

DIAGNÓSTICO DE LAS CONDICIONES DE ILUMINACIÓN NOCTURNA EN LOS RECINTOS URBANOS ARBOLADOS A PARTIR DE LA MODIFICACIÓN DEL SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO. El caso de Mendoza en la estación invernal.

M. Endrizzi¹, C. F. Martínez¹, L. Córca², M. A. Cantón³, A. Pattini³

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 – CRICYT C.C.131 C.P. 5500 – Mendoza
Tel. 261-4288797 – Fax 261-4287370 e-mail: mendrizzi@lab.cricyt.edu.ar - cmartinez@lab.cricyt.edu.ar

RESÚMEN: El trabajo presenta un diagnóstico de las condiciones de iluminación artificial de la ciudad de Mendoza, caracterizada por la fuerte presencia del verde urbano. A tal fin, se seleccionaron escenarios representativos de los diferentes sistemas de alumbrado encuadrados en el plan de reconversión elaborados por el municipio, asociados a la especie más frecuente en el medio urbano -“moreras”-. Metodológicamente se desarrollaron mediciones -en la estación fría- de iluminancia horizontal y semicilíndrica, en veredas y calzadas, siguiendo una grilla orientada según ejes longitudinales y transversales al canal vial. Los resultados obtenidos demuestran la baja eficiencia del sistema tradicional en términos de cantidad de luz (iluminancia horizontal media en calzada: 4lux e iluminancia semicilíndrica media en veredas: 1lux). Mientras que, en torno a los distintos escenarios evaluados, la reconversión de luminarias sin modificación de altura de poste, arroja valores ajustados a normas. No obstante, dichos resultados deberán convalidarse para la condición de verano, es decir en la situación de arbolado pleno de follaje, y para el conjunto de especies representativas del medio urbano en estudio.

Palabras claves: alumbrado público, arbolado urbano.

INTRODUCCIÓN

En el área metropolitana de Mendoza Argentina, el municipio -ente encargado de ordenar y regular el desarrollo urbano de la ciudad capital- ha elaborado un plan de reestructuración del sistema de alumbrado público como consecuencia del progresivo empobrecimiento de las condiciones lumínicas en las calles, que no sólo limita el confort visual en las circulaciones vehiculares y peatonales sino también se presume favorece la inseguridad urbana y por tanto el aumento de los índices de delito.

Este empobrecimiento de las condiciones de confort visual se debe a un conjunto de factores relacionados con el sistema de alumbrado en sí mismo y en el caso particular de esta ciudad, a que el sistema convive con frondosas arboledas cuyo desarrollo en el tiempo ha generado verdaderos túneles verdes, dando las características de un auténtico bosque dentro de la ciudad. Las cualidades estéticas del arbolado como elemento de costura de la diversidad edilicia y, sus beneficios energético-ambientales (Mc Pherson, 1998) debido al carácter desértico del paraje natural en el que se emplaza la ciudad, son reconocidos y valorados a nivel local e internacional como únicos y han merecido la calificación de la ciudad como “ciudad oasis”.

El panorama descrito en torno al rol urbano que cumple tanto el servicio de alumbrado como la presencia de verde, requiere de políticas mancomunadas que atiendan la problemática en su conjunto sustentada en la optimización de los beneficios que ofrecen ambos sistemas.

Sobre la base de esta consideración el trabajo describe el plan de reconversión del sistema de alumbrado, la situación del arbolado urbano y el marco normativo que regula las condiciones lumínicas en los canales viales. Finalmente, evalúa en forma comparativa -mediante un estudio de casos- la disponibilidad del recurso lumínico artificial condicionado por la masa forestal para las diferentes situaciones presentes en el marco del plan de reconversión del alumbrado público.

