

Análisis de las características morfológicas de las envolventes edilicias y del entorno urbano desde la perspectiva de la iluminación natural

Morphological analysis of building envelopes and urban environment characteristics from the perspective of natural lighting

Ayelén María Villalba
Andrea Elvira Pattini
María Lorena Córica

Resumen

El confort visual y los ahorros energéticos resultan de la adecuada planificación e la iluminación natural de un espacio. Como primera medida para alcanzarlos se debe conocer la posibilidad de acceso a la radiación solar en el rango visible de las fachadas. Este trabajo desarrolla un análisis morfológico-descriptivo de las variables urbanas, edilicias, de componentes de paso y de elementos de control solar que determinan el acceso de la radiación solar visible a un espacio interior, contemplando variables de carácter regional. Sus objetivos fundamentales son: (a) determinar las características morfológicas, urbanas y edilicias, que influyen en el acceso a la radiación solar visible de una fachada frontal; y (b) establecer un diagnóstico sobre los elementos de control solar encontrados en las fachadas frontales de los casos reales del área analizada. En el presente trabajo se determina la importancia del estudio en detalle de la fachada frontal de un edificio, dado que el 75% de los edificios analizados tienen su eje mayor dispuesto de modo perpendicular a la fachada frontal, el 90% no tiene retiros laterales y el 95% tiene una disposición edilicia en bloque. Del mismo modo demuestra que no existe una relación entre el empleo de las aberturas y sus elementos de control solar asociado con el clima luminoso regional.

Palabras claves: Iluminación natural. Análisis morfológico. Descriptivo. Componente de paso. Elemento de control solar. Fachada frontal.

Abstract

Visual comfort and energy savings are results of the proper daylighting planning of spaces. As a first step to achieve these objectives we should be aware of the possibility of solar radiation access in the visible range of facades. This paper develops a descriptive morphological analysis of the urban, building, pass through component, and solar control system variables that determine access to visible radiation of a facade, considering regional variables. Its main objectives are: (a) to determine urban and building morphological characteristics that affect access to visible solar radiation of front façades; and (b) to establish a diagnosis about the current state of these elements on front facades in the analyzed areas. This research work determines the importance of a detailed study of the front facade of buildings, given that 75% of the buildings analyzed have their central axis disposed perpendicularly to the front facade, 90% have no side retreats and 95% have a block building disposition. Likewise, it indicates that there is no relationship between the use of openings and the solar control elements according to the regional clear sky climate.

Keywords: Daylight. Daylight. Morphological analysis. Pass through component. Solar control element. Front facade.

Ayelén María Villalba
Laboratorio de Ambiente Humano y
Vivienda. INCIHUSA. Consejo Nacional
de Investigaciones Científicas y
Técnicas.
Avenida Ruiz Leal S/N Pque Gral San
Martín. Mendoza - Argentina
CP 5500
Tel.: +54 (261) 524-4322
E-mail: nalchapar@mendoza-
conicet.gob.ar

Andrea Elvira Pattini
Laboratorio de Ambiente Humano y
Vivienda. INCIHUSA. Consejo Nacional
de Investigaciones Científicas y
Técnicas.
Avenida Ruiz Leal S/N Pque Gral San
Martín. Mendoza - Argentina
CP 5500
Tel.: +54 (261) 524-4345
E-mail: nalchapar@mendoza-
conicet.gob.ar

María Lorena Córica
Laboratorio de Ambiente Humano y
Vivienda. INCIHUSA. Consejo Nacional
de Investigaciones Científicas y
Técnicas.
Avenida Ruiz Leal S/N Pque Gral San
Martín. Mendoza - Argentina
CP 5500
Tel.: +54 (261) 524-4345
E-mail: nalchapar@mendoza-
conicet.gob.ar

Recebido em 03/02/12
Aceito em 21/10/12

Introducción

El diseño de edificios que contemplan principalmente el uso de la luz natural como fuente principal de iluminación, puede generar grandes beneficios en los usuarios. Entre ellos, contribuir a la puesta en marcha del sistema circadiano (WEBB, 2006), a la calidad de iluminación de un espacio y hasta una mayor tolerancia en situaciones de deslumbramiento, que si la fuente fuese artificial (CHAUVEL; DOGNIAUX, 1982). Situación que se complementa con importantes ahorros energéticos, cuando se utiliza la luz natural controlada como fuente de iluminación de un espacio. Asimismo la luz del día tiene mayor probabilidad de maximizar el rendimiento visual que la mayoría de las formas de iluminación eléctrica, ya que tiende a ser entregada en grandes cantidades con un espectro que garantiza una excelente reproducción del color. Sin embargo la luz del día puede causar molestias visuales por deslumbramiento y distracción, y puede disminuir los estímulos de la tarea al sistema visual mediante la producción de reflexiones de velo o por las sombras. La eficacia de la luz del día, para obtener un rendimiento visual óptimo, dependerá de la forma en que se entrega (BOYCE; HUNTER; OWEN, 2003).

El primer paso para la planificación de la iluminación natural en un edificio es asegurarse que, la misma pueda ser provista tanto en el interior como en el exterior del edificio, así como en y alrededor de los edificios adyacentes. Esta tarea puede ser alcanzada examinando la posición del edificio en el lugar, determinando el impacto de los obstáculos naturales exteriores en la distribución de la luz y finalmente determinando el impacto de los elementos artificiales exteriores que resulten en obstáculos (SANTAMOURI *et al*, 2001). Los principales factores que pueden afectar la iluminación natural en edificios son: la distancia entre los edificios, la altura del edificio de enfrente, el tamaño de las aberturas, el tamaño de los dispositivos de control (SANTAMOURI *et al*, 2001), a estos aspectos se debe agregar la orientación y la reflectancia de las fachadas. Las características ópticas de los materiales utilizados, los acabados en las superficies de fachadas, en los pavimentos de las calles y las cualidades de reflectividad (albedo) y emisividad de la radiación solar, también tienen un impacto significativo sobre las condiciones lumínicas de los ambientes.

La Ciudad de Mendoza se inserta en un clima semiárido, estas ciudades se caracterizan por la búsqueda de la sombra ya que la cantidad y duración de la radiación solar de gran intensidad impide, sin su control, un hábitat acondicionado en

función de las capacidades visuales de los usuarios. Para el caso de estudio la estrategia de sombra se materializa mediante la inserción de una trama vegetal que minimiza la exposición solar del conjunto (CORREA; MARTINEZ; CANTÓN, 2008). Si bien esta puede ser una estrategia que protege los niveles inferiores de los edificios no mitiga la radiación recibida en los niveles superiores. Por esto la importancia de analizar como se controla la radiación visible en los niveles superiores, esta elevada radiación solar directa requiere la mediación del diseño para su control.

Determinar la posibilidad de acceso a la radiación solar en el rango visible (iluminación natural) de las fachadas es el primer aspecto que se debe esclarecer para poder generar recomendaciones de diseño que optimicen el uso de la iluminación natural. Asimismo la eficacia de la luz natural que llega a estas fachadas, para alcanzar un rendimiento visual óptimo, dependerá de la forma en que se entrega. Partiendo de dichas hipótesis, el presente trabajo aborda un estudio morfológico-descriptivo (estadístico), desde la perspectiva lumínica, del entorno urbano y de las envolventes de los edificios no residenciales en la zona urbana de alta densidad de la Ciudad de Mendoza, donde se concentran la mayor cantidad de edificios con espacios de trabajo de uso diurno. Puntualmente, espacios destinados a tareas de oficinas o de uso comercial, este tipo de edificios necesitan planificaciones cuidadosas del diseño de iluminación, debido a que requieren altos niveles de iluminación, además de control de la radiación solar directa y de los altos brillos y contrastes, que pueden causar malestar visual y malas condiciones ergonómicas (ARGENTINA, 1979).

