°C) frente a temperaturas mínimas en el canal vial de 19.52°C).

Las temperaturas interiores en el caso 1 y 2 se encuadran en un rango comprendido entre 24 y 29°C frente a temperaturas exteriores en los espacios abiertos sombreados que varían entre 18 y 37.6°C.

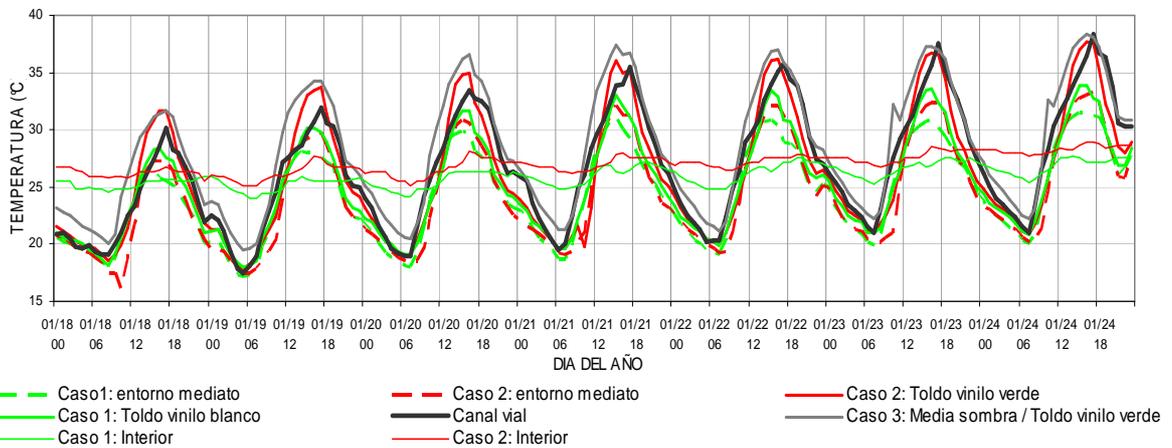


Fig. 5: Mediciones de temperatura para un periodo de 7 días

3.2. Efecto de las protecciones en las condiciones térmicas

Caso 1 y 2: De acuerdo a lo explicado en la metodología, a los efectos de evitar la influencia en el registro de temperaturas en el área de los patios protegidas por toldos de entornos mediatos diferentes, se analiza en forma comparativa las diferencias relativas de temperatura entre el sensor posicionado bajo el toldo y el sensor ubicado en el entorno mediato entre las 10 hs y las 19 hs por ser éste el periodo en el que el toldo genera sombras sobre el espacio abierto. De esta forma:

donde :

- ΔT_{diaria}^{Ci} : variación media diaria de Temperatura para el caso 1, 2 o 3 (a - b)
- T_i^{calle} : Temperatura horaria de la calle
- $T_i^{entorno}$: Temperatura horaria del entorno del patio fuera del toldo
- $T_i^{toldo - tipo}$: Temperatura horaria bajo el tipo de toldo blanco, verde, vinilo o media sombra
- N°_{horas} : cantidad de horas en que se midieron las Temperaturas

$$\Delta T_{diaria}^{C1} = \frac{\sum_{i=10}^{19} (T_i^{toldo - blanco} - T_i^{entorno})}{N^{\circ}_{horas}}$$

$$\Delta T_{diaria}^{C2} = \frac{\sum_{i=10}^{19} (T_i^{toldo - verde} - T_i^{entorno})}{N^{\circ}_{horas}} \quad (1)$$

Los resultados obtenidos muestran diferencias de temperatura máximas del orden de 2.17°C y mínimas de 1.08 °C en el periodo de siete días analizado. Las mayores temperaturas corresponden al Caso 2, es decir al patio sombreado por el toldo vinílico verde. Esto se debe a que la capacidad de absorción de energía de una superficie laminar depende de su característica superficial, es decir del color y brillo. A igual brillo – resultante de la misma composición material y estado de uso- , la menor capacidad de reflexión de la radiación solar de los pigmentos verdes ($r= 0.10 - 0.20$) respecto a los blancos ($r= 0.70 - 0.85$) determina las mayores temperaturas. En términos de promedios, la temperatura bajo el toldo de vinilo verde se incrementa 1.6°C respecto al ámbito protegido por el toldo de vinilo blanco. (Figura 6).

