

Resumen:

Se efectúa un relevamiento de los sistemas de alumbrado público y privado en la localidad rural "El Puestito", situada a 75 Km al Norte de la ciudad de San Miguel de Tucumán, Argentina, con el objeto de analizar su eficiencia en términos de optimización energética, satisfacción de los requerimientos visuales de los pobladores y calidad ambiental.

Se pretende estimar la contribución de la iluminación artificial al resplandor luminoso nocturno y sus efectos en el ciclo biológico de la fauna y flora del lugar.

En función del tipo y distribución de las luminarias relevadas y del uso del espacio exterior por parte de pobladores y visitantes se establecen recomendaciones prácticas respecto de la cantidad y tipo de luminarias adecuadas para la iluminación del poblado, necesarias para cubrir las necesidades de orientación, circulación y ambientación con criterios de máxima eficiencia energética y mínima emisión de luz hacia el cielo nocturno.

Introducción

El alumbrado público en áreas rurales facilita no sólo el desplazamiento de vehículos (motopropulsados y/o a tracción a sangre) y peatones, sino también sirve como orientación al proveer de hitos referenciales locales, brindando además seguridad personal en el desplazamiento. En el caso de vehículos la detección de obstáculos es primordial. Cumple además una importante función social en relación a la sensación de progreso de los habitantes, mejor

El Alumbrado Público y la polución lumínica en un poblado rural

Autores:

Cabello, A.J. y Kirschbaum, C.F.
Departamento de Luminotecnia, Luz y Visión
Universidad Nacional de Tucumán.

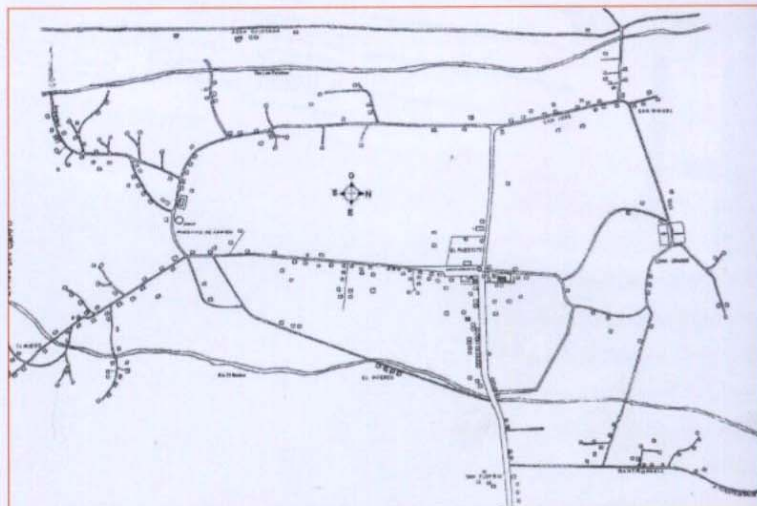


FIGURA 1. Plano general de la comuna

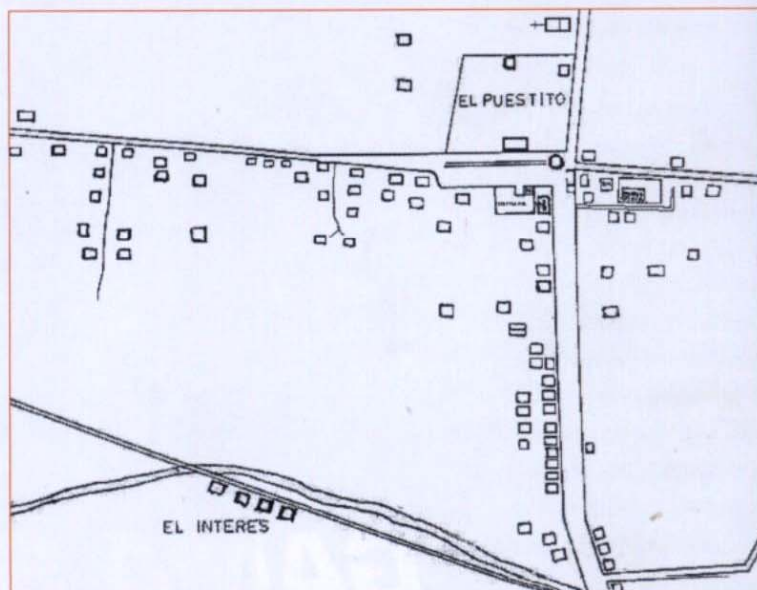


FIGURA 2.- Núcleo principal

aparición visual de la zona, de edificios, vegetación, etc. También influye en el ciclo biológico de especies autóctonas de insectos, animales y vegetación.