Plan de reconversión del alumbrado

Como la mayoría de las ciudades del mundo, Mendoza alberga un sistema de alumbrado público tradicional (Fig. 1a), compuesto por luminarias montadas en postes metálicos con pescantes simples generalmente dispuestos a la derecha del sentido del tránsito, que responden a la norma IRAM-AADL J 2022-2. Los elementos de iluminación están posicionados unilateralmente sobre las veredas de los cañones urbanos, a intervalos regulares de 30m aproximadamente, en número de cuatro por cuadra. La conexión entre los postes se concreta a través de una red aérea de cableado. La altura de los mismos es de 8m, sus brazos o pescantes tienen 3,50m de longitud extendidos sobre la calzada y las luminarias presentan lámparas de vapor de mercurio de 250 y 400W de potencia. El funcionamiento del sistema de alumbrado nocturno registra un promedio anual de 4.000 horas de encendido, con variaciones estacionales; en los meses de invierno, la duración del encendido es

¹ Becario ANPCyT – ² Becaria CONICET – ³ Investigadora Adjunta

mayor que en el período estival. A fines de la década del 90, a raíz de las encuestas que realizó el municipio para evaluar la calidad de los servicios, se detectó la disconformidad de los usuarios y la necesidad de replantear el sistema de alumbrado existente en la ciudad. Las razones se fundamentaron en las deficientes condiciones de confort visual, la inseguridad urbana, y la necesidad de mejorar la iluminación en los sectores más transitados por los medios de transporte.

La presencia del arbolado urbano es uno de los principales factores que contribuye a generar estas circunstancias desfavorables. Por tanto uno de los objetivos del plan de reconversión plantea lograr una convivencia armónica que permita optimizar ambos sistemas.

La reconversión elaborada por el municipio contempla dos tipos de intervenciones. (Fig. 1b):

1. Bajada de brazos o pescantes con la luminaria existente, a nuevas alturas de entre 5,5 y 6m.
2. Reconversión de lámparas de vapor de Hg de 400W por lámparas de vapor de Na de 150W de potencia.

La planificación del recambio se estructuró en 7 etapas relacionadas con distintos sectores de la ciudad, con un alcance de intervención de 10.000 luminarias (Fig. 2) Hasta el momento se han ejecutado cinco etapas, donde el 40% bajado y de este porcentaje el 30% fue reconvertido. Las dos etapas restantes se ejecutarán en el transcurso del año 2005.



Fig. 1a: Aluminado tradicional



Fig. 1b: Bajada y Reconversión

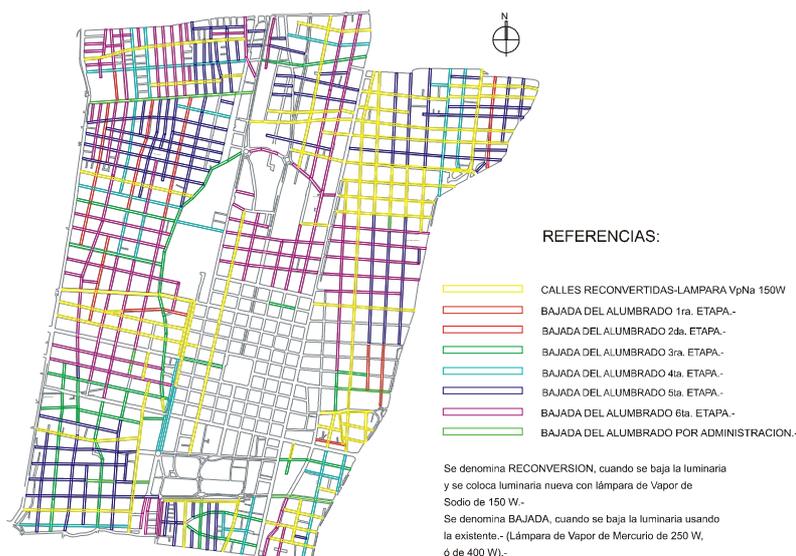


Fig. 2: Plano de reconversión del alumbrado público

Arbolado urbano

La fuerte presencia de verde en la trama urbana (48.000 ejemplares) define una “isla” artificial en el contexto semidesértico de la región. Esta situación es el resultado de una ciudad planificada en el siglo XIX en torno a la estructuración de una red de riego y de especies arbóreas que flanquean los límites de las manzanas urbanas, plantadas a intervalos regulares con criterios de homogeneidad de especies por cuadra. Los ejemplares, del tipo caduco, responden en su gran mayoría a un conjunto de siete especies, siendo las más representativas las “*moreras*” (*Morus sp.*) 38,27%; los “*plátanos*” (*Platanus acerifolia*) 21,52%; y “*fresnos europeos*” (*Fraxinus excelsior*) 19,36%. (Cantón, 2003)