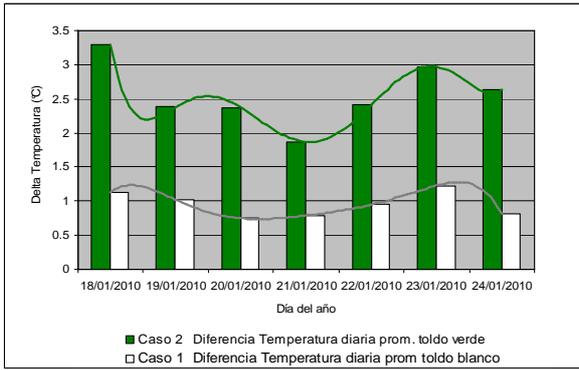


Fig. 6: Diferencia relativa de temperaturas entre patios protegidos por toldos de distinto color

Impacto de la temperatura exterior en la temperatura de los espacios interiores:

Tabla 1: Impacto de las temperaturas exteriores en los espacios interiores: Caso 1 y 2

DIA	Δt diaria patios			T (°C) promedio diaria int		Δt diaria int.
	(Caso1)	(Caso2)	Caso 2 - 1	Caso 1	Caso 2	Caso 2 - 1
1	1.13	3.3	2.17	25.26	26.24	0.98
2	1.02	2.38	1.36	25.18	26.24	1.06
3	0.75	2.37	1.62	25.49	26.57	1.08
4	0.79	1.87	1.08	26.03	27.01	0.98
5	0.95	2.41	1.46	26.18	27.18	1.00
6	1.23	2.97	1.74	26.63	27.67	1.04
7	0.82	2.63	1.81	26.00	27.08	1.08
Promedio			1.60	25.82	26.85	1.03

En ambos casos, la temperatura promedio diaria interior se encuentra fuera del rango de confort (Caso 1: 25.82°C; Caso 2: 26.85°C). A los efectos de analizar comparativamente el consumo energético derivado de la necesidad de enfriamiento, en base al método de grado-día, se realizó el cálculo de las diferencias de temperatura promedio (Δt1, Δt2). Se asume como temperatura de confort 23°C. Dichos valores fueron calculados para los 7 días de análisis. El cociente entre la sumatoria de las diferencias de temperatura permite definir los requerimientos de energía del caso 1 respecto al caso más desfavorable (caso 2). Los resultados obtenidos muestran un consumo del 73% en el caso 1 respecto al caso 2. (Tabla 2) Esto implica que variaciones interiores de temperatura del orden de 1°C generan ahorros de energía del 27%.

Tabla 2: Consumos energéticos relativos: Caso 1 y 2.

DIA	Caso 1: Δ t1(°C)	Caso 2: Δ t2(°C)	Δt1/Δt2 (%)
1	2.26	3.24	73
2	2.18	3.24	
3	2.49	3.57	
4	3.03	4.01	
5	3.18	4.18	
6	3.63	4.67	
7	3.00	4.08	
Σ	19.77	26.99	

Los efectos de las protecciones en los patios se reflejan en las temperaturas de los espacios interiores conexos: a mayor diferencia de temperatura en el patio sombreado por el toldo verde, mayores temperaturas en el espacio interior (caso 2). Dichas diferencias oscilan en un rango de 3.3°C y 1.87°C y en el interior entre 27.67°C y 26.24°C. En el caso 1 las menores diferencias de temperatura exterior - 1.23°C; 0.75°C- impactan en menores temperaturas interiores (26.63°C-25.18°C). Esto implica que a igual tecnología de la envolvente edilicia (muro de mampostería revocado en ambas caras e= 0.20 m pintado de color claro Conductividad térmica: λ= 0.81 W/mK; Coeficiente de absorción: α= 0.30; Emisividad: ε= 0.85) la diferencia promedio entre patios de 1.6°C, se traducen en diferencias de temperatura promedio en los interiores de 1°C. (Tabla 1) Dichas diferencias son constantes a lo largo del día, es decir las curvas de temperatura diaria son paralelas entre sí con un desplazamiento en el sentido del eje Y de aproximadamente 1°C.