Este trabajo describe un estudio realizado en el marco de un Proyecto de Investigación PICTO n°870/2004 "Tecnologías para el hábitat, el aprovechamiento energético y el

desarrollo productivo en áreas rurales de Tucumán". El proyecto tiene como objetivo la modernización tecnológica de unidades productivas familiares rurales en la provincia de Tucumán. Los destinatarios de estos estudios son pobladores propietarios de la tierra donde habitan y trabajan. Una característica del medio rural tucumano es la existencia de un considerable número de

familias radicadas en parcelas entre 0,5 hasta 50 hectáreas, dedicadas a la explotación agrícola. Estos pobladores intervienen en forma directa en la producción aportando el trabajo físico y la gestión productiva, no contratan mano de obra permanente; cuentan con limitaciones de tierra, capital y tecnología. El proyecto desarrollará estudios en áreas vinculadas con la producción del hábitat construido investigando la optimización de la utilización de materiales y mano de obra local; el equipamiento y acondicionamiento de edificios y viviendas; integración del aprovechamiento energético de los ciclos productivos y domésticos; mejora y extensión de la movilidad y tránsito de bienes y personas.

Este estudio se circunscribe específicamente al análisis del alumbrado público existente en la comuna rural "El Puestito", situada en el Departamento Burruyacú, a 75Kms al Noreste de la Ciudad de San Miguel de Tucumán. Una descripción de la situación de la iluminación en el ámbito público y privado en la localidad se realiza en otro trabajo presentado también en LUXAMERICA 2006 [1].

Se trata de una población rural de aproximadamente 3500 habitantes en 500 casas, distribuidos en una superficie de aproximadamente 500 km². Existe un núcleo poblacional principal de 100 casas y 500 habitantes, alrededor de las dependencias oficiales tales como la Administración de la Comuna, el Centro Médico Asistencial (CAPS o Centro de Atención Primaria de Salud), la Comisaría de Policía, la Terminal de Ómnibus y dos o tres negocios de abastecimiento en ramos generales. En Figuras 1 a 5 se observan planos de la comuna, núcleo de la misma y vistas diversas del emplazamiento.



FIGURA 3.- Terminal, CAPS y Sede de la Comuna



FIGURA 4.- Rotonda, Sede Comunal y Avenida principal

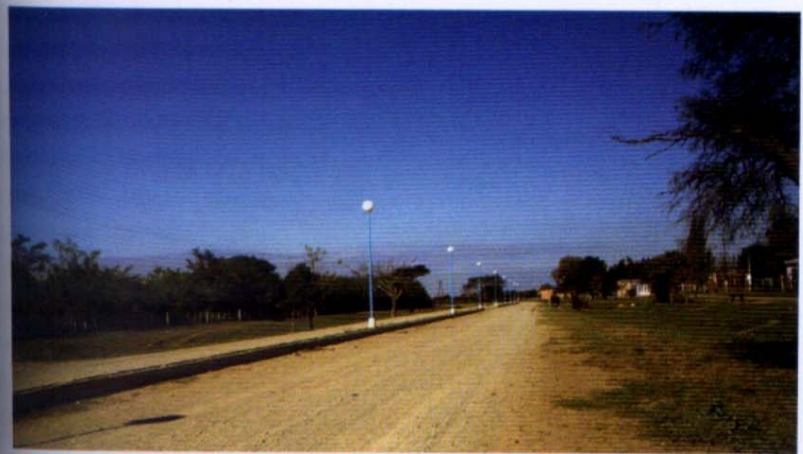


FIGURA 5.- Avenida de Acceso al núcleo principal

Sistema de alumbrado público

El sistema de Alumbrado Público a cargo de la administración comunal consta de dos tipos de luminarias, artefactos de distribución luminosa simétrica alrededor del eje vertical provistos de una cubierta de vidrio (tipo "pera"), y globos de cubierta opalina, ambos equipados con lámparas del tipo mezcladoras de 250W, esto es, Mercurio color corregido con filamento espiralado de tungsteno -Figuras 6 y 7-.