Los objetivos fundamentales de este trabajo son:

- (a) determinar las características morfológicas urbanas y edilicias que influyen en el acceso a la radiación solar visible de una fachada frontal; y
- (b) establecer un diagnóstico sobre los elementos de control solar encontrados en las fachadas frontales de los casos reales del área analizada, que posteriormente se estudiaran en detalle con herramientas de precisión.

La metodología descriptiva-morfológica nos permite identificar de las situaciones presentes en el entorno urbano real los casos característicos y críticos. A partir de los resultados obtenidos en este estudio se procederá a analizar mediante métodos empíricos y de simulación de alta precisión el comportamiento de los elementos de control solar, detectados como característicos, insertos en los escenarios urbanos y edilicios que

se manifestaron como más representativos del área de estudio. Este proceso, estudio morfológico y posterior análisis empírico y de simulación, permite subsiguientemente generar datos de disponibilidad lumínica, transferibles a guías de recomendaciones de optimización de sistemas de fachadas para el correcto uso de la iluminación natural en climas soleados, con consecuentes ahorros energéticos.

En la primera etapa del estudio se analizó el acceso a la radiación visible de las fachadas de los edificios no residenciales de la zona de alta densidad de la ciudad oasis de Mendoza. En la segunda etapa el estudio focaliza en los dispositivos de control solar y los componentes de paso, que son los elementos que determinan el ingreso al interior del edificio de la radiación solar visible disponible en la fachada. A la vez que analiza la interrelación de los mismos con variables de nivel urbano y edilicio.

Metodología

La metodología propuesta es morfológica-descriptiva, se emplearon como base los criterios establecidos por Baker para la clasificación morfológica (BAKER *et al*, 1993), los cuales se complementaron con otros aspectos que resultaban de interés para los fines de este análisis. Se trabajó en cuatro niveles:

- (a) Nivel I (escala urbana);
- (b) Nivel II (escala edilicia);
- (c) Nivel III (componente de paso); y
- (d) Nivel IV (elementos de control solar).

Las modificaciones que se aplicaron a la propuesta metodológica de Baker *et al*. (1993) se basaron en un estudio inicial exploratorio, donde se trabajó con un total de 50 casos de estudio ubicados en el área de muestreo. Asimismo algunas de las modificaciones que se realizaron a la metodología tienen su origen en estudios previos respecto a la morfología urbana desarrollados en el Laboratorio

de Ambiente Humano y Vivienda, INCIHUSA-CONICET (CÓRICA, 2009).

Una vez acabado el estudio exploratorio, se operacionalizaron las variables que determinan la posibilidad de acceso a la radiación solar visible de una fachada y las que caracterizan la morfología y el uso de los elementos de control solar (ECS) y los componentes de paso (CP), estableciendo cuales eran los indicadores y sus respectivas categorías (Cuadros 1 y 2).

La distinción entre los niveles superiores y planta baja es morfológica-funcional, existe una marcada diferenciación entre los CP y los ECS presentes en unas y otras. Situación que, en una importante cantidad de casos, está íntimamente asociada con la diferenciación de usos que se da en un edificio, los niveles inferiores para comercio, atención al público y vidrieras, los superiores para oficinas y depósitos.

Posteriormente se procedió a la recolección de datos. Para el nivel urbano la recolección de los datos se realizó mediante planillas, donde se especificaban las variables urbanas del entorno y sus respectivas categorías. Para los niveles edilicio, CP y ECS la recopilación de datos se desarrolló mediante la toma de fotografías. Las fotografías fueron capturadas desde la banquina enfrentada al edificio en estudio, debido a que, a esta distancia (entre 17 y 27m) se pueden registrar la cantidad de imágenes que resultan necesarias para cubrir en alto y ancho (Figura 1 y 2) la FF del edificio, con el nivel de detalle preciso para extraer la información requerida por el estudio. Dichas fotografías fueron posteriormente procesadas con el *software Microsoft Image Composite Editor®* (2011) para su composición panorámica (Figura 3). Dado un conjunto de fotografías superpuestas de una escena capturadas desde una ubicación única de la cámara, la aplicación crea un panorama de alta resolución que combina las imágenes originales. A partir de estas imágenes se extrajo la información necesaria sobre las variables que se habían operacionalizado a nivel edilicio, de CP y de ECS.

Nivel	Variables	Categorías
Urbano	Ancho de cañón vial urbano (CVU)	20m-30m
	Tipología arbórea (TA)	fresno-morera-plátano-otra-ninguna
	Diferencia de pisos con el edificio de enfrente	-16 a +16
	Reflectancia de la fachada	regular - difusa baja - difusa media - difusa alta - mixta.
Edificio	Orientación de la fachada frontal (FF)	norte-sur-este-oeste
	Número de pisos del edificio	3-20
	Porcentaje de apertura de FF	0-20%; 21- 40%; 41-60%; 61-80%; 81-100%
	Disposición de la planta del edificio	bloque - placa - patio
	Retiros laterales	con retiro - sin retiro

Cuadro 1 - Operacionalización de las variables urbanas y edilicias

Nivel		Variables	Categorías
CP	Niveles superiores/ Planta baja	Tipo de CP	Ventana (V), ventana con balcón (VB), muro vidriado (<i>curtain wall</i>) (MV), puerta ventana (PV), ventana modular (VM), vidriera (VI), otro (O), ninguno (N).
		Tamaño absoluto del CP	Pequeño, intermedio, grande, muy grande
		Ubicación del CP	Alto, medio, bajo
ECS	Niveles superiores/ Planta baja	Tipo de elemento de control solar	Parasol (PA), veneciana horizontal interior (VVI), veneciana vertical interior (VHI), tratamientos superficiales del vidriado ¹ (TSV), cortina textil interior (CTI), alero (A), postigo (PO), estante de luz (EL), toldo (T), cortina de madera de enrollar (CME), ploter (PL), bloqueo (BL), cortina de enrollar interior (CEI), puerta veneciana (PV).
		CP con el que se encuentra vinculado	Ventana, ventana balcón, muro vidriado, puerta ventana, ventana modular, vidriera.
		Disposición	Individual, combinado
		Movilidad	Fijo, móvil

Cuadro 2 - Operacionalización de las variables CP y ECS

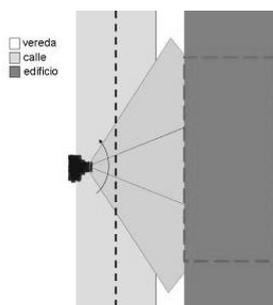


Figura 1 - Esquema de toma de fotografías de modo horizontal (en ancho)

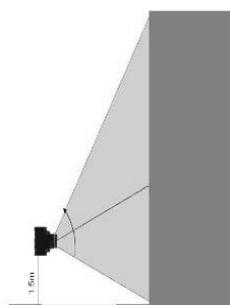


Figura 2 - Esquema de toma de fotografías de modo vertical (en altura)

¹ Cuando en la presente publicación se menciona el término tratamientos superficiales del vidriado se está haciendo referencia a los films y tratamientos de color aplicados al vidrio.



