

Mitigación de los efectos de la implementación de alumbrado público led en el sector rural

**Mitigation of the effects of LED public lighting implementation in rural
areas**

<https://doi.org/10.5281/zenodo.21108374>

Autores:

Rodrigo Santiago Marcial Medina
Universidad Politécnica Salesiana
rsmarcialm@gmail.com

Susana Margarita Guaman Montalvan
Universidad Politécnica Nacional
gsusanamargarita@hotmail.com

DIRECCIÓN PARA CORRESPONDENCIA: rsmarcialm@gmail.com

Fecha de recepción: 20/11/2025

Fecha de aceptación: 26/01/2026

RESUMEN

En el presente artículo, se describe la manera que se optó para mitigar los efectos de la incorporación masiva de alumbrado público led en el sector rural de la provincia de Chimborazo, mediante la utilización de luminarias led de temperatura de color 2700 grados Kelvin, lo cual está permitido en la revisión 5 de las especificaciones técnicas de luminarias led del Catalogo Digital del Ministerio de Energía y Minas, se llevaron a cabo simulaciones con luminarias led y con sus antecesoras las luminarias de vapor de sodio, se realizaron mediciones de iluminación a las luminarias de 2700K, con el fin de comprobar que las luminarias con esta temperatura cumplan con los parámetros de iluminación. En la revisión del estado del arte y en el desarrollo del estudio, se tratan los efectos de la iluminación artificial nocturna, en el ambiente, animales, personas, en el diario vivir, se plantea la manera de mitigar los efectos negativos de la luz azul de onda corta en el sector rural.

Palabras Clave: ALAN, contaminación lumínica, iluminación rural led, consecuencias iluminación artificial, Temperatura de color correlacionada.

ABSTRACT

In this study, the approach taken to mitigate the effects of the massive incorporation of LED public lighting in the rural sector of the Chimborazo province is addressed. This was done by using LED luminaires with a color temperature of 2700 Kelvin, which is allowed in revision 5 of the technical specifications for LED luminaires in the Digital Catalog of the Ministry of Energy and Mines MEM. Simulations were carried out with LED luminaires and their predecessors, sodium vapor luminaires. Illuminance measurements were taken for the 2700K luminaires to verify that luminaires with this temperature meet the parameters of illumination. In the review of the state of the art and in the development of the study, the effects of artificial nocturnal lighting on the environment, animals, people, and daily life are addressed. The study proposes ways to mitigate the negative effects of short-wavelength blue light in the rural sector.

Keywords: ALAN, light pollution, rural led lighting, consequences of artificial lighting, correlated color temperature CCT.

INTRODUCCIÓN

La humanidad durante milenios, en las noches utilizó la iluminación natural de luz de la luna, y se orientó mirando las estrellas. Sus ciclos normales de actividades y horas de sueño fueron controlados por el cambio entre día y noche. La primera forma de iluminación artificial surgió con el control del fuego, por medio de antorchas al inicio y posterior lámparas de aceite (National Geographic, 2022). En 1650, Otto Von Guericke descubrió cómo producir luz eléctricamente, y a finales del siglo XIX, Thomas A. Edison puso a la venta la primera lámpara incandescente, la bombilla eléctrica cambió los ritmos naturales de la luz.

El término ALAN (Artificial Light At Night), se utiliza en el contexto de la contaminación lumínica para describir la luz artificial que se emite durante la noche y que

puede tener efecto negativo en el ambiente y salud humana, aunque las bombillas led son cada vez más eficientes en términos de consumo energético, presentan consecuencias:

Contaminación lumínica: El uso generalizado de iluminación artificial para exteriores ha cambiado la forma en que se ve la noche. El resplandor que se observa difumina la vista en las ciudades, es lo que se llama contaminación lumínica, esta contaminación afecta a la vida silvestre, impide la investigación a observadores del firmamento (Varela Perez, 2023), también la recreación de la gente que disfruta de contemplar el cielo nocturno (Fontana et al., 2021).

Para preservar y proteger el ambiente nocturno natural, se crea por individuos preocupados del tema, en Tucson-Arizona en 1988, el organismo sin fines de lucro IDA (International Dark-Sky Association) o La Asociación Internacional de Cielo Oscuro, gracias a su investigación realizada desde su creación, emiten criterios para contrarrestar la contaminación lumínica.

La IDA recomienda el rango de temperaturas inferiores a los 3000K, con el fin de reducirla afectación a personas y al ambiente, (La Temperatura de Color Correlacionada CCT se mide en grados Kelvin K y describe el color de la luz emitida por una fuente de luz) (Hangzhou ZGSM Technology Co., 2024).

Niveles de emisión subestimados: La contaminación lumínica global ha aumentado en al menos un 49% en los últimos 25 años, según una investigación de la Universidad de Exeter, con colaboración del Instituto de Astrofísica de Andalucía ((IAA-CSIC), 2021), el estudio examino las emisiones desde 1992 hasta 2017.

En el artículo denominado First Estimation of Global Trends in Nocturnal Power Emissions Reveals Acceleration of Light Pollution, el autor manifiesta que el valor puede ser muy superior esto debido a que los sensores de los satélites empleados para las mediciones tienen dificultades para detectar longitudes de onda azul emitidas por los led actuales, por lo que no están midiendo toda la radiancia emitida, que estaría en un rango de 270% a nivel global y 400% en regiones específicas, los sensores de igual manera no diferencian entre la luz amarilla de la iluminación antigua tradicional y la luz blanca de las nuevas luminarias led (de Miguel et al., 2021).