El crecimiento de los ejemplares a lo largo del desarrollo histórico de la ciudad ha sido del tipo espontáneo, limitados por la condición urbana y subordinados a tareas de poda derivadas, entre otros factores, de la necesidad de compatibilizar la presencia del arbolado con la edificación y la red de infraestructura aérea de servicios. El ritmo sostenido de crecimiento de la ciudad ha potenciado las condicionantes del entorno mediato cuyo impacto en el verde se traduce en ejemplares débiles, desequilibrados y envejecidos. Si bien los entes públicos han encarado diversas propuestas para su recuperación, es necesario diseñar criterios de convivencia compatibles con la condición urbana actual.

Marco normativo

La norma vigente en el orden nacional define en términos de cantidad valores de referencia de iluminancia o luminancia a alcanzar en torno al tipo de circulación vehicular; y en términos de calidad, condiciones de uniformidad a lo largo de la calzada. Para el presente trabajo se han considerado las siguientes normas:

1. Norma IRAM-AADL² J 2022-2 (1995) “Aluminado Público. Vías de Tránsito. Clasificación y niveles de iluminación”. Esta norma aporta los valores de referencia en cuanto a vías de tráfico motorizado.

Dado que las normas nacionales de alumbrado público se refieren solamente a las vías de tráfico motorizado, no haciendo observaciones acerca del tránsito peatonal, se tomarán las siguientes recomendaciones como valores de referencia en cuanto a las vías de tráfico peatonal o veredas:

2. Publicación CIE 115-1995 “Recomendaciones para el alumbrado de calzadas de tráfico motorizado y peatonal”.

² Instituto Racionalizador Argentino de Materiales y Asociación Argentina de Luminotecnia.

METODOLOGIA

Escenarios morfológicos

Para el presente análisis se consideraron cuatro escenarios que actualmente conviven en la ciudad de Mendoza. Los mismos responden a canales viales que se enmarcan en el contexto de la trama urbana de baja densidad, con arbolado de alineación conformado por ejemplares adultos de la especie “morera” (*Morus sp.*) Todos ellos presentan configuraciones urbano-edilicias similares en cuanto a anchos de calles (8-10m), anchos de veredas (5-6m), altura de la edificación (3-6m) y línea de edificación coincidente con la línea municipal. Dichos escenarios son:

- Escenario 1: luminarias a la altura estándar de 8 metros, con lámparas de vapor de mercurio (Fig. 3a).
- Escenario 2: luminarias a la altura estándar de 8 metros, reconvertidas a lámparas de vapor de sodio (Fig. 3b).
- Escenario 3: luminarias bajadas a 6 metros, con lámparas de vapor de mercurio (Fig. 3c).
- Escenario 4: luminarias bajadas a 6 metros, reconvertidas a lámparas de vapor de sodio (Fig. 3d).