Caso 3: A partir de la condición homogénea del espacio abierto y la medición de dos tipos de protecciones en este ámbito - media sombra, vinilo verde - en diferentes días se adopta como criterio de análisis, comparar las diferencias relativas de temperatura entre el patio y las temperaturas del canal vial para los dos tipos de toldos. De esta forma:

$$\Delta T_{diaria}^{C3a} = \frac{\sum_{i=10}^{19} (T_i^{toldo-vinilo} - T_i^{calle})}{N^{\circ}_{horas}}$$

$$\Delta T_{diaria}^{C3b} = \frac{\sum_{i=10}^{19} (T_i^{toldo-1/2sombra} - T_i^{calle})}{N^{\circ}_{horas}} \quad (2)$$

La comparación de resultados así obtenidos permite aislar las diferencias resultantes de distintos días de medición y determinar el impacto de las diferentes condiciones de sombra en las temperaturas del aire del patio. Los valores así obtenidos muestran diferencias de temperatura que varían entre 1°C y 1.35°C, siendo mayores las temperaturas en el caso de la media sombra debido a que la misma bloquea en menor medida al recurso solar. (Figura 7).

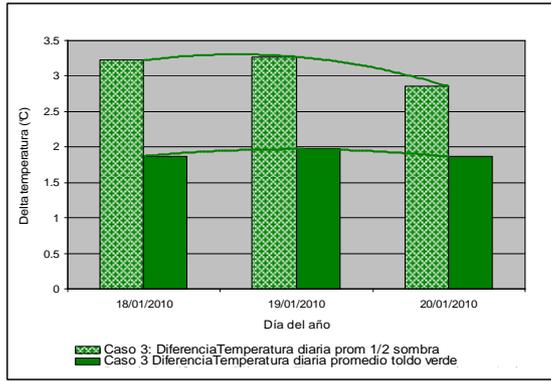


Fig. 7: Diferencia relativa temperatura promedio diaria entre distintas protecciones. Caso 3

Por otra parte, las temperaturas máximas más elevadas en el patio con respecto a la calle se deben a que si bien ambas materialidades pueden considerarse semejantes y por lo tanto sus capacidades de acumulación similares, sus diferentes configuraciones espaciales generan en el caso del canal vial temperaturas máximas- durante el día- sensiblemente menores resultantes del efecto positivo de las brisas y el arbolado urbano. En el caso del patio, su configuración espacial excluye el efecto del viento e incluye otros efectos resultantes de la incidencia de las superficies reflectantes y las protecciones solares. Estas últimas, dependiendo de su materialidad –media sombra, vinilo verde-, si bien moderan las temperaturas máximas por efecto del sombreado no permiten controlar el aporte de calor a partir de su calentamiento y emisión por radiación hacia la zona de menor temperatura. (Fig.5)

La integración de resultados de los casos 1 y 2 con el caso 3 a partir de un común denominador a ambas situaciones – toldo de vinilo verde- permite inferir lo siguiente: (Figura 8) La menor eficiencia del toldo de vinilo verde respecto al blanco. El color del toldo a igual material – vinilo - genera un incremento de las temperaturas del orden del 1.6°C. Desde el punto de vista del material de la protección solar, la media sombra respecto al vinilo verde genera incrementos de 1.2°C y respecto al blanco de 2.8°C.

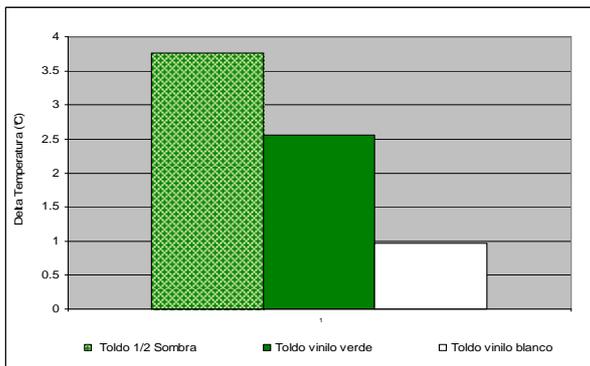


Fig. 8: Diferencia relativa Temperatura promedio para distintas protecciones solares

4. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos muestran la importancia de las protecciones solares en las condiciones térmicas del espacio exterior y su impacto en los espacios interiores conexos.