Figura 3 - Vista panorámica de fachada (ICE®)

Los datos obtenidos mediante ambos procedimientos se almacenaron en una base de datos digital y se procesaron estadísticamente. Por tratarse de datos obtenidos mediante observación en su mayoría corresponden a variables cualitativas de tipo ordinal o nominal. Dichas variables por su nivel de medición (nominal u ordinal) generalmente se trabajan con la frecuencia de aparición de las distintas categorías que componen la misma (SALGADO, 2011a). Por lo cual en primer lugar se calcularon frecuencias absolutas y relativas (porcentuales y no porcentuales) para determinar los casos más representativos. En algunos casos se recurrió a la selección de algunas categorías de variables mediante filtrado, lo que permitió trabajar con aquellas que resultaban de mayor interés por su frecuencia de aparición o por su relevancia respecto de la situación analizada.

Posteriormente para determinar la relación de dependencia entre las variables analizadas se empleó el método de Chi cuadrado de Pearson, utilizando la aplicación para determinación de independencia, no la correspondiente a la de frecuencia o a la de bondad de ajuste. Para su cómputo es necesario calcular las frecuencias esperadas (aquellas que deberían haberse observado si la hipótesis de independencia fuese cierta) y compararlas con las frecuencias observadas en la muestra estudiada. Así se midió la discrepancia entre la distribución observada y la teórica, lo que permitió probar la independencia o dependencia de dos variables entre sí. Si al final del estudio concluimos que las variables no están relacionadas se afirma con un determinado nivel de confianza, anteriormente fijado, que ambas son independientes. Previamente se deben organizar los datos de las variables categóricas en tablas de contingencia (SALGADO, 2011b). A partir de dichos análisis estadísticos descriptivos se identificaron las tipologías de edificios presentes, su relación con el entorno urbano en la trama consolidada, el tipo y uso de los ECS y CP empleados en las fachadas de los edificios.

El correcto establecimiento de las categorías de las variables resulta de fundamental importancia, dado que las categorías de las escalas nominales y ordinales deben poder establecerse en forma objetiva. No se puede utilizar criterios arbitrarios o que puedan llevar a confusión. Estos criterios, deben ser claramente estipulados, de tal forma que cualquier persona pueda repetir la clasificación (SALGADO, 2011a). Se aclaran a continuación los criterios tomados para la definición de las categorías de algunas variables que requieren de una explicación detallada:

(a) urbano: reflectancia de la fachada: para el análisis de la reflectancia de las FF se ha realizado una clasificación simplificada de las propiedades ópticas superficiales (BAKER *et al*, 1993) en:

- reflexión regular: reflexión de acuerdo con las leyes de la óptica geométrica, sin difusión;
- reflexión difusa: difusión por reflexión en la cual, en la escala macroscópica, no hay reflexión regular; baja, media y alta; y
- reflexión mixta: en parte regular y en parte difusa.

(b) edificio:

- retiros: los códigos urbanos de las ciudades, establecen las medidas y ángulos, que delimitan el perfil de las edificaciones en altura de la zona. En sectores de alta densidad edilicia, las dimensiones están establecidas en los códigos determinando las separaciones entre los volúmenes construidos, las medidas de retiros y alturas máximas de la construcción. Esto resulta de fundamental importancia para estudios de iluminación natural ya que establece el acceso a la radiación solar visible por fachadas laterales. Para este estudio se focalizó en los retiros laterales (Figura 4);
- disposición del eje mayor con respecto a la fachada frontal: la disponibilidad de radiación solar visible a través de la fachada frontal de un edificio dependerá entre otras cosas de las dimensiones de la misma, es por esto que si el eje mayor del edificio se ubica de modo paralelo a la

fachada, la disponibilidad solar por fachada frontal es potencialmente mayor que si el eje mayor del edificio se dispone de manera perpendicular a la misma (Figura 5); y

- disposición de la planta del edificio: si bien Baker (BAKER *et al*, 1993) establece seis categoría para esta variable, a partir del estudio exploratorio inicial se determinó cuales eran las tipologías predominantemente presentes en la ciudad de Mendoza, debido a que la zona analizada corresponde a alta densidad edilicia (Figura 6). Las tipologías que se detectaron son:

- bloque: las dimensiones de los laterales de la planta del edificio no presentan grandes diferencias entre si;

- placa: una de las dimensiones de la planta es significativamente superior a la otra; y

- patio: similar al bloque pero con una sustracción en su interior.

Para la determinación de la disposición de la planta del edificio y de la disposición del eje mayor se recurrió a imágenes satelitales, obtenidas mediante el software Google Earth® (GOOGLE..., 2012) (Figura 7).

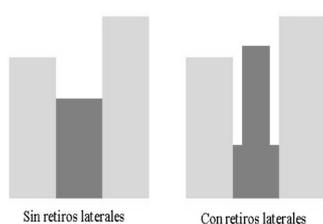


Figura 4 - Esquema de edificio con y sin retiros laterales

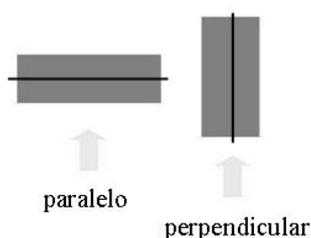


Figura 5 - Esquema de disposición del eje mayor del edificio

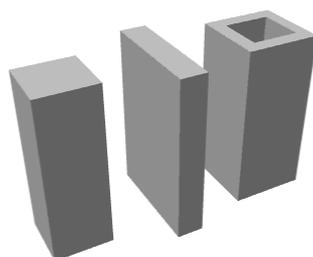


Figura 6 - Esquemas de disposiciones de plantas de edificios, bloque, placa, patio



Figura 7 - Imagen satelital para determinación del eje mayor y disposición de la planta del edificio (GOOGLE..., 2012)

(c) componente de paso: Baker *et al.* (1993) definen a los CP como aquellos dispositivos que vinculan dos ambientes luminosos, permitiendo que la luz pase de un ambiente al otro, e identifica tres tipos: laterales, cenitales y globales:

- tipo de CP: este estudio focaliza en los CP laterales, dado que son estos los presentes en las fachadas frontales de los edificios. Baker detecta cuatro tipos de componente de paso laterales: ventanas, ventana balcón, muro vidriado y las paredes traslúcidas (Figura 8). A partir del estudio exploratorio se determinó en el área de estudio seleccionada la presencia de otros tipos de CP de uso frecuente: puerta ventana, vidriera y ventana modular (Figura 8), por lo cual también se los incorporó en el estudio;

- posición en relación a la pared: la ubicación del CP respecto del muro es uno de los aspectos que determina la distribución de la luz natural en el interior del espacio, vemos que a mayor altura mayor es la profundidad que alcanza la luz natural.

Baker establece tres posiciones: alta, intermedia, baja (Figura 9); y

- tamaño del componente de paso: en referencia al tamaño de los CP para este estudio se limitó al análisis del tamaño absoluto y no de su relación con el espacio interior, dado que el análisis se realizó desde el exterior de los edificios. El tamaño absoluto determina la posibilidad de visión al exterior, los aventanamientos muy pequeños intensifican la sensación de aislamiento a la vez que pueden ser causantes de deslumbramiento (BAKER *et al.*, 1993). El tamaño de los componentes de paso se clasificó en cuatro categorías que resultaron pertinentes a partir del estudio exploratorio: pequeño (menos de 1 m²), intermedio (entre 1 m² y 2 m²), grande (entre 2 m² y 3 m²) (Figura 10), muy grande (más de 3 m², cuando excede la altura de un muro promedio). Esta última categoría y los rangos de dimensiones se modificaron, respecto de lo que propone Baker *et al.* (1993), a partir de las situaciones detectadas en el estudio exploratorio.