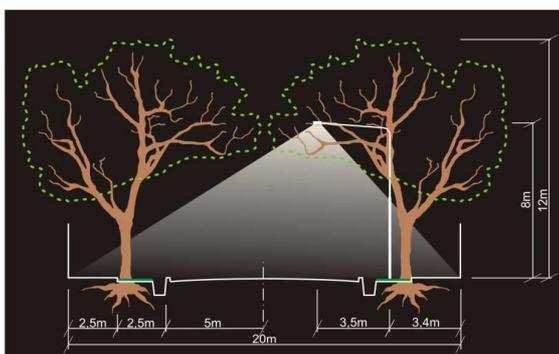


Fig. 3a: Escenario 1: Luminaria Base

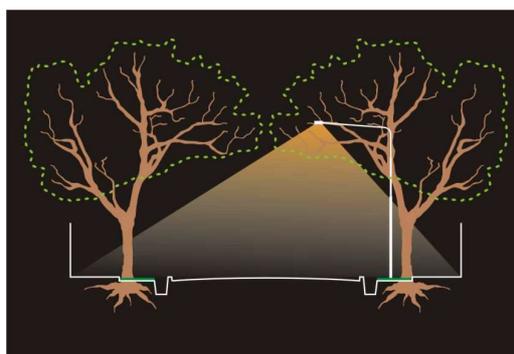


Fig. 3b: Escenario 2: Luminaria Base Reconvertida

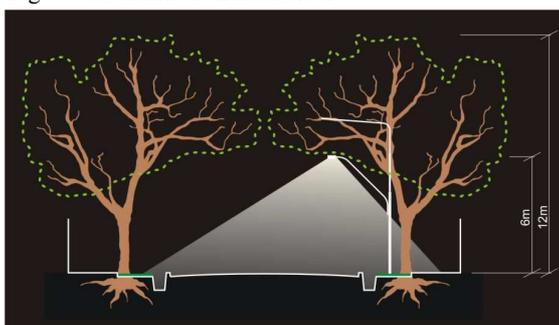


Fig. 3c: Escenario 3: Luminaria Bajada

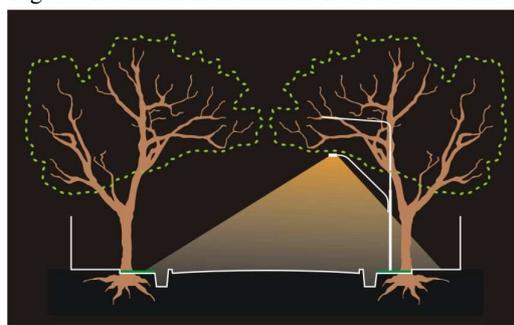


Fig. 3d: Escenario 4: Luminaria Bajada Reconvertida

Respecto a las especies arbóreas, la elección del tipo “morera” responde a su representatividad en la trama y a que sus características morfológicas, en cuanto a la relación tronco-copa y volumen de ramaje, genera obstrucciones importantes respecto a la disponibilidad del recurso lumínico artificial en calzadas y veredas. En todos los casos, se trata de ejemplares adultos (0,40 a 0,50m de diámetro de tronco y altura total entre 10 y 12m) que conforman pantallas verdes, en estado de desarrollo bueno o regular, con anchos de copas alrededor de los 10m, plantados a intervalos que tienden a la regularidad (entre 6 y 10m de separación). No obstante existen particularidades propias a cada caso, cuya descripción se presenta asociada a los resultados del trabajo.

Sobre los escenarios seleccionados se realizó un relevamiento de las características físicas de las distintas variables involucradas y se cuantificó el recurso lumínico artificial de modo de calificar y cuantificar los perfiles urbanos elegidos.

Método de medición.

El método utilizado consiste en el desarrollo de mediciones de iluminancia horizontal (E_h) e iluminancia vertical (E_v) sobre una grilla de 155 puntos configurada en torno a cinco ejes en el sentido longitudinal del canal vial. Cada uno de éstos está separado del contiguo cada 4m. Tres ejes corresponden a la calzada y dos a las veredas. Perpendiculares a éstos y a partir de las luminarias, se trazaron ejes transversales posicionados cada 3m (Fig. 4). La construcción de la grilla tomó como base la norma IRAM-AADL J 2022-2 y, atendiendo a la presencia del arbolado cuya influencia no es regular a lo largo del canal vial, la misma se extendió al total de la calzada y a las veredas (Kirschbaum, 2000).

La toma de datos se desarrolló en la estación de invierno en condiciones de cielo cubierto o despejado sin luna. Las mediciones de E_h se hicieron a nivel de piso, y las de E_v a 1,50m. En este caso, se realizaron cada 45° de rotación en un ángulo de giro de 360° a los efectos de calcular la iluminancia semicilíndrica (E_{sc}) en veredas.

A tal fin se utilizó un luxímetro LI-COR 189 con sensor fotométrico LI-210 y base niveladora 2003S; y un luxímetro YU FONG YF-170, ambos con corrección de coseno. (Fig. 5)

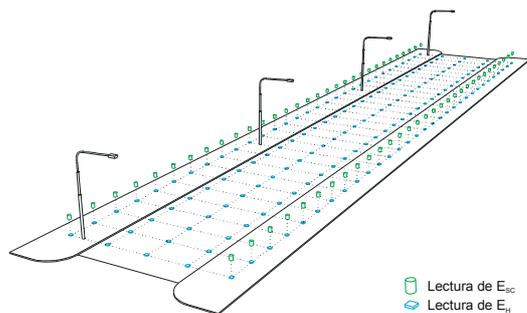


Fig. 4: Grilla de medición



Fig. 5: Equipamiento utilizado

RESULTADOS

Los resultados obtenidos del desarrollo de las mediciones han sido evaluados en términos de cantidad y calidad mediante los siguientes criterios de análisis:

En relación a la cantidad, se comparan en calzada, los valores de $E_h med$ medidos y recomendados por norma. Respecto a la norma IRAM-AADL J 2022-2 (1995), se han adoptado los valores correspondientes a la vía clase F: “calles residenciales con presencia de peatones y tránsito vehicular lento” ($E_h med$: 10 lux).