La metodología empleada ha permitido comparar casos reales – semejantes pero no iguales- a partir del análisis de ΔT relativa como camino seguido para identificar la influencia de los toldos en el comportamiento térmico de un espacio exterior. Es decir, se han evaluado distintos tipos de toldos asociados a las mismas condiciones espaciales y temporales.

La eficiencia térmica de los toldos de desplazamiento horizontal depende de su materialidad y color. Los materiales analizados – tela vinílica, media sombra- muestran la mayor eficiencia de la tela vinílica respecto a la media sombra debido a la mayor capacidad de control de la radiación solar. Respecto al color, las protecciones claras reflejan en mayor medida la radiación incidente. Los toldos blancos generan diferencias térmicas menores respecto a los toldos verdes del orden de 1,6°C . que se traduce en una disminución de la temperatura interior en viviendas con tecnologías de envolvente másicas, del orden de 1°C . Dicha disminución en la temperatura interior genera reducciones en los consumos de energía- para alcanzar condiciones de confort-, del orden del 27%. Los valores enunciados muestran como pequeñas decisiones asociadas al diseño del espacio exterior pueden contribuir a moderar los consumos de energía en el ambiente construido.

No obstante, las condiciones térmicas del espacio abierto no sólo depende de la eficiencia de la estrategia de sombreado sino que la misma interactúa con las condiciones formales y materiales del espacio. En los casos estudiados si bien la forma de los patios es semejante puede observarse lo siguiente: el toldo que protege el patio en mayor medida (83% de su superficie), presenta las temperaturas más elevadas (Caso 3). Esto se debe a la baja eficiencia del toldo asociado al carácter inerte del patio. En el caso 1 la superficie protegida por el toldo blanco es reducida (18%) sin embargo su comportamiento es más eficiente dada la materialidad verde de la envolvente que conforma el espacio abierto.

En futuras etapas, el estudio de un mayor número de materiales y colores de toldos permitirá elaborar un catálogo con referencia a la eficiencia térmica de las distintas alternativas disponibles regionalmente, de utilidad a proyectistas interesados en la utilización de estrategias bioclimáticas asociadas a la producción sustentable del hábitat y el acondicionamiento del espacio exterior.

REFERENCIAS

Alves, L., Simpson, J., McPherson, G., Matthias, A. (1991). Microclimatic effects of different landscape treatments on exterior air temperature around similar buildings. *Tenth Conference on Biometeorology and Aerobiology*, Salt Lake City, Utah.

Antón Capitel (2005) *La arquitectura del patio*. Editorial Gustavo Gili, SA.

Cadima PSP. (2000) *Transitional spaces: the potential of semi-outdoor spaces as a means for environmental control with special reference to Portugal*. PhD thesis. The Open University.

Cantón, M.A., et al (2006) Energy assessment of the patio-house evolution in the urban architecture of arid zones. *Living in deserts: Is a sustainable urban design still possible in arid and hot regions?*. 55-68

- Cantón, M.A., et al. (2007) Comportamiento térmico de verano de diferentes configuraciones de sombra en patios urbanos emplazados en climas áridos. Validación del método y Estudio de casos". *AVERMA* 11, 1.89-1.95
- Etzion, Y. (1995). The thermal behaviour of non-shaded closed courtyards in hot-arid zones. *Architectural Science Review* 33, 79-83
- Mc Pherson, E.G. (1992) Accounting for benefits and costs of urban greenspace. *Urban Planning*, 22, 41-51.
- Muhaisen, A. S. and Gadi, M. B. (2006) Effect of courtyard proportions on solar heat gain and energy requirement in the temperate climate of Rome. *Building and Environment* 41, 245-253.
- Muhsen M.A. (1978) Solar radiation and courtyard house forms II: application of the model, *Building and Environment* 14, 185-201
- Oke, T.R. (2004) *Initial Guidance To Obtain Representative Meteorological Observations At Urban Sites*. Iom Report, World Meteorological Organization, Geneva.
- Secretaría de energía, (2010) *Consumo energético residencial de la Rep. Argentina* <http://energia3.mecon.gov.ar/>
- U.N. Naciones Unidas. (1992). *Cumbre Mundial de la CNUMAD*. Rio de Janeiro.