Desperdicio energético y emisiones de CO₂: Según el reportaje de National Geographic La Sostenibilidad Lumínica a Debate: El Lado Más Oscuro de la Luz Led, la eficiencia energética de las luces led es aprovechada para sobre iluminar, los mismos espacios que antes ya tenían iluminación o iluminar nuevos espacios, aumentando el gasto energético, lo que se denomina efecto rebote, por lo que no hay un ahorro energético real o reducción en los gases de efecto invernadero, sino todo lo contrario (National Geographic, 2022).

Las emisiones de CO₂ están presentes tanto en la producción de electricidad necesaria para la fabricación de las luminarias, como en la misma fabricación de las luces, en la extracción de tierras raras para la electrónica presente en las luminarias led, como es de conocimiento la minería sobre todo en países en desarrollo no lleva un correcto control y resane, y puede llegar a ser de los fenómenos más destructivos del medio ambiente. En el reportaje de National Geographic La sostenibilidad lumínica a debate, se menciona que la energía necesaria para la fabricación de las luminarias led duplica a las tradicionales de tungsteno o wolframio (CFL) (lámparas fluorescentes de bajo consumo), por el uso de algunos metales y plásticos en su fabricación, (National Geographic, 2022). A lo anterior hay que sumarle la huella de CO₂ producida por la decisión de algunas ciudades del cambio prematuro de iluminación tradicional a led, dejando en estado obsoleto las luminarias todavía en buen estado.

Según IDA, en los EE. UU., se emiten aproximadamente 15 millones de toneladas de CO₂ por año para la iluminación exterior, por lo que el organismo sugiere un correcto diseño y dimensionamiento de las luminarias para exterior, al fin de no contribuir con el desperdicio de energía, que se traduce en más emisiones de gases de efecto invernadero, y que contribuye al cambio climático (Dark Sky Association (IDA), 2023).

Impacto en la vida: La luz brillante de las bombillas LED, que implica luz de alta intensidad y un fuerte componente del azul de onda corta, atrae a más insectos y pájaros, perturba los ritmos biológicos e instintos nocturnos de los animales terrestres y acuáticos (Touzot et al., 2020). Los animales utilizan la luz del sol y la luna, y sus ciclos, como señales naturales para organizar sus actividades vitales, (National Geographic, 2023). Estos patrones de luz les indican cuando es el momento adecuado para abandonar sus refugios, ya sea para

buscar comida, cazar, encontrar pareja o iniciar las migraciones (Seymoure et al., 2023), (Sanders et al., 2023). La alteración del cielo oscuro, afecta a una amplia variedad de especies silvestres, como algunos insectos que confundidos o atridos por la luz artificial confundiéndola con la luz de la luna quedan más expuestos a depredadores (Owens & Lewis, 2018).

Las aves en sus migraciones pueden desviarse de sus rutas migratorias habituales al ser desorientadas por el resplandor nocturno de las ciudades (National Geographic, 2023), algunos conocedores afirman que la generación actual podría ser la última que vea luciérnagas, los machos de luciérnagas son incapaces de reconocer la luz que emite la hembra llamada bioluminiscencia lo que lleva a que cada vez nazcan menos luciérnagas (Blog 20 minutos, 2021).

El ciclo periódico de luz-oscuridad proporciona la señal principal mediante la cual el reloj circadiano humano se sincroniza con el día de 24 horas en la tierra (Czeisler, 1995), la pérdida de sincronización con el ciclo día-noche se la denomina ruptura circadiana (Dark Sky Association (IDA), 2020). En varios estudios se analiza las consecuencias de la ruptura circadiana y efectos sobre la salud de las personas, que va desde trastornos de ánimos, depresión, insomnio, enfermedades cardiovasculares, trastornos del sueño (síndrome de la fase del sueño retrasada), riesgo de obesidad, diabetes juvenil, algunos tipos de cáncer (Dark Sky Association (IDA), 2021), (Savvidis & Koutsilieris, 2012), (Chepesiuk, 2017).

DESARROLLO

1 MATERIALES Y METODOS

Como manera de contrarrestar algunos de los efectos nombrados en la introducción del presente estudio, se instalaron luminarias led de una temperatura de color de 2700K en el sector rural, se cuenta con las simulaciones y mediciones que corroboran cumplen con los niveles de iluminación, normados por el ministerio de electricidad en la Regulación de Alumbrado Público del ARCERNNR Regulación 007/23, mientras que con la temperatura de 2700K al contener menos luz azul, se anula los efectos negativos sobre los seres vivos y vegetación.

Se simuló 2 tipos de luminarias del mismo fabricante una de led y una de sodio, para demostrar que con la nueva tecnología led se cumplen parámetros de alumbrado público, y comparado a sus antecesoras las luminarias de sodio, junto con una correcta instalación y escogiendo la temperatura adecuada, se puede minimizar la contaminación lumínica, el conjunto de luminaria-chips led permite iluminar el plano útil (la calle y vereda) y minimizar la luz que se va después de estos puntos, no se publica el nombre de la marca de luminaria por lo que se mantendrá como anónimo.