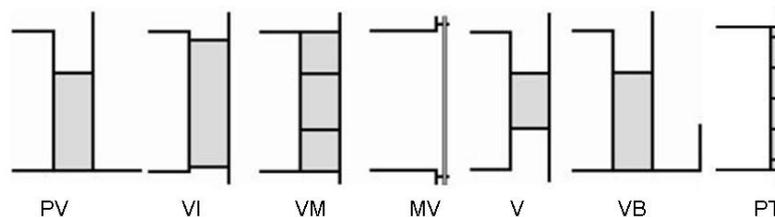


Figura 8 - Esquema de CP

Leyenda:

- PV: Puerta ventana;
- VI: Vidriera;
- VM: Ventana modular;
- MV: Muro vidriado;
- V: Ventana;
- VB: Ventana balcón; y
- PT: Pared traslúcida.

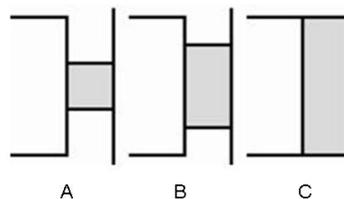


Figura 9 - Esquema de tamaño de componente

Leyenda:

- A: pequeño;
- B: intermedio; y
- C grande.

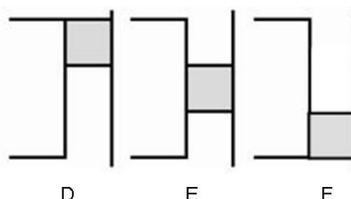


Figura 10 - Esquema de posición del CP en relación a la pared

Leyenda:

- D: alto;
- E: medio; y
- F: bajo.

(d) Sistemas de Control Solar (SCS): asimismo, Baker *et al.* (1993), precisan el concepto de SCS, refiriéndose a los mismos como dispositivos especialmente diseñados para admitir y/o controlar el paso de luz solar a través de un CP (Figura 11):

- tipo de ECS (BAKER *et al.*, 1993) (Figura 12):
- membranas flexibles: obstrucción total o parcial de la radiación o difusión de la radiación. Son móviles (cortina textil interior, cortina de enrollar interior, toldo);
- membranas rígidas: elementos rígidos y opacos, que obstruyen o redirigen la radiación solar directa (alero, parasol, estantes de luz);
- filtros solares: son aquellos elementos que cubren por completo la abertura, protegiendo el interior de la radiación solar directa, pueden ser móviles o fijos (veneciana horizontal interior (VHI), veneciana vertical interior (VVI), puerta veneciana (PV));
- obstructores solares: elementos opacos, móviles que cubren la totalidad de la abertura (postigos, cortina de madera de enrollar); y
- tratamientos superficiales del vidriado: atenuación de la radiación solar y modificación espectral (VILLALBA *et al.*, 2011).
- movilidad del ECS: Baker los clasifica en dos:
 - móviles: adaptables a distintas condiciones, pueden ser directamente manipuladas por el usuario o automatizadas; y
 - fijos: no son operables por parte de los usuarios (parasoles, aleros).
- disposición del elemento de control solar: debido a que en el estudio exploratorio se detectó en algunas situaciones más de un ECS vinculado a un mismo CP, se incorporó esta variable, que da lugar a dos categorías: individual o combinado (Figura 13).

Área de estudio

El área de estudio corresponde a la zona de mayor densidad de la Ciudad de Mendoza, donde se trabajó con una muestra constituida por 254 casos (edificios no residenciales de 3 ó más pisos² de altura), lo que representa un porcentaje cercano al 100% de la población de edificios no residenciales de más de tres pisos de la zona de estudio. El área de estudio corresponde a la zona central 1 (DC1, Ord. 3296/96). Siendo esta zona poseedora del más alto nivel de equipamiento comercial, administrativo, financiero y de servicios especializados, a escala urbana, metropolitana y regional (polo de atracción de los flujos urbanos y suburbanos), conviviendo junto a la residencia (Dirección de planificación y urbanística - Municipalidad de Mendoza).

Resultados

Urbanos

Ancho de cañón vial urbano

Los anchos de CVU presentes en la muestra son de 20 (68%) y 30m (32%) y existiendo una mayor concentración de edificios en los CVU de 30m (58%). Esto resulta favorable ya que los recintos urbanos como mayor dimensión brindan mejores posibilidades de captación de radiación visible.

Tipología arbórea

Las TA que se presentan con mayor frecuencia son la morera (38%) (Altura promedio: 12.5 m) y el plátano (39%) (Altura promedio 15.7 m). Con menor frecuencia encontramos la presencia de fresno (13%) (Altura promedio: 12 m). El 10% restante corresponde a edificios que presentan otras especies forestales ó no tienen forestales en su fachada frontal.

² Este estudio se limita a los edificios de 3 ó más pisos, por ser estos los que presentan bivalencia respecto de la situación de iluminación natural, por debajo y por encima de la copa de los árboles.

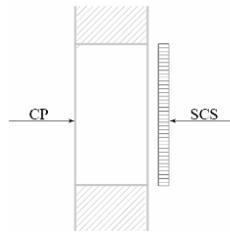


Figura 11 - Esquema del conjunto CP-SCS

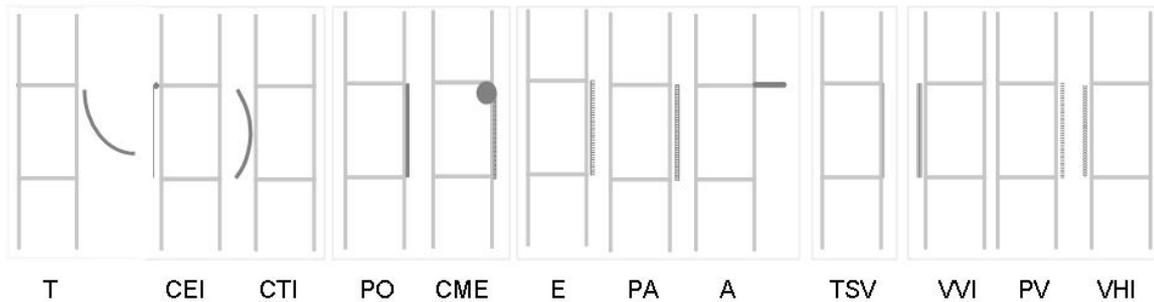


Figura 12 - Esquemas de ECS: membranas flexibles (T, CEI, CTI), obstructores solares (PO, CME), membranas rígidas (E, PA, A), tratamientos superficiales del vidrio, filtros solares (VVI, PV, VHI)

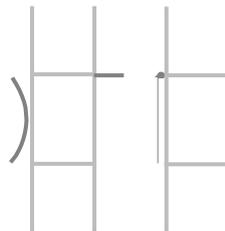


Figura 13 - Esquema que ejemplifica la disposición de ECS: combinado, individual

En los CVU de 20m hay una distribución bastante constante de las tres TA predominantes (fresno: 24%, morera: 41%, plátano: 35%). En los CVU de 30m la presencia de fresno resulta despreciable (plátano 54% - morera 44%). Esto implica que en el caso de los edificios no residenciales ubicados en CVU más amplios y con especies de primera magnitud en su frente (plátano), la condición de acceso a la radiación solar visible promovida por las dimensiones del CVU, se va a ver modificada por el forestal, que es de follaje perenne, con la particularidad de mantener la hoja durante todo el año. Existe dependencia entre ambas variables (chi cuadrado: 25.712, grado de libertad (gl): 2, significación: 0.0000026, nivel de confianza del 95%).