En vereda se analizan los valores medidos respecto a la $E_{sc min}$ recomendada por la CIE 115-1995, correspondiente a la clase P4: “zona residencial de media utilización” ($E_{sc min}$: 2 lux).

Por último, la calidad se evalúa en torno a la uniformidad de los valores medidos en calzada, mediante los coeficientes $G1$ ($E_h min / E_h med$) y $G2$ ($E_h min / E_h max$).

A partir de las recomendaciones de $E_h med$ y de uniformidad ($G1$ y $G2$), se calculó el rango entre $E_h min$ y $E_h max$ dentro del cual deben ubicarse los valores medidos a fin de cumplir con la norma.

Las clasificaciones utilizadas (F para calzada y P4 para vereda), corresponden a los casos de mínima exigencia de iluminación previstos por las normas consultadas.

Iluminación en calzadas

Escenario 1: Los datos obtenidos correspondientes a $E_h med$ alcanzaron valores del orden de los 4lux. (Tabla 1) Si se tiene en cuenta que la norma recomienda 10lux, la $E_h med$ medida representa sólo el 40% de ésta. De los valores medidos el 15% se encuentra por debajo de la $E_h min$, es decir fuera del rango medio. El 85% restante se posiciona dentro del rango medio, pero comprendido entre 2,5 y 7,5lux, es decir sin alcanzar la media recomendada. Por tanto las condiciones de iluminación en términos de cantidad resultan insuficientes, justificando el accionar municipal en cuanto a la elaboración de propuestas de mejora del sistema. En términos de uniformidad, los valores de $G1$ y $G2$ medidos (0,306 y 0,190 respectivamente) son mayores a lo estipulado por norma. Es decir que el escenario tradicional – punto de partida del análisis – reúne sólo condiciones de uniformidad.

Escenario 2: La reconversión de lámparas eleva la $E_h med$ superando a la norma en un 40% ya que la media registrada en este caso es de 14lux. En este caso el 22% de los valores supera el límite de $E_h max$, mejorando las condiciones de iluminación principalmente en el centro de la calzada y bajo las luminarias. Esta mejora puede deberse al menor índice de depreciación del sistema, en comparación con las luminarias y lámparas del Escenario 1.

El coeficiente $G1$ calculado es de 0,344 mientras que la norma establece un valor de 0,250. Del mismo modo, el coeficiente $G2$ (0,163) supera a la norma (0,125). Por tanto las condiciones de uniformidad se ajustan a la recomendación.

Escenario 3: La bajada de brazos de las luminarias, manteniendo el mismo artefacto del escenario 1 (Fig. 3c), registra valores de $E_h med$ del orden de los 7lux, representando un 70% de la norma. El 14% de los puntos medidos se ubica por debajo de la $E_h min$. El 82% de los datos se encuentra dentro del rango medio, sin embargo, éstos no cumplen con la media requerida. Por otro lado existe un 4% de datos por encima del valor máximo estipulado, debido al acercamiento de las luminarias al plano de la calzada. Es decir que, si bien existe una mejora en cuanto a la cantidad de luz respecto del Escenario 1, los valores en su mayoría no alcanzan el requerimiento establecido por norma.

En cuanto a la uniformidad del sistema, al reducir la altura de instalación los valores en términos de $G1$ y $G2$ son muy inferiores a la norma (0,192 y 0,043 en relación a lo estipulado de 0,250 y 0,125 respectivamente). Esta modificación en la altura de instalación de luminarias con lámparas de vapor de mercurio, sólo aporta un leve aumento en la cantidad de luz, sin llegar a los valores requeridos, y pierde las condiciones de uniformidad en comparación con el Escenario 1.

Los resultados obtenidos muestran que bajar las luminarias por debajo de la altura mínima prevista para su óptimo funcionamiento no aporta beneficios significativos al sistema.