Se utilizó una fotometría de luminaria de tecnología tipo led menor o igual a 120 W, y otra fotometría de luminaria de tecnología tipo sodio de alta presión de 150W. La simulación se realizó con el programa Ulisse 3. Los parámetros utilizados para la simulación fueron:

Altura de montaje: 9,5m; Longitud del brazo: 1,2m; Angulo de la luminaria: 0 grados; Ancho de vía: 8m; Interdistancia: 35m; Retroseso: 0m (al tratarse de un estudio en el sector rural); Superficie: N3007 (superficie de camino natural con rugosidad y reflectancia moderados).

Las mediciones en campo de iluminancia (luxes) y luminancia (cd/m²), fueron realizados con los siguientes equipos:

Luxómetro de marca Konica Minolta modelo T-10A, en caso de vías lastradas, vías M3. Luminancímetro de marca Konica Minolta de modelo LS-150 en caso de vías Asfaltadas.

Se realizaron mediciones en 10 sectores rurales de la provincia de Chimborazo, 3 sectores rurales en las parroquias Tixan, Columbe, Chambo Cabecera Cantonal, con asfalto, según la regulación 007/23 denominados sectores para tráfico motorizado, y 7 sectores rurales en las parroquias Sibambe, Palmira, El Rosario, San Luis, San Andrés, Guano, Cumanda Cabecera Cantonal, con camino lastrado o denominado en la regulación 007/23 como zonas de conflicto. En la misma regulación se tienen las tablas de parámetros fotométricos, la tabla 2 con clases de alumbrado M para vías con tráfico motorizado, y la tabla 8 con clases de alumbrado C para zonas de conflicto. En la tabla 5 de la misma regulación se puede realizar la equivalencia entre clases de alumbrado M y C.

Los sectores elegidos para el análisis del presente estudio fueron escogidos al estar en el sector rural y pertenecer al mismo proceso de alumbrado público de la provincia, el mismo que su parte constructiva se desarrolló desde el 05 de diciembre del 2023 al 03 de mayo del 2024, para la toma de mediciones se consideró las recomendaciones de la Regulación de Alumbrado Público del ARCERNR Regulación 007/23, donde indica, para las mediciones se debe esperar 20 minutos desde que se encienden las luminarias del sector antes de iniciar la lectura, para realizar las mediciones de un sistema nuevo instalado se debe esperar un periodo de 100 horas de funcionamiento de las nuevas luminarias y la medición se realizara en operación normal de las luminarias (ARCERNR, 2022), para cumplir este requisito se realizaron las mediciones en los meses de junio - julio del 2024.

Los métodos empleados fueron, para iluminancia el método de los 9 puntos, y para luminancia el método completo de acuerdo a la metodología de medición de la Comisión Internacional de Iluminación (CIE) (INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION, n.d.).

Se agrupo los efectos a analizar y mitigar en tres grupos: 1) Personas, animales, ambiente 2) Contraste visual en la conducción por transición entre luminarias de led a sodio y viceversa, 3) Contaminación lumínica, se anuncia los resultados y medición para cada caso.

2 RESULTADOS Y DISCUSION

2.1 Personas, animales, ambiente.

En la ejecución de proyectos de alumbrado público como experiencia propia del área técnico de la EERSA, se ha observado muchas personas en el sector rural manifiestan resistencia a la instalación de alumbrado público, debido al efecto negativo sobre algunos cultivos de una iluminación artificial que no permite un tiempo de oscuridad para completar los procesos normales de plantas.



Figura 1: Cultivos cubiertos y luminaria cubierta tratando de evitar flujo lumiso hacia los cultivos en las noches

La luz que se filtra del alumbrado público general, o cualquier fuente de luz artificial, hacia el lugar de descanso de personas o animales, puede llegar a afectar los ciclos normales de sueño (National Geographic, 2023), confundiendo al reloj interno de animales y personas, el cual enviara señales que debería enviar durante el día, este fenómeno se lo denomina cronodisrupción, la cual según algunos estudios asocian con enfermedades cardiovasculares, insomnio, falta de concentración, problemas de fertilidad, alteraciones alimenticias e incluso algunos tipos de cáncer, (Dark Sky Association (IDA), 2021), (Savvidis & Koutsilieris, 2012), (Chepesiuk, 2017).

El diseño de las luminarias led, junto con los chip led, se observa llevan la luz donde se necesita, constituyendo una mejora comparada con sus antecesoras. A continuación, se muestra una comparación de curvas Isolux entre luminaria de led y otra de sodio:

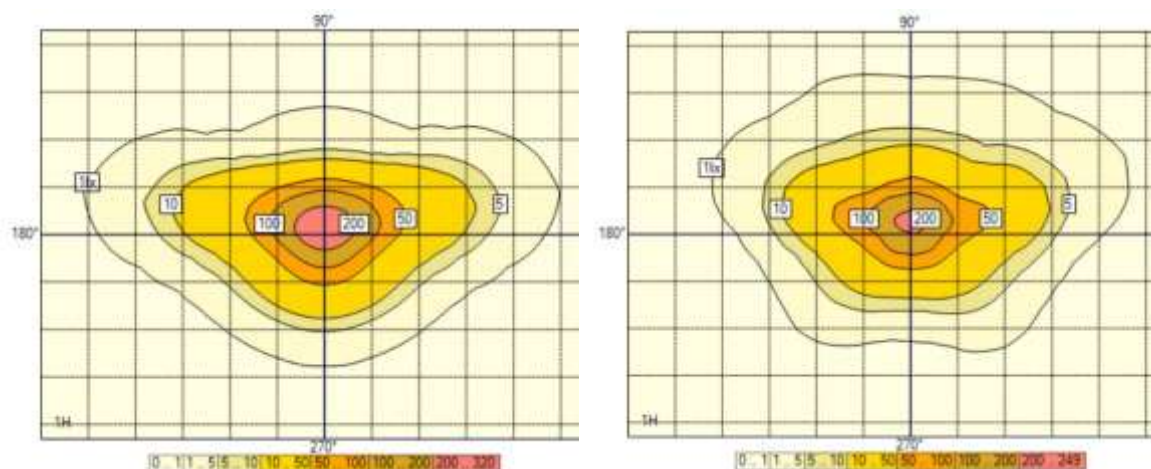
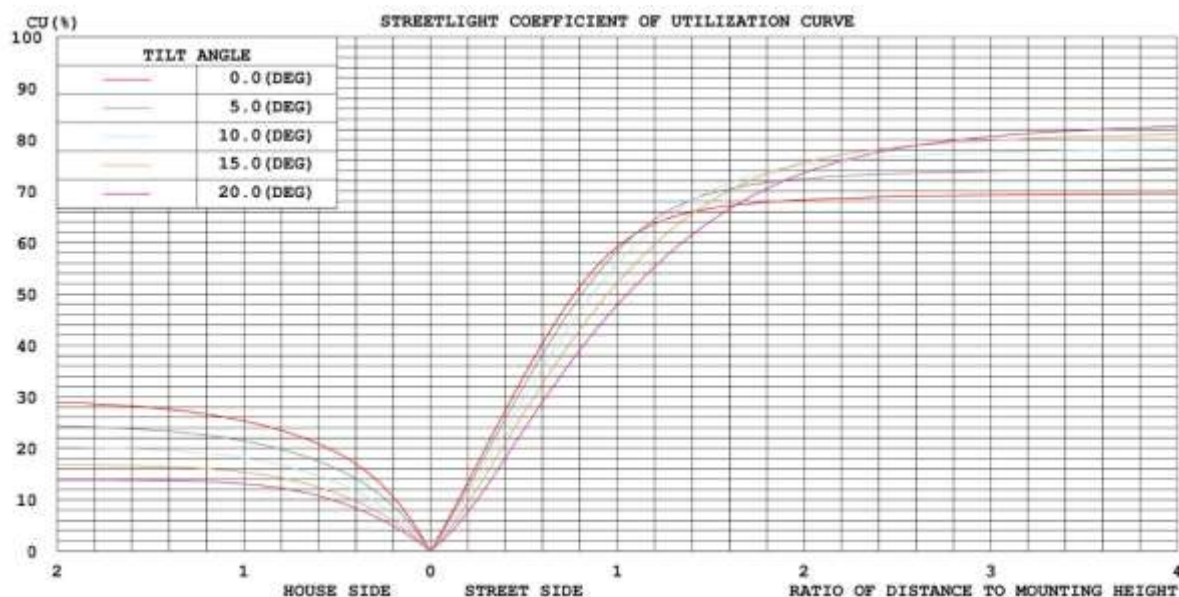
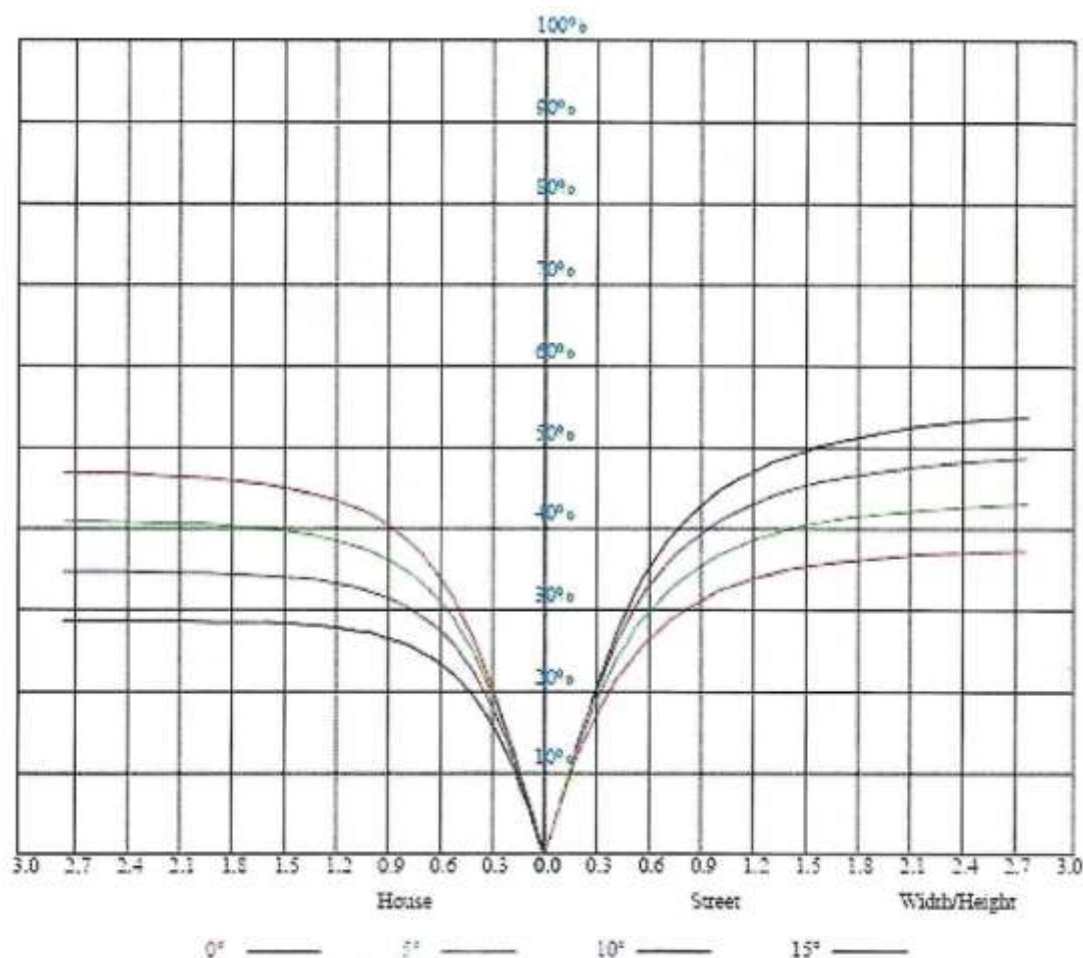