Diferencia de pisos con el edificio de enfrente

Los edificios que constituyen la muestra en su mayoría presentan una diferencia de pisos positiva ó nula (Figura 14). Se recodificó la variable para tener una lectura más simple; los edificios no

residenciales de 3 ó más pisos en la ciudad de Mendoza tienen una marcada tendencia a poseer mayor número de pisos que los ubicados en la vereda enfrentada (Figura 15). Esta situación resulta favorable para los edificios en estudio, ya que la radiación solar visible no se encuentra significativamente restringida por las características edilicias del entorno, sin embargo exige de un estudio cuidadoso de protección solar.

Reflectancia de la fachada

Esta variable resulta de interés dado que puede generar modificaciones en el ambiente luminoso del entorno. El 54 % de los edificios analizados presentan fachadas con reflexión difusa media o alta, lo que los convierte en potenciales fuentes de luz difusa para la ciudad. Un 24% presenta fachadas con reflexión difusa baja y un 8% reflexión mixta. Si bien la presencia de fachadas con reflexión regular es tan solo de un 13%, este tipo de acabado en la actualidad es de aplicación muy frecuente (films), por lo que se presenta con mayor frecuencia en los edificios de construcción

reciente. Es muy probable que este tipo de acabado sufra importantes aumentos en su uso en los edificios que se construyan en los próximos años, dado que no hay regulaciones sobre su aplicación en la Ciudad de Mendoza.

Edificio

Orientación de la fachada frontal

Según los valores indicados en el gráfico de barras, no hay grandes variaciones en el número de edificios no residenciales con FF para cada una de las orientaciones analizadas (Figura 16). Esto responde a la disposición de la impronta en cuadrícula ortogonal o en damero propia de la ciudad de Mendoza. Se observa un leve aumento para las orientaciones este y oeste, que son las que se perfilan con mayor criticidad con respecto al uso y control de la iluminación natural, a partir del ingreso de rayos de luz directa según los ángulos

de incidencia que alcanza la trayectoria solar, ocasionando sobrecalentamientos no deseados en la estación estival y deslumbramientos al sistema visual humano durante todo el año.

Porcentaje de apertura de fachada frontal

Se distinguen como porcentajes predominantes de apertura de FF, los comprendidos entre el 21 y el 80%. Se evidencia que el 70% de los edificios analizados tienen porcentaje de apertura de FF superior al 40%, considerando que Mendoza es una ciudad ubicada en un clima árido con una gran cantidad de días soleados y una elevada radiación disponible, estos altos porcentajes de apertura de FF van a requerir de sistemas de control que brinden sombra. No hay una relación de dependencia entre el porcentaje de apertura de FF y la orientación de la FF (Figura 17) (χ^2 cuadrado: 6.42308061, gl: 6, significación: 0.37750046, nivel de confianza del 95%).

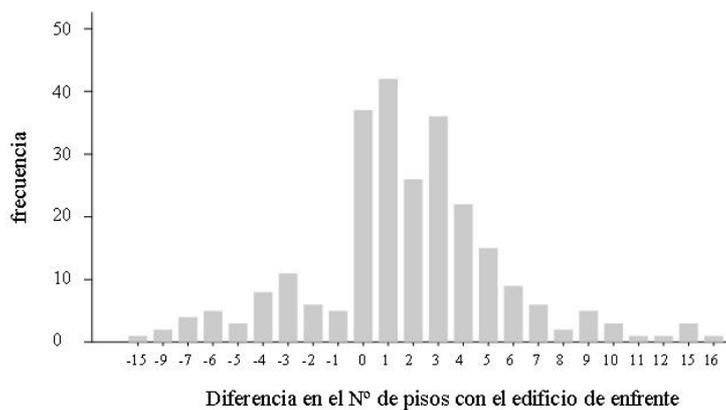


Figura 14 - Variable diferencia de pisos

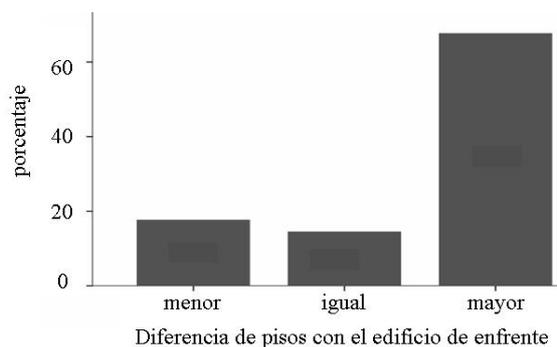


Figura 15 - Variable diferencia de pisos recodificada

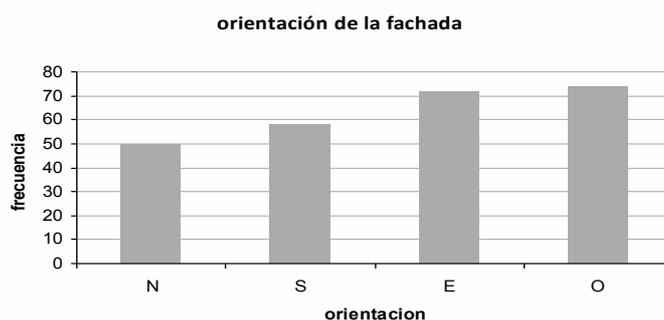


Figura 16 - Variable orientación de la fachada

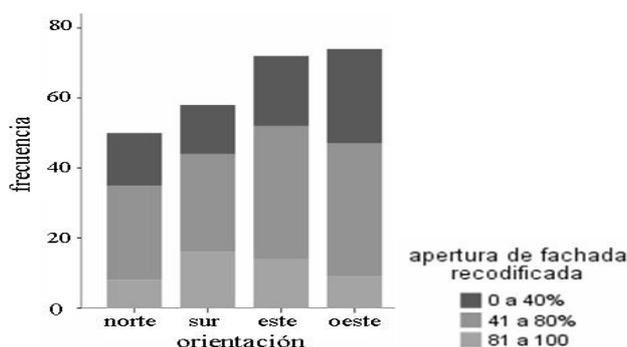


Figura 17 - Correlación de las variables orientación y porcentaje de apertura de fachada

Número de pisos del edificio

El 60% los edificios no residenciales analizados para este trabajo posee menos de 5 pisos (figura 18), a partir de la evolución histórica que ha experimentado la ciudad fundamentalmente restringida por el factor sísmico al pertenecer a una zona tectónica. Desde el punto de vista lumínico, esto beneficia la posibilidad de acceso al sol que tienen los edificios. No existe dependencia entre las variables porcentaje de apertura de FF y orientación de la FF (Figura 19), (chi cuadrado: 0.48022425, gl: 6, significación: 0.99807089, nivel de confianza del 95%).

Retiros laterales

Sobre el sector de estudio delimitado, se observa que el 88% de los edificios de la muestra no presentan retiros laterales. Esto implica una disminución de posibilidad de acceso al sol en relación a los edificios que si poseen retiros laterales.

Disposición de la planta del edificio

Se estableció que el 95% de los edificios no residenciales de más de tres pisos de la Ciudad de Mendoza presentan una disposición edilicia en bloque.

Disposición del eje mayor

El 75% de los edificios analizados tienen su eje mayor dispuesto de manera perpendicular a su FF. Esto implica que sus fachadas de dimensiones menores son la anterior y la posterior.