Las luminarias tipo "pera" están emplazadas en postes de madera a 5 mts de altura, con brazo pescante de 50 cms, con una cantidad aproximada de 60 unidades dispersas en toda la comuna; en cambio las luminarias tipo globo, con un total de 23 unidades, se encuentran concentradas a lo largo de la avenida de acceso al núcleo de la comuna, con un espaciamiento de 20 metros entre columnas de acero de 5 mts de altura.

Caracterización y regulación de la contaminación lumínica

Con el objeto de reducir el impacto ambiental asociado al alumbrado artificial el cual produce perturbaciones a determinados sectores de la sociedad (astrónomos, ciudadanos, ambientalistas, etc.), la CIE ha establecido indicadores y limitaciones de los mismos [2].

En la publicación [2] se presentan los fundamentos del problema de la contaminación lumínica urbana y se proponen recomendaciones acerca de los valores máximos permitidos para instalaciones de alumbrado. Se utilizan los siguientes conceptos como indicadores principales del fenómeno:

ULOR (Upward Light Output Ratio): Proporción del flujo de las lámparas de una luminaria que se emite sobre la horizontal cuando la luminaria



FIGURA 6.- Luminaria tipo "pera"

está montada en su posición normal de diseño.

ULOR_{INST} (upward light output ratio installed): Proporción del flujo de una luminaria que se emite sobre la horizontal cuando la luminaria se monta en su posición de instalación. Se refiere al flujo luminoso de la luminaria en situaciones prácticas de montaje, en particular a las distintas inclinaciones a las que puede instalarse la misma.

Sistema de División en Zonas: Para establecer una base para las regulaciones medioambientales, la CIE establece una división en zonas que son áreas donde las actividades



FIGURA 7.- Luminaria tipo globo

específicas tienen lugar, y donde se recomiendan requisitos específicos para la restricción de la luz perturbadora.

Las zonas se clasifican por el índice de clasificación de zona (E1...E4). En la siguiente tabla queda ejemplificada la clasificación de zonas y los límites impuestos a cada una de ellas en la recomendación [2].

Cada uno de estos límites es válido para cada luminaria individual en esa zona.

Según la Tabla 1, la zona rural en evaluación estaría comprendida entre las zonas E2 y E3, donde el

Índice de Zona	Descripción	ULOR _{inst} [%]
E1	Áreas con paisajes intrínsecamente oscuros: Parques Nacionales, Áreas de notable belleza natural (donde las carreteras habitualmente están sin iluminar).	0
E2	Áreas de "distrito de baja luminosidad": generalmente fuera de las áreas residenciales urbanas y rurales (donde las carreteras están iluminadas según las normas para carreteras residenciales).	0 - 5
E3	Áreas de "distrito de luminosidad media": generalmente áreas residenciales urbanas (donde las carreteras están iluminadas según las normas para calzadas con mucho tráfico).	0 - 15
E4	Áreas de "distrito de alta luminosidad": generalmente áreas urbanas que incluyen zonas residenciales y para usos comerciales con una alta actividad durante la franja horaria nocturna.	0 - 25

Tabla 1: Recomendaciones para la limitación del brillo del cielo y descripción de las zonas medioambientales de acuerdo con el Sistema de División en zonas de la CIE.

núcleo principal de la comuna clasificaría como zona E3 y el resto como zona E2. En ambas zonas la máxima emisión de flujo por encima del plano horizontal de la luminaria no debe superar el 15% para la zona E3 y el 5% para la zona E2. En la siguiente tabla se presentan las características fotométricas de emisión de flujo luminoso de ambos tipos de luminarias presentes en el sistema de alumbrado público del área rural.