Figura 2(a)(b): Isolux de fotometría led izquierda(a), sodio derecha(b), con brazo a 0 °, resultados de simulación en el software Ulysse3 .

En las curvas Isolux de resultado del estudio, se muestra que la luminaria de la Fig.2(a) que representa a la luminaria led de 120w, proyecta más luz de manera horizontal que, en la distribución vertical, lo cual es diferente de la simetría más uniforme observada en el diagrama de la luminaria de 150W de sodio, con el diseño del conjunto luminaria – chips led se tiene un mejor aprovechamiento de la iluminación en la calle.



**Figura 3(a): Curva de coeficiente de utilización de luminaria led de 120W
(Laboratorio QTEST SAS fecha de prueba 21 Agosto 2024-resultados provistos por fabricante anónimo)**



**Figura 3(b): Curvas de coeficiente de utilización de luminaria de sodio 150W
(Laboratorio IIGE Instituto de Investigación Geológico y Energético fecha de prueba
23 Marzo 2019-resultados provistos por fabricante anónimo)**

Del informe técnico de ensayo con goniofotometro, resultados entregados por el fabricante, se analiza las curvas de coeficiente de utilización del conjunto luminaria – lampara, tanto para led como para sodio, para todas las inclinaciones de la luminaria led, el flujo luminoso es mayor hacia el lado calle (street side), y solo lo necesario para la parte de

atrás (house side) lo que sirve para el tránsito vehicular y peatonal, sin embargo, en la luminaria de sodio, se observa bastante parte del flujo luminoso se va para atrás de la luminaria en inclinaciones de 0° y 5° , la luminaria de sodio se vuelve más eficiente en este aspecto con inclinaciones de 10° y 15° , por lo que es de especial cuidado el escoger la inclinación adecuada, la tecnología adecuada, según el área a iluminar.

En los estudios de alumbrado público es importante las simulaciones con los ángulos de inclinación, para que en su implementación se evite llevar el flujo luminoso más allá de lo necesario, para no molestar el descanso de personas, animales, vegetación, esta iluminación es la que algunos usuarios en el sector rural manifiestan malestar, por aducir que afectan al rendimiento y desarrollo que las plantas, lo que no ocurre con las plantaciones más alejadas o sin incidencia del alumbrado público.

En las conversaciones con los moradores de los diferentes sectores donde se intervino con la instalación de luminarias led de 2700K, manifiestan su agrado con este tipo de iluminación, al sentirla cálida y agradable. Las luminarias led de temperatura 2700 K, con una correcta instalación que lleva el flujo luminoso solo donde se necesita, ayudan a mitigar los efectos de la luz artificial sobre los cultivos, animales y personas.

En los hogares, teniendo el cuidado de cerrar las persianas o cortinas, se puede ayudar a evitar que la luz artificial interior incida en el ambiente. Según el estudio de National Geographic, apagar la luz ayuda a los insectos y animales, el reducir a la mitad la luz que se filtraba por las ventanas hacia el exterior, ayuda a disminuir las colisiones de aves en un 60%, la utilización de tonos más cálidos también ayuda a disminuir los efectos de la iluminación exterior hacia las aves (National Geographic, 2023).

2.2 Contraste visual en iluminación vial por transición entre luminarias de led a sodio o viceversa

Al estar en implementación y cambio las nuevas tecnologías de iluminación led para vialidad, es usual encontrarse con partes iluminadas con luz de vapor de sodio y partes con las nuevas luminarias led de luz blanca.

Las lámparas de sodio emiten una luz amarilla con una baja temperatura de color, generalmente alrededor de 2000-2500 K. Esta luz se percibe como cálida y suave, las

luminarias LED de luz blanca tienen una temperatura de color más alta, que puede variar entre 4000 K (blanco neutro) y 6000 K o más (blanco frío), esta luz es percibida como más brillante y fría.