Del análisis de las tres últimas variables (disposición de la planta del edificio, disposición del eje mayor, retiros laterales) podemos considerar que para los casos estudiados en general no hay posibilidades de acceso a la radiación solar visible por las fachadas laterales, quedando restringido a la FF y posterior. Asimismo según los datos analizados en Cantón y De Rosa 2004, en la zona de alta densidad de la Ciudad de Mendoza, el 56% de los casos analizados en su estudio presentan un rango de 0-20% de superficie libre en el centro de manzana y la relación densidad edilicia-espacio abierto es inversamente proporcional es decir, a mayor densidad constructiva menor disponibilidad de espacio abierto (CANTÓN; DE ROSA, 2004).

CP

Tipo de CP

Los CP de uso más frecuente en los niveles superiores son: ventana (51%), ventana balcón (18%), muro vidriado (6%) y ventana modular

(24%). Siendo los CP de uso más frecuente en las fachadas de planta baja: ventana (18%), puerta ventana (40%) y vidriera (37%). El tipo de CP empleado depende de si pertenece a la fachada de la planta baja ó a la de los niveles superiores (Figura 20) (chi cuadrado: 585.9719011, gl: 5, significación: 0.0000000, nivel de confianza del 95%).

Tamaño del CP

Observamos una marcada dependencia entre el tipo de CP y el tamaño del mismo, advertimos que

la ventana presenta su mayor frecuencia (76%) en los intervalos “intermedio” y “grande”. Para la ventana balcón y la puerta ventana se observa una preponderancia (casi del 100%) dentro del intervalo “grande”, mientras que la ventana modular y la vidriera abarcan desde los 2m² hasta dimensiones superiores a los 4m². Por último vemos que el muro vidriado es claramente más frecuente (94%) dentro del rango “muy grande”, por encima de los 4m².

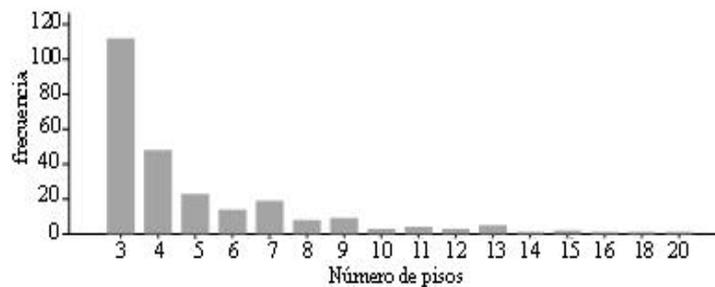


Figura 18 - Variable número de pisos del edificio

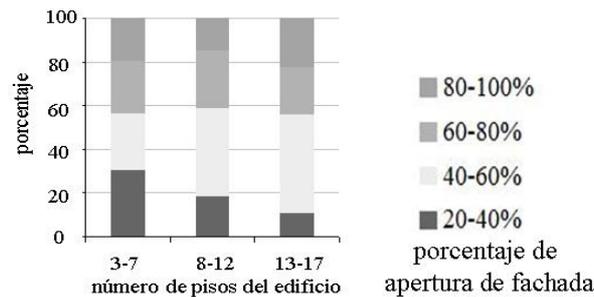


Figura 19 - Correlación de las variables número de pisos y porcentaje de apertura de fachada

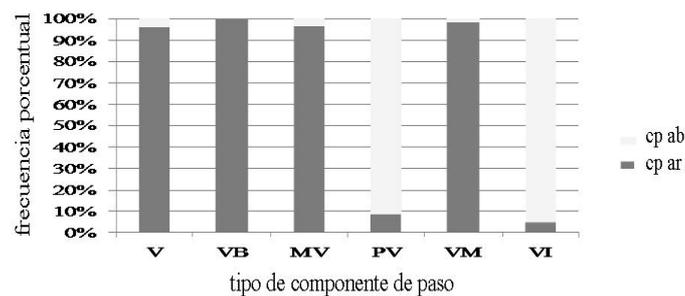


Figura 20 - Variable tipo de CP en niveles superiores y en planta baja

Leyenda:

- V: ventana;
- VB: ventana balcón;
- MV: muro vidriado;
- PV: puerta ventana;
- VM: ventana modular; y
- VI: vidriera.

Ubicación de los CP en los niveles superiores

Las ventanas mayoritariamente se encuentran ubicados en la zona más alta u intermedia de la pared, a un comportamiento similar, pero con mayor preponderancia en la zona intermedia, responden las ventanas modulares, mientras que la ventana balcón y el muro vidriado se ubican en la zona intermedia casi exclusivamente (Tabla 1). Nuevamente observamos que el uso de un CP esta determinado por la tipología misma del CP.

ECS

Tipo de SCS

Los SCS que se presentan con mayor periodicidad en las fachadas de la planta baja son los aleros (31%), las cortinas textiles interiores (11%), los tratamientos superficiales del vidriado (23%) y los ploters (12%). Mientras que en los niveles superiores son más frecuentes las cortinas textiles interiores (23%), venecianas horizontales interiores (8%) y los tratamientos superficiales del vidriado (23%). Estos SCS, exceptuando los tratamientos superficiales del vidriado, corresponden a lo que Baker denomina móviles, permiten ser abiertos o cerrados para controlar la vista al exterior y el ingreso de radiación. La interacción del usuario con la iluminación y con los sistemas de control de iluminación afecta significativamente los patrones de consumo de energía de los espacios (JAPEE; SCHILER, 1995).

Existe dependencia entre los ECS empleados y su ubicación en fachada (planta alta o niveles superiores) (chi cuadrado: 237.495678, gl: 12, significación: 5.5072E-44, nivel de confianza del 95%).

Movilidad de los SCS

En las fachadas de planta baja predominan ECS fijos (75%) mientras que en las fachadas de pisos superiores prevalecen ECS móviles (61%). Esto se vincula con la marcada presencia de vidrieras en la planta baja, las cuales no se bloquean en ningún momento por su función de exposición. Siendo esta situación distinta en los pisos superiores por la diferencia de funciones.

Disposición de los SCS

Los ECS se encuentra en un 60% dispuestos de modo individual, en un 27% de manera combinada y hay un 12% de las situaciones que presentan las

dos situaciones anteriores de manera conjunta en una misma fachada. Si comparamos la disposición de los ECS en los niveles superiores en relación a la planta baja, observamos que en las fachadas de planta baja un 70% de los ECS se disponen de manera individual, situación que se invierte para la disposición mixta y combina más frecuentes en las fachadas de los pisos superiores.

CP al cual se encuentra vinculado

El Cuadro 3 muestra la vinculación detectada entre los componentes de paso y los elementos de control solar que se asocian a los mismos. En gris se indican las asociaciones que se presentan con mayor frecuencia.

Interrelación de variables de distintos niveles

Porcentaje de apertura de FF

A continuación se analiza la relación que se detectó entre los porcentajes de apertura de FF, por un lado, con el tipo de CP en el nivel superior y, por otro lado, con el tipo de SCS:

(a) tipo de CP en nivel superior: los CP, ventana y ventana balcón, son más frecuentes dentro de los porcentajes de apertura de 0 a 80%, desplazándose esta preponderancia en el caso de la ventana modular al intervalo de 40 a 100% de apertura de fachada. Mientras que el muro vidriado es más frecuente en el intervalo de 81 a 100% de apertura de FF. Existe dependencia entre el tipo de CP empleado y el porcentaje de apertura de fachada (chi cuadrado: 123, gl: 9, significación: 0.00000, nivel de confianza del 95%); y

(b) tipo de SCS: la cortina textil interior, la cortina de madera de enrollar y la puerta veneciana son los ECS que se presentan con mayor frecuencia cuando los porcentajes de apertura de fachada no superan el 60%, los aleros extiende este porcentaje hasta un 80%, las cortinas de enrollar interior, los parasoles y las venecianas horizontales interiores tiende a presentarse en fachadas que presentan entre un 40 y un 80% de apertura. Siendo los tratamientos superficiales del vidriado más frecuentes cuando los porcentajes de apertura superan el 40 % y abarcan hasta el 100% de la fachada. El tipo de ECS empleado está relacionado con el porcentaje de apertura de fachada (chi cuadrado: 101.4, gl: 36, significación: 4E-08, nivel de confianza del 95%).