Como puede apreciarse en la Tabla 2, ninguna de las luminarias cumple con los límites máximos de emisión de flujo luminoso por encima del plano horizontal, siendo altamente contaminantes desde el punto de vista de la recomendación internacional de la CIE. En particular la luminaria tipo globo, emite hacia el hemisferio superior, o sea hacia el espacio donde no se necesita iluminar, casi el 40% del flujo luminoso disponible. En el hemisferio inferior distribuye aproximadamente el 35% restante. Si además consideramos que la zona de interés para iluminar se encuentra dentro del área limitada por los ángulos de emisión de 60° respecto al eje vertical, concluimos que se trata de un artefacto sumamente ineficiente para resolver la demanda para la cual se utiliza esta solución.

Influencia de fuentes de luz artificial en la cantidad de insectos observados en las cercanías de estas.

Estudios diversos acerca del comportamiento y de la cantidad de insectos nocturnos han revelado datos interesantes acerca de sus ciclos de alimentación y reproducción en relación a las fuentes naturales de luz durante la noche, esto es, luz de la bóveda celeste tanto en luna llena como nueva, luz de las estrellas y luz zodiacal. La trayectoria de la luna desde su aparición en el horizonte hasta la salida

Tabla 2: Principales características de las luminarias analizadas

N°	luminaria	cerramiento	lámpara	Rendimiento [%]			control del deslumbramiento
				Plano Inferior (0-90°)	Plano Superior (90-180°)	Total	
1		Policarbonato opalino	Hg cc 250W	35%	40%	75%	No apantallada
2		Policarbonato transparente	Hg cc 250W	45%	31%	76%	No apantallada

Nota: las imágenes de luminarias son meramente ilustrativas y no representan una marca en particular.

del sol, es utilizada por la mayoría de las especies de insectos como orientación y punto de referencia para el cumplimiento de determinados ciclos vitales, mientras que durante los periodos de luna nueva, las actividades de los insectos se modifican para cumplir otros ciclos vitales diferentes (estado larvario, alimentación, crecimiento y reproducción). Algunas especies de insectos completan todo su ciclo vital durante sólo un ciclo lunar completo de 28 días, siendo la presencia y/o ausencia de luz lunar los indicadores de comienzo y/o fin de cada ciclo vital [3].



Entomólogos de casi todo el mundo utilizan para sus investigaciones trampas de luz con el objeto de atraer insectos para su captura y posterior clasificación y estudio. Dichas trampas luminosas suelen utilizar luces de 6500K de temperatura color, aproximada a la luz de luna llena (su Tc supera los 8000K). Se ha observado que en campo abierto, lejos de la influencia de cualquier otra fuente de luz artificial, las trampas de insectos son mas efectivas en cantidad de insectos capturados durante las fase de luna nueva, cielo nublado o lluvia. La luz natural de la bóveda celeste durante luna llena es suficiente para que la gran mayoría de las especies de insectos ignoren la presencia de fuentes de luz artificiales, cumpliendo así con normalidad sus ciclos biológicos, no así durante la luna nueva. Esto significa que en ausencia de luz de luna, mayor cantidad de insectos

son "desorientados" en sus ciclos por la presencia de una fuente de luz artificial, siendo atraídos por ésta hasta su muerte en la mayoría de los casos, interrumpiendo así algunos de sus ciclos vitales y comprometiendo así la continuidad de la especie. Si tenemos en cuenta que muchas especies de insectos son vitales en los ciclos de reproducción de muchas especies vegetales, la discontinuidad de algunas especies de insectos puede afectar la continuidad de las correspondientes especies vegetales vinculadas, como así también la de especies animales herbívoras que se alimentan de estos vegetales, y de animales insectívoros que se alimentan de estos insectos amenazados, y así toda una cadena biológica puede llegar a alterarse en un medio rural o natural con la sola presencia de fuentes de luz artificial [3].

En la zona rural objeto de esta evaluación, la presencia de 23 globos con luz de vapor de mercurio dirigida en todas direcciones es suficiente para atraer gran cantidad de insectos durante la fase de luna nueva, con el consiguiente daño ecológico a toda la cadena biológica de la zona afectada.

La solución a este problema no es otra que el reemplazo de luminarias tipo globo por otras luminarias con sistemas de apantallamiento tales que dirijan la luz hacia las zonas donde se necesita realmente iluminar, esto es, hacia superficies horizontales como calzadas y veredas.