Escenario 4: El resultado de las mediciones realizadas en este escenario, con bajada de luminarias y reconversión de lámparas de vapor de mercurio por lámparas de vapor de sodio, muestra que la $E_h med$ medida supera a la norma en un porcentaje del 110%, dado que los valores ascienden de 10 a 21lux. De los datos obtenidos, el 63% se encuentra comprendido en el rango medio, mientras que el restante 37% supera el valor de $E_h max$, especialmente en los puntos cercanos a las luminarias. En términos de uniformidad el coeficiente $G1$ se acerca a la norma, es decir los valores mínimos se aproximan a la media, en cambio el $G2$ se aleja de la misma, reflejando valores máximos muy elevados. Las diferencias con el Escenario 3 se traducen en mayor cantidad de luz y menor homogeneidad.

	Escenario 1	%	Escenario 2	%	Escenario 3	%	Escenario 4	%
E_h med IRAM-AADL (lux)	10	100%	10	100%	10	100%	10	100%
E_h med medida (lux)	4	40%	14	+40%	7	70%	21	+110%
G1 IRAM-AADL	0.250							
G1 medido	0.306		0.344		0.192		0.227	
G2 IRAM-AADL	0.125							
G2 medido	0.190		0.163		0.043		0.060	

Tabla 1: Resultados de las mediciones de iluminancia y cálculos de uniformidad en calzada.

Iluminación en veredas

Escenario 1: Los valores medidos de E_{sc} para ambas veredas se posicionan por debajo de lo recomendado por la CIE (E_{sc}^{min} : 2lux) (Fig. 5a y 5b). Esto se debe por un lado, al actual estado del sistema (depreciación de lámparas y de luminarias por falta de mantenimiento) y a la interferencia del ramaje debido a la superposición del volumen de las copas de los árboles sobre el sistema de alumbrado.

Sólo el 3% de los datos alcanza valores comprendidos entre 2,3 y 2,5lux para cada vereda, esto se corresponde con los puntos extremos del canal vial debido al aporte de iluminancia que se produce en la intersección de calles.

Si bien la recomendación no estipula condiciones de uniformidad en veredas, se observa que las curvas se desarrollan en forma homogénea, aunque no cumple con el requerimiento de cantidad mínimo. La E_{sc}^{med} oscila alrededor de 1lux, siendo el comportamiento de los valores similar en ambas veredas. (Fig. 6a y 6b).

Escenario 2: Las condiciones de iluminación para veredas mejoran sustancialmente respecto al Escenario 1. Para la vereda que contiene a las luminarias, el 94% de los valores medidos supera la norma, alcanzando una E_{sc}^{med} de 3,4lux con máximos de 5,2lux. Para la vereda opuesta a las luminarias el 71% de los datos está por encima de la norma, registrando una E_{sc}^{med} de 2,3lux con picos de 3,7lux.

En términos de calidad, se observan comportamientos diferentes en relación a la ubicación de las luminarias, con mayor contraste lumínico para la vereda que contiene a las mismas. Ésta vereda presenta valores por encima de la norma con picos elevados (5lux), mientras que la vereda opuesta se comporta en forma más homogénea.

Escenario 3: Las mediciones efectuadas muestran comportamientos distintos de la iluminación en cada vereda, con valores de E_{sc}^{med} de 1,8lux para la vereda con luminarias y 2,4lux para la opuesta. En la primera, sólo el 55% alcanza la cantidad recomendada, generando picos de luz coincidentes con puntos cercanos a las luminarias. La vereda opuesta registra un porcentaje del 29% de los valores por encima de la recomendación, mostrando a su vez un comportamiento más homogéneo.

Escenario 4: Los valores de E_{sc} medidos se posicionan en su mayoría, para las dos veredas, por encima de los 2lux recomendados. Siendo la E_{sc} media de 5,8lux para la vereda que contiene a las luminarias y de 3,8lux para la vereda opuesta a las luminarias. La vereda donde se ubican las luminarias presenta el 77% de sus valores por encima de lo requerido, observándose valores muy elevados, con máximos de 14lux, y valores muy bajos que no alcanzan la norma (23% de los puntos medidos). Estos valores mínimos, se deben a una mayor densidad de árboles derivada de menores distancias de plantación -3 metros- que provocan zonas de oscuridad en el cañón urbano. La percepción visual en esta vereda es de poca uniformidad, con notables superficies de sombra arrojada por los troncos de los árboles.