Tabla 1 - Contingencia para las variables tipo de CP y ubicación del CP

Ubicación	Tipo de CP			
	Ventana	Ventana balcón	Muro vidriado	Ventana modular
alto	191	0	0	42
medio	125	78	36	83
bajo	1	2	0	0

CP	ECS											
	PA	VVI	VHI	TSV	CTI	A	PO	T	CME	PV	CEI	PL
VI												
VM												
PV												
MV												
VB												
V												

Cuadro 3 - Vinculo entre las variables tipo de ECS sobre fachada y tipo de CP

Leyenda:

- PA: Parasol;
- VVI: veneciana horizontal interior;
- VHI: veneciana vertical interior;
- TSV: tratamientos superficiales del vidriado;
- CTI: cortina textil interior;
- A: alero;
- PO: postigo;
- T: toldo;
- CME: cortina de madera de enrollar;
- PV: puerta veneciana;
- CEI: cortina de enrollar interior; y
- PL: plotter.

Orientación de la FF

Para los niveles superiores se analizó la interrelación que se establece entre los ECS más empleados y la orientación de la FF, dado que es esta zona de la fachada que se encuentra más expuesta a la radiación solar, no hay relación de dependencia entre el tipo de elemento de control empleado en niveles superiores y la orientación de la FF (chi cuadrado: 33.02, gl: 30, significación: 0.322, nivel de confianza del 95%).

En relación a la disposición de SCS en nivel superior: las orientaciones norte y sur, las menos críticas en relación a la regulación de la radiación solar directa, presentan porcentajes más elevados de ECS dispuestos individualmente (N=73%, S=62%). Mientras que las orientaciones más críticas, este y oeste, por los bajos ángulos de radiación solar a los que están expuestos, presentan un aumento muy significativo en relación a la orientación norte y sur de ECS combinados o mixtos (oeste: 57%, este: 47%). La disposición del

ECS tiene relación con la orientación de la fachada (chi cuadrado: 31.8797528, gl: 6, significación: 1.7207E-05, nivel de confianza del 95%).

TA: tipo de ECS en nivel inferior

Existe independencia entre las variables tipología arbórea y ECS en planta baja, lo que indica que la tipología arbórea no determina que tipo de ECS se emplea en la planta baja de un edificio cuadrado (chi cuadrado: 20.24091001, gl: 10, significación: 0.027054684, nivel de confianza del 99%).

Conclusiones

Conclusiones particulares

Si bien está ampliamente divulgado en el ámbito de los proyectistas, que las decisiones en relación a las aberturas deberían contemplar los principios básicos de la iluminación natural, como son, la diferenciación en el tratamiento por orientación de la fachada o la adecuación a las condiciones

climáticas locales. Podemos concluir, a partir del análisis de los resultados planteados en este estudio, que el tipo y uso de las aberturas en la zona de mayor densidad de la Ciudad de Mendoza no han sido proyectados de acuerdo a estos principios y por lo tanto no propician un ahorro energético, sino más bien exigen el uso cada vez mayor de energía eléctrica para iluminación.

Puntualmente para este caso de estudio podemos destacar tres aspectos de fundamental importancia, en relación a los niveles de análisis urbano y edilicio. En primer lugar, que el acceso a la radiación solar visible a través de la fachada frontal (FF) de los edificios es de fundamental importancia para el caso de la Ciudad de Mendoza, ya que las superficies verticales laterales de los edificios no poseen en su gran mayoría acceso al sol. Situación que se plantea dado que el 75% de los edificios analizados tienen su eje mayor dispuesto perpendicular a su fachada, el 90% de los edificios analizados no presentan retiros laterales y el 95% de los edificios no residenciales de la ciudad de Mendoza presentan una disposición edilicia en bloque. A lo que se suma la escasa disponibilidad de radiación solar de la fachada posterior dada por los centros de manzanas reducidos. En segundo lugar, la falta de diferenciación de porcentaje de apertura de fachada por orientación es un aspecto relevante que nos indica que el estudio del comportamiento de todos los elementos de control solar se debe hacer para cada una de las orientaciones, determinando su comportamiento y adaptabilidad para cada uno de los escenarios. En tercer lugar, los datos muestran que para el conjunto de edificios analizado existe un predominio de edificios de entre 3 y 5 pisos (60%) y de diferencias de pisos entre edificios enfrentados de entre 0 a 3 pisos (más del 50%), lo que se evidencia como positivo con respecto al acceso a la radiación solar visible de las FF.

Del análisis de los resultados que arroja el estudio podemos concluir que, en lo que respecta a los componentes de paso (CP) del área analizada, existen tres factores primordiales que determinan su uso y configuración. En primer lugar advertimos que responden a la *distribución edilicia* (escala edilicia); a mayor apertura de fachada se emplean CP de mayores dimensiones; la pertenencia a la fachada de la planta baja ó a la de los niveles superiores es un aspecto que determina el empleo de los CP. Este último aspecto nos lleva al segundo factor determinante: la *función* que desempeña el espacio colindante a la fachada. Como último factor encontramos los aspectos particulares de cada *tipo de CP*, advertimos que el

tamaño y la ubicación respecto de la pared de un CP dependen del tipo de componente.

En relación a los elementos de control solar (ECS) concluimos que existen tres factores principales que determinan el empleo de uno u otro ECS para este caso de estudio. En primer lugar nuevamente advertimos el impacto de la *distribución edilicia*. Siendo para este aspecto el porcentaje de apertura de fachada una de las variables de importancia, como ejemplo significativo podemos tomar el caso de los muro cortina que se emplean en fachadas con elevados porcentajes de apertura y en la gran mayoría de los casos emplean tratamientos superficiales del vidriado. Asimismo podemos concluir que la pertenencia a la fachada de la planta baja ó a la de los niveles superiores es un aspecto de relevante importancia en el empleo de ECS. Observamos que para la planta baja a excepción de las cortinas se disponen sistemas de control solar fijos (no permiten su regulación) que no bloquean la abertura, atienden a la función de exhibición mencionada anteriormente. Mientras que para los niveles superiores los dispositivos de control solar de mayor uso sobre fachadas son las cortinas textiles interiores, la veneciana horizontal interior y los tratamientos superficiales del vidriado, dichos sistemas se denominan pantallas flexibles respondiendo a su capacidad de regulación. Los resultados del análisis exponen nuevamente la fuerte asociación con la función del espacio colindante. En segundo lugar vemos que el *tipo de CP* tiene una marcada influencia en cual va a ser el ECS empleado. Por último advertimos que el uso de los ECS depende también de las *características propias del sistema de control solar*. En relación a este último factor observamos que determinados sistemas de control solar aún permaneciendo cerrados tienen cierto grado de transparencia lo que da lugar a su uso individual, sin embargo la cortina de madera de enrollar y el parasol son elementos que carecen de transparencia y por lo tanto al permanecer abiertos o fijos requieren de otros elementos que brinden intimidad y permitan el paso de luz controlada.