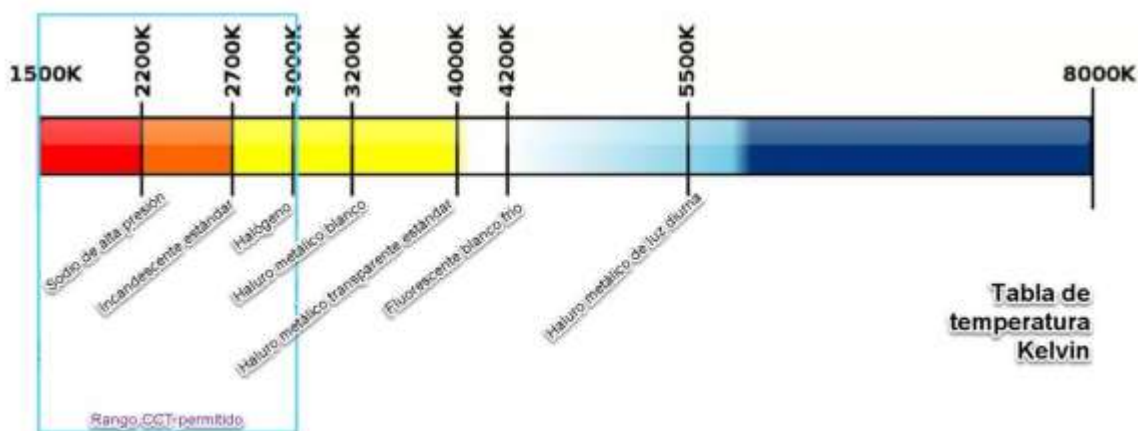


Figura 4: CCT recomendado por IDA para iluminación exterior de cielo oscuro (Hangzhou ZGSM Technology Co., 2024)

La reubicación de luminarias en buen estado al sector rural, o la instalación de luminarias led de 4000°K, en lugares donde ya existen luminarias de sodio, al menos se percibe no uniforme, pasando de una luz de sodio tenue y cálida, a una luz LED mucho más intensa y clara.

El contraste visual entre diferentes tipos de iluminación puede ciertamente influir en la seguridad vial, al afectar la percepción, la adaptación visual y la fatiga ocular de los conductores de vehículos. Para mitigar estos riesgos, es importante que los proyectos de iluminación vial consideren la uniformidad en la temperatura de color y la intensidad de la luz, y que se implementen medidas adecuadas para minimizar el deslumbramiento y garantizar una transición suave entre diferentes tipos de iluminación.

Adaptación visual: cuando los conductores pasan de una zona iluminada con luz de sodio a una zona con luz led blanca, los ojos necesitan tiempo para recuperarse y adaptarse a la diferencia de temperatura de color, y los impulsos nerviosos necesitan una fracción de segundo para transmitir de la superficie regular la pupila, que se ha cerrado ya sea completa o parcialmente, a los centros nerviosos del cerebro, en este periodo de adaptación, la visión

puede verse comprometida temporalmente, acarreando un tiempo mayor de respuesta ante obstáculos u objetos en la carretera.

Deslumbramiento: La luz LED, particularmente si es blanco frío, puede causar deslumbramiento, especialmente si no está bien enfocada o si la visión del conductor viene de una iluminación más cálida y suave. Este deslumbramiento puede dificultar la visibilidad, aumentar la fatiga ocular y reducir la capacidad para percibir objetos en la vía, incrementando el riesgo de accidentes.

Confusión y disonancia cognitiva: Al igual que cuando se sale de una sala de cine a plena luz del día y se percibe desorientación por un momento, cuando la iluminación cambia bruscamente en la carretera se puede sentir el mismo efecto, el cerebro debe hacer un esfuerzo adicional para entender y acoplarse a las nuevas condiciones de luz. En estos momentos de confusión, tomar decisiones rápidas se vuelve mucho más complicado.



Figura 5(a),(b): Sector iluminado con luz led de 4000K e iluminación tradicional (izquierda), Sector iluminado con luz led de 2700K e iluminación tradicional al fondo (derecha)

Las luminarias de temperatura de color 2700°K realizan una mejor transición con las luminarias de vapor de sodio al estar estas últimas en el rango de temperatura de color entre 2000 a 2500 grados K.

2.3 Contaminación lumínica y parámetro de curva de utilización.

En el sector rural, donde el impacto podría traer más consecuencias, debido al cambio abrupto de no haber iluminación artificial nocturna, a una iluminación led con contenido de luz azul, se optó a instalar iluminación led de temperatura de color 2700 °K.

De acuerdo a la Norma CIE-126 1997 sobre el parámetro FHS (flujo hemisférico superior), que indica cuanta luz va hacia el cielo en áreas E1 – con entornos o paisajes oscuros este parámetro debe ser igual e inferior al 5% (INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION, n.d.). Según la revisión 5 de las especificaciones técnicas de luminarias led, todas las luminarias led a instalarse en las vías públicas deben cumplir este parámetro. Como se evidencia en la figura 6(a) y 6(b) del estudio, el índice ULOR de la luminaria led es de 0% mientras en la luminaria de sodio del estudio tiene un valor de 0,3% en este índice, como se puede ver la tecnología y los esfuerzos en diseño de las luminarias de alumbrado público están encaminadas a dirigir todo el flujo luminoso hacia el plano útil.