La vereda opuesta a las luminarias se comporta en forma más homogénea respecto a la vereda con luminarias, con el 97% de los valores por encima de la mínima recomendada.

Por último en los Escenarios 3 y 4 la cantidad de luz no esta condicionada por las copas, dado que se posicionan por encima de las luminarias. Sin embargo, la uniformidad se ve afectada por las siguientes razones: la presencia del ramaje y los fustes de los árboles generan bloqueos sobre el cono de iluminación, produciendo superficies de sombra y a que el sistema de iluminación está diseñado para funcionar a mayor altura, descrito previamente.

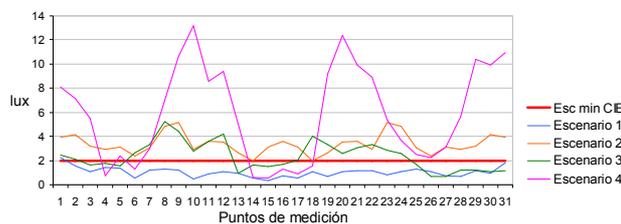


Fig. 5a: Ejes longitudinales de E_{sc} (vereda luminarias)

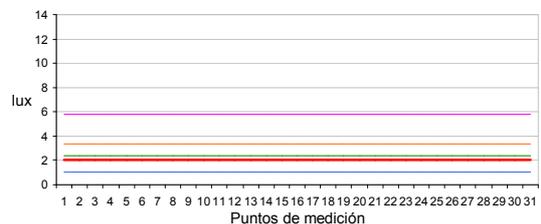


Fig. 6a: $E_{sc}^{med} - E_{sc}^{min}$ CIE (vereda luminarias)

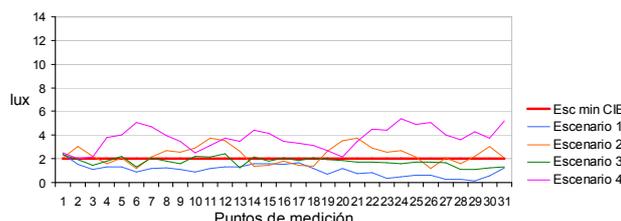


Fig. 5b: Ejes longitudinales de E_{sc} (vereda opuesta)

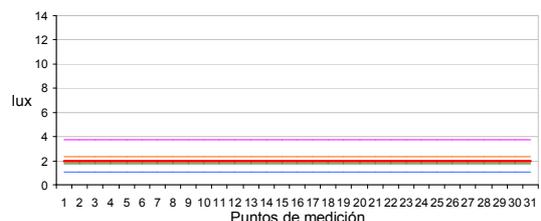


Fig. 6b: $E_{sc}^{med} - E_{sc}^{min}$ CIE (vereda opuesta)

CONCLUSIONES

El programa de modificación del sistema de alumbrado público de la ciudad de Mendoza resulta de la necesidad de optimizar las condiciones de iluminación, fundamentalmente en veredas.

Esas modificaciones se pueden encauzar por medio de dos tipos de intervenciones: bajada de luminarias y reconversión de lámparas. La primera (Escenario 3) tiene como objetivo extender el baño de luz a las veredas o vías peatonales con un mínimo costo, sin efectuar el recambio de lámparas. Los resultados arrojados de las mediciones en esta situación, reflejan una mayor cantidad de luz en calzadas y en veredas. Sin embargo dichos valores no alcanzan a cumplir con lo recomendado por norma. Por otro lado, el hecho de bajar las luminarias produce un impacto negativo en las condiciones de uniformidad requeridos para iluminación de recintos urbanos.

Respecto a la reconversión, el objetivo del cambio de lámparas de vapor de mercurio por lámparas de vapor de sodio, apunta a controlar el impacto energético-ambiental, debido al mayor rendimiento de las nuevas lámparas y al consiguiente ahorro energético previsto (las lámparas vapor de sodio son aproximadamente un 70% más eficientes que las de vapor de mercurio). En términos de resultados, la sola reconversión sin bajada del artefacto (Escenario 2), ha significado una mejora en cuanto a cantidad y calidad que coloca al sistema en norma. No obstante dichos resultados son parciales y deberá evaluarse en la condición de verano, cuando los árboles estén en su máxima expresión vegetativa, de modo de verificar cuantitativamente esta hipótesis.