Resulta de fundamental interés afirmar que para el caso de los ECS son de primordial importancia las variables urbanas. Respecto a esta última afirmación advertimos en primer lugar que en fachadas de planta baja un 70% de los ECS se disponen de manera individual, situación que se invierte para la disposición mixta y combina más frecuentes en las fachadas de los pisos superiores. Esta situación se debe a la presencia del arbolado público presente en los cañones urbanos que aporta sombra a la planta baja mientras que en los niveles superiores el grado de exposición a la radiación solar visible es mucho mayor y más dependiente

de la dinámica propia de la luz solar. En segundo lugar cabe resaltar que si bien, como se mencionó anteriormente, la presencia o no del arbolado público tiene peso en la manera de usar los ECS, en un análisis de mayor profundidad, entre las variables tipología arbórea y ECS en planta baja, se observa que la tipología arbórea no determina que tipo de ECS se emplea en la planta baja de un edificio. Por último observamos que si bien para los niveles superiores no hay dependencia entre el tipo de elemento de control empleado y la orientación de la fachada, si existe dependencia entre la orientación de la FF y la disposición del ECS en fachadas superiores. Distinguimos que para las orientaciones más críticas, (este-oeste), las disposiciones combinadas o mixtas son mucho más frecuentes que para las otras orientaciones. Esto revela la necesidad de diferenciar el tratamiento de la fachada según su orientación.

Conclusiones generales

A través del análisis de los datos podemos definir cuáles son las situaciones de iluminación sobre fachadas más características de la zona de mayor densidad de la ciudad de Mendoza; esto reduce el número de situaciones que se estudiaran mediante simulaciones de alta precisión. Esta metodología nos permite actuar evitando preconceptos sobre la realidad del caso de estudio. Por un lado nos permite observar que si bien hay variables que realmente sufren una reducción de las categorías que se deben analizar, hay otras en que se deben considerar la totalidad de las categorías debido a que en la realidad todas resultan relevantes. Por otro lado el análisis de interrelación de variables es una herramienta fundamental que nos posibilita un análisis integrado de las mismas, lo que permite detectar los casos de estudio realmente representativos, evitando la inclusión de situaciones que no son efectivamente típicas.

Asimismo resulta de fundamental resaltar la importancia del estudio previo exploratorio que, partiendo de una metodología previamente gestada, permite ajustar las variables y sus categorías a la situación que se encuentra bajo estudio.

A nivel general podemos afirmar que el análisis estadístico descriptivo resulta una herramienta fundamental para este tipo de investigaciones, aportando una visión muy completa y fundamentada de un diagnóstico morfológico y en particular de la posibilidad de acceso de la radiación solar visible del área de estudio. Este aporte metodológico, basado en el uso de un paquete estadístico, se muestra como un instrumento que permite acotar y ofrecer

representatividad a los casos de análisis que posteriormente se estudiaran mediante métodos empíricos y de simulación de alta precisión.

Bibliografía

- ARGENTINA. Poder Ejecutivo Nacional. **Iluminación y Color**. Decreto reglamentario 351 de la ley 19.587 de higiene y seguridad en el trabajo. Buenos Aires, 1979. cap. 12.
- BAKER, N. *et al.* **Daylight in Architecture**. London: James & James, 1993.
- BOYCE, P.; HUNTER, C.; OWEN, H. **The Benefits of Daylight through Windows**. New Cork: Lighting Research Center, Rensselaer Polytechnic Institute Troy, 2003.
- CANTÓN, M. A.; DE ROSA, C. Centros Libres de Manzana en el Área Metropolitana de Mendoza: análisis y diagnóstico de la condición del espacio abierto. **Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente**, v. 8, n. 5, p. 31-36, 2004.
- CANTÓN, M. A.; MARTINEZ, C. F. Sustentabilidad del Bosque Urbano en Zonas Áridas: análisis y diagnóstico de la condición de las arboledas en Mendoza – Argentina. In: PARJAP CONGRESO IBEROAMERICANO DE PARQUES Y JARDINES PÚBLICOS, 6., Póvoa de Lanoso, Portugal, 2009. **Proceedings...** Póvoa de Lanoso, Portugal, 2009.
- CHAUVEL, P.; DOGNIAUX, R. Glare From Windows: current views of the problem. **Lighting Research & Technology**, v. 14, n. 1, p. 31-46, 1982.
- CORREA, E. N.; MARTÍNEZ C. F.; CANTÓN M. A. Influencia Del Uso de Distintas Magnitudes Forestales sobre el Comportamiento Térmico de los Cañones Urbanos: el caso de la primera magnitud en ciudades de zonas áridas. **Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente**, v. 12, n. 1, p. 155-162, 2008.
- CÓRICA, L. **Comportamiento de la Luz Natural en Entornos Urbanos Representativos del Modelo Oasis en Regiones Áridas**: caso de estudio: ciudad de Mendoza. Tucumán, 2009. Tesis (Doctorado) – Departamento de Luminotecnia, Luz y Visión Herberto Büller, Universidad Nacional de Tucumán, Tucumán, 2009.
- GOOGLE EARTH®. V 6.2. 2012.

JAPEE S.; SCHILER M. A Method of Post Occupancy Glare Analysis For Building Energy Performance Analysis. In: AMERICAN SOLAR ENERGY CONFERENCE, Minneapolis, EUA, 1999. **Proceedings...** Minneapolis, EUA, 1999.

MICROSOFT IMAGE COMPOSITE EDITOR® V. 1.4.4. Microsoft Research, 2011.

SALGADO, P. **Prueba Chi-Cuadrado y Tablas De Contingencia**. Curso de Estadística, Centro Argentino de Información Científica y Tecnológica. Buenos Aires, 2011b. (Material producido por el profesor para el curso).

SALGADO, P. **Variables Concepto y Clasificación Según su Nivel de Medición**. Curso de Estadística, Curso de estadística, Centro Argentino de Información Científica y Tecnológica. Buenos Aires, 2011a. (Material producido por el profesor para el curso).

SANTAMOURIS, M. *et al.* **Energy and Climate in the Urban Built Environment**. London: James & James, 2001.

VILLALBA, A. *et al.* Filtros de Control Solar Sobre Superficies Vidriadas: evaluación lumínica mediante métricas dinámicas y preferencia de usuarios. **Energías Renovables y Medio Ambiente**, v. 28, n. 1, p. 27-36, 2011.

WEBB A. R. Considerations for Lighting in the Built Environment: non-visual effects of light. **Energy and Buildings**, v. 38, n. 7, p. 721-727, 2006.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Licenciada Ángela Magdalena Diblasis por su colaboración.

Este trabajo fue financiado con los proyectos:

- PICTO ENARGAS 2009-0133: Desarrollo y Estudio de Comportamiento Energético de Precisión de Carpinterías Exteriores y Elementos de Control Solar de Bajo Costo. FONCYT, Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, Argentina; y

- PIP 0133 CONICET: Barreras que Obstaculizan el Uso De Iluminación Natural en el Hábitat Construido. Identificación y Propuestas de Superación en Climas Soleados.

Revista Ambiente Construído

Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
Av. Osvaldo Aranha, 99 - 3º andar, Centro
Porto Alegre - RS - Brasil
CEP 90035-190
Telefone: +55 (51) 3308-4084
Fax: +55 (51) 3308-4054
www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido
E-mail: ambienteconstruido@ufrgs.br