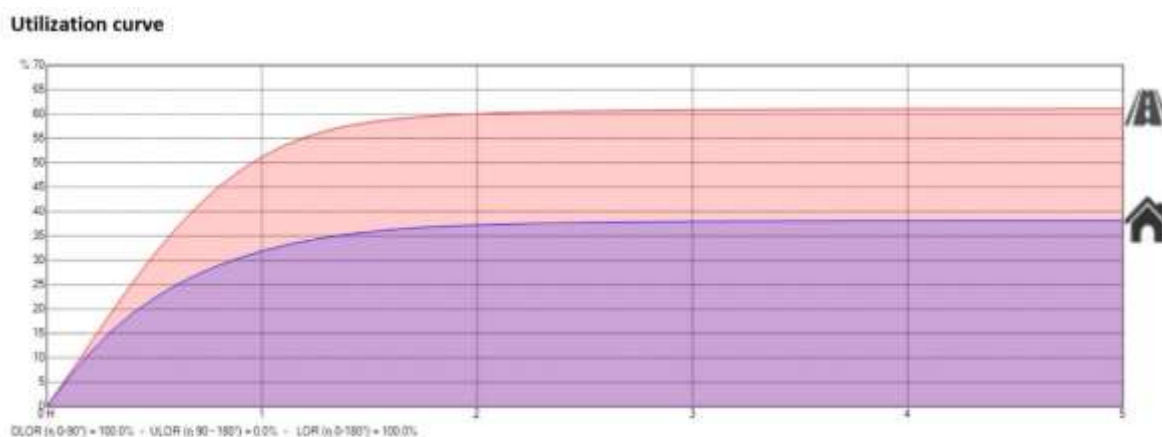


Figura 6(a): Curva de utilización de luminaria led de 120 w, resultados de simulación en el software Ulysse3



Figura 6(b): Curva de utilización de luminaria sodio de 150 W, resultados de simulación en el software Ulysse3

A continuación, se analizan los resultados de la simulación en el software Ulysse3 sobre los índices de las figuras 6(a) y 6(b), y las curvas de utilización:

- DLOR, Proporción de Luz Dirigida Hacia Abajo (Downward Light Output Ratio): Valor entre 0° a 90°. Su valor indica la cantidad de luz emitida hacia el área útil.

DLOR Led: El resultado de la simulación del 100%, indica que toda la luz va hacia abajo, por lo que no hay desperdicio hacia la contaminación lumínica.

DLOR Sodio: El resultado de 77.2%, indica que el restante 22.8% es desperdiciado hacia lugares que no se quiere iluminar. En este punto la luminaria de sodio escogida para este estudio es menos eficiente.

- ULOR, Proporción de Luz Dirigida Hacia Arriba, (Upward Light Output Ratio): Este valor indica cuanta luz se escapa hacia el cielo, contribuyendo directamente a la contaminación lumínica, para este caso de análisis de luminarias para exteriores.

ULOR Led: El resultado del 0%, indica que no se desperdicia luz hacia arriba.

ULOR Sodio: El resultado del 0.3%, indica que 3 de cada 1000 rayos de luz se van hacia arriba, es un resultado pequeño, sin embargo contribuye directamente a la contaminación lumínica. (El diseño de la luminaria no es completamente direccional).

- LOR, Proporción Total de Luz Útil, (Light Output Ratio): Es un indicador directamente relacionado con la eficiencia total de la luminaria, muestra que tan bien se aprovecha toda la luz que produce la lámpara.

LOR Led: El resultado del 100%, indica que se aprovecha cada rayo de luz que la luminaria produce, sin pérdidas significativas.

LOR Sodio: El resultado del 77.4%, indica que solo se aprovecha alrededor de tres cuartas partes de la luz. El resto se pierde en el camino. Por lo que esta luminaria puede ser aprovechada para escenarios menos críticos en cuanto a exigencia lumínica.

- Curvas de Utilización: La curva de utilización muestra el rendimiento del conjunto lámpara-luminaria, se define como el cociente entre el flujo útil que llega a la calzada y el emitido por la lámpara.

Tenemos una curva violeta para el lado casa (house side), y una curva roja para el lado calle (street side), se observa que las 2 luminarias muestran curvas típicas de alumbrado público enviando más luz hacia la calzada que para la vereda.

Partiendo de los datos Relación de distancia transversal/altura de montaje = $8/9,5=0,84$, se buscó ese valor en la curva de utilización tanto para la curva de utilización de la luminaria led y la de sodio.

Curva de utilización led para 0,84:

CU lado calle: Aprox 46%

CU lado casa: Aprox 29%

CU total: 75%

El 75% de la iluminación se está yendo para el plano útil, en la configuración en estudio, y con este tipo de luminaria led.

Curva de utilización sodio para 0,84:

CU lado calle: Aprox 37%

CU lado casa: Aprox 19%

CU total: 59%

Aproximadamente el 59% de la iluminación se está yendo para el plano útil, en la configuración en estudio, para la luminaria de sodio.

Se puede concluir que el conjunto de lampara luminaria led tiene mejor rendimiento para este caso y con la configuración del estudio.

2.4 Resultados de mediciones de iluminación en vías de los sectores rurales intervenidos con luminarias de 2700K

En las mediciones obtenidas se puede observar con la temperatura de color 2700°K se llega a los niveles de iluminación solicitados por la regulación 007/23 (ARCERNR, 2022), en caso de vías lastradas, las mediciones se realizaron en tipos de vía C2 de la provincia de Chimborazo, con un luxómetro de marca Konica Minolta modelo T-10A, como referencia de los valores a llegar se tomó la tabla 8 Parámetros fotométricos para zonas de conflicto, de la regulación 007/23 (ARCERNR, 2022).

En caso de vías asfaltadas, para las mediciones se consideró vías M3 de la provincia de Chimborazo, el equipo de medición utilizado fue un luminancimetro de marca Konica Minolta de modelo LS-150, como referencia de los valores a llegar se tomó la tabla 2 Parámetros fotométricos para vías con tráfico motorizado, de la regulación 007/23 (ARCERNR, 2022).