Para la situación de luminarias bajadas con reconversión, se aprecia que la cantidad de luz supera los valores recomendados por norma, tanto para calzada como para veredas, y se pierden las condiciones de uniformidad dado que el sistema, aparentemente, está preparado para funcionar a alturas superiores a siete metros. Por otro lado se observa que utilizar la misma fuente luminosa para iluminar calzada y vereda presenta dificultades. O bien se mejora el diseño del artefacto o se utilizan dos elementos específicos para cada situación.

Dado que el estudio realizado abarca consideraciones referidas a dos sistemas de distinta naturaleza, como lo es el arbolado urbano, de características eminentemente dinámicas y el alumbrado público como sistema artificial y estático, es necesario dar continuidad al estudio a lo largo de un ciclo anual y para el conjunto de especies forestales más frecuentes en el medio urbano. De esta manera se podrán transferir los resultados al municipio, de modo de encauzar las medidas, y permitir elaborar pautas flexibles, capaces de responder a la variabilidad del medio urbano evitando acciones generalistas.

BIBLIOGRAFÍA

- McPherson, E.G. (1988) "Functions of Buffer Plantings in Urban Environments. Agriculture, Ecosystems and Environment" 22/23, pp. 281-298.
- Cantón, A., de Rosa, C. y Kasperidus, H. (2003). "Sustentabilidad del bosque urbano en el área metropolitana de la ciudad de Mendoza. Análisis y diagnóstico de la condición de las arboledas" Revista AVERMA. Vol. 7, N°1. pp 01.29-01.34
- Cabello, A., Kantarovsky, A., Kirschbaum, C., "Influencia del arbolado en el alumbrado público de San Miguel de Tucumán". Revista Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 13, pp. 9-14.
- Caminada, J.F. y van Bommel, W.J.M. (1984). "New lighting criteria for residential areas". Journal of IES, pp. 350-358.
- Deco F., Gómez A. y Manzano E. (2004). "Eficiencia del alumbrado y su relación con el arbolado en la ciudad de Rosario". Revista Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 14, 53-59.
- Publicación CIE 115-1995 (1995). "Recommendations for the lighting of roads for motor and pedestrian traffic"
- Norma IRAM AADL J 2022-2 (1995). "Alumbrado Público. Vías de tránsito. Clasificación y niveles de iluminación"
- Kirschbaum, C. (2000) "Apuntes del Cursillo en Gestión de Alumbrado Público". Departamento de Luminotecnia, Luz y Visión. Universidad Nacional de Tucumán. pp. 17-36.
- CIE: Comisión Internacional de la Iluminación (Commission Internationale de l'Eclairage)

AGRADECIMIENTOS:

Los autores agradecen la información suministrada a: Ingenieros A. Nieto y A. Guzmán de la Dirección de Obras Eléctricas de la Municipalidad de la Ciudad de Mendoza; Ing. Miranda de Strand S.A.; Ing. Agr. Laura Cinta de la Dirección de Recursos Naturales Renovables, Ministerio de Ambiente y Obras Públicas, Gobierno de Mendoza.

ABSTRACT: The paper presents a diagnosis of the conditions of artificial lighting for the city of Mendoza, which is characterized by a strong presence of urban forest. On such aim, representative scenes of the different lighting systems fitted in the plan of reconversion elaborated by the municipality were selected, associated to the most frequent species in the city –"mulberry tree" (*Morus sp.*). Measurements of horizontal and semicylindrical illuminance, on winter, were taken methodologically following a grid, oriented according to longitudinal and cross-sectional axes along the road channel. The obtained results demonstrate the low efficiency of the traditional system in terms of amount of light (horizontal illuminance average in road: 4lux and semicylindrical illuminance average in paths: 1lux). Whereas, on the different evaluated scenes, the reconversion of luminaires without modification on the height of poles yield values fit to norms. Despite, these results will have to be confirmed for the summer condition, it is to say in the situation of trees in full leaf, and for all the representative species of urban space in study.

KEY WORDS: public lighting system, urban forest.