Tabla 3: Principales características de las luminarias recomendadas

N°	luminaria	cerramiento	lámpara	Rendimiento [%]			control del deslumbramiento
				Plano Inferior (0-90°)	Plano Superior (90-180°)	Total	
3		Polycarbonato transparente	SAP 150W	41%	15%	56%	Semi apantallada
4		Polycarbonato transparente	SAP 150W	73%	5%	78%	Apantallada

El reemplazo de la fuente de luz es otro asunto no menos importante, pues se debería elegir una fuente de luz cuya longitud de onda característica y su temperatura color difieran sustancialmente de la luz de luna llena, esto es, deberían utilizarse lámparas de descarga de Sodio Alta o Baja presión, cuya temperatura color es del orden de los 2000K y cuyo efecto en la "no atracción" de insectos es notorio.

Recomendaciones prácticas respecto del tipo de luminarias adecuadas para la iluminación del poblado

En función del tipo y distribución de las luminarias relevadas y del uso del espacio exterior por parte de pobladores y visitantes, y teniendo en cuenta criterios de máxima eficiencia energética y mínima emisión de luz hacia el cielo nocturno, se recomienda el reemplazo de las actuales luminarias y sus lámparas por los tipos establecidos en la Tabla 3, necesarias para cubrir las necesidades de orientación, circulación y minimización del impacto ambiental.

La luminaria n° 3 es una farola para alumbrado de parques y jardines equipada con lámpara a vapor de sodio de alta presión de 150W tubular clara, con anillos de louvers metálicos para evitar deslumbramiento; siendo esta luminaria la adecuada para reemplazar los 23 globos de la avenida de acceso. La luminaria n° 4 es simplemente del mismo tipo (en cuanto a cerramiento y reflector) que las luminarias tipo "pera" instaladas en el resto de la comuna,

pero con lámpara a vapor de sodio de alta presión de 150W tubular y con pantalla metálica que optimiza y distribuye el flujo luminoso emitido por la luminaria evitando la emisión por encima del plano horizontal de la misma. Ambas luminarias minimizan el impacto ecológico ambiental al reducir la contaminación lumínica sustancialmente. Por otra parte ambas luminarias propuestas cumplen con los requerimientos máximos de la Tabla 2 para zonas E2 y E3.

Conclusiones

La utilización de artefactos y lámparas más adecuados posibilitan una drástica reducción de la polución lumínica del poblado en estudio. Aunque todavía no se ha mensurado la magnitud de la polución es posible destacar el efecto multiplicador de este estudio en los poblados rurales de Argentina y la región donde se reiteran patrones tecnológicos y criterios de diseño similares a los analizados en El Puestito.

Además los cambios propuestos reducen el consumo de energía eléctrica destinada a Alumbrado público. En un asentamiento de la escala estudiada, este aspecto significa un impacto importante a la economía de la comuna, considerando que el gasto mensual de energía eléctrica destinada a este rubro representa actualmente alrededor del 60% del monto total que se abona por este servicio [1].

A medida que progrese la investigación en marcha se podrán aportar mayores datos sobre estas cuestiones que impactan en el medio

ambiente, en el confort y seguridad de los habitantes y en la economía de pueblos rurales.

Referencias bibliográficas

- [1] Kirschbaum C., Cabello A., Manzano E., Raitelli M., Tonello G., Iluminación Eficiente en poblados, edificios y viviendas rurales, LUXAMERICA, Montevideo, Uruguay, Octubre 06
- [2] Commission Internationale de l'Eclairage. Guidelines for Minimizing Sky-Glow. Publicación CIE n° 126, (1997).
- [3] Nowinszky L., "Nocturnal Illumination And Night Flying Insects", Journal of Applied Ecology And Environmental Research 2(1): pp. 17-52. ISSN 1589 1623, 2004, Penkala Bt., Budapest, Hungary

Reconocimientos

Agradecemos la colaboración del personal y en particular del delegado de la comuna rural de El Puestito, Provincia de Tucumán, Argentina.

Este trabajo forma parte de un proyecto de investigación (PICTO 870) orientado a responder a demandas sociales o tecnológicas locales financiado por la ANPCYT y UNT.

1 El texto reproduce en gran proporción la ponencia oral presentada en LUXAMERICA 2006