Tabla1. Resultados de mediciones para sectores zonas de conflicto

Orden de trabajo (OT)	Cantidad de luminarias instaladas	Tipo	P (Wattios)	Clase de iluminación	Iluminancia diseño E (lux)	Iluminancia promedio medida E (lux)
467/23	13	Led 2700°K	120	C2	24	27,358
479/23	79	Led 2700°K	120	C2	24	26,35
482/23	62	Led 2700°K	120	C2	24	24,797
495/23	17	Led 2700°K	120	C2	24	26,583
480/23	8	Led 2700°K	120	C2	24	24,028
481/23	10	Led 2700°K	120	C2	24	29,703
472/23	11	Led 2700°K	120	C2	24	23,692

Tabla2. Resultados de mediciones para sectores para tráfico motorizado

Orden de trabajo (OT)	Cantidad de luminarias instaladas	Tipo	P (Wattios)	Clase de iluminación	Luminancia diseño Lav (cd/m2)	Luminancia medida Lav (cd/m2)
468/23	64	Led 2700K	120	M3	1,2	1,399
469/23	127	Led 2700K	120	M3	1,2	1,2596
474/23	22	Led 2700K	120	M3	1,2	1,542

En las mediciones realizadas en campo de varios sectores rurales de la provincia de Chimborazo en el proyecto ejecutado de alumbrado público, las luminarias led de 2700°K cumplen con los valores sugeridos de la regulación 007/23.

En comparación con las potencias anteriormente utilizadas con luminarias de vapor de sodio de 150 w, y 250w, se tiene un ahorro energético con las potencias actualmente utilizadas de 90w, 120w, 150w, 180w, adicional las nuevas luminarias led rondan una eficacia de 130lm/w, mientras que con la anterior tecnología de las luminarias de sodio se tenían eficacias de 72 lm/w. Con el ahorro energético de las nuevas potencias de luminarias led, con un correcto dimensionamiento e instalación se trata de mitigar el efecto de la contaminación lumínica, y desperdicio energético.

En el mundo se encuentran ejemplos de algunas medidas de mitigación de la contaminación lumínica, en el país insular de Niue, ubicado en el Pacífico, fue el primer país en convertirse en santuario internacional del cielo oscuro certificado en 2020. Nueva Zelanda es otro país que toma acciones para la protección de su cielo oscuro, Francia en 2019, impuso una nueva ley que establece límites estrictos sobre cómo y cuándo brilla la luz por la noche. En Estados Unidos, el programa Lights Out de la National Audubon Society, cuando es periodo de paso de aves migratorias, avisa y sugiere a reducir sus luces nocturnas en las ciudades de San Francisco y New York (National Geographic, 2023).

CONCLUSIONES

La aplicación de luminarias con temperatura de color con bajo contenido de luz azul, tiene implicaciones significativas para la sostenibilidad ambiental y la salud de las comunidades rurales.

Al adoptar luminarias LED de 2700 K, se puede lograr una iluminación eficiente, cumpliendo con los niveles de iluminación solicitados por la regulación 007/23 (ARCERNR, 2022), minimizando la afectación de los ritmos naturales de personas, animales y plantas.

De los resultados de las simulaciones e informe técnico de ensayo con gonio fotómetro, sobre las curvas de utilización, se puede concluir que es importante realizar las simulaciones necesarias antes de la instalación de las luminarias a una determinada inclinación, ya que de esto dependerá el aprovechar la iluminación y llevarla solo donde se necesita, evitando iluminar cultivos, por ejemplo.

La contaminación lumínica es un problema que afecta tanto a áreas urbanas como rurales, por lo que es de especial cuidado el no sobre iluminar los espacios. En el caso de las zonas rurales, el cambio de un cielo oscuro con la única iluminación de la luna y las estrellas, a la luz artificial puede tener consecuencias sobre los seres vivos.

Es fundamental seguir los buenos ejemplos de otros países en la protección de un cielo oscuro, las personas desde sus hogares pueden ayudar a contribuir en disminuir la contaminación lumínica no dejando escapar la luz de sus hogares al exterior, con medidas como instalación de persianas o cortinas pesadas, apagando las luces innecesarias, el primer paso es ser consciente que el problema existe y no minimizarlo, con el presente artículo se espera aportar con el conocimiento de la problemática, y que cada individuo debe ser consciente en dar desde su lugar su solución.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(IAA-CSIC), I. de A. de A. (2021). *La contaminación lumínica ha aumentado al menos un 49% en los últimos 25 años.*

<https://www.iaa.csic.es/noticias/contaminacion-luminica-ha-aumentado-al-menos-49-en-ultimos-25-anos>

ARCERNR. (2022). Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables – ARCOM. In *Jrifo. AACtl!Nflll* (Vol. 20, pp. 2–6).

<https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/regulacion-y-control/%0Ahttps://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/>

Blog 20 minutos, P. A. P. (CSIC)*. (2021). *Contaminación lumínica: ¿cómo nos afecta el exceso de luz?* <https://www.20minutos.es/ciencia/blogs/ciencia-para-llevar-csic/contaminacion-luminica-como-nos-afecta-exceso-luz-5601578/>

Chepesiuk, R. (2017). Extrañando la oscuridad. *Salud Ambiental*, 52(5), 10.

Czeisler, C. A. (1995). The effect of light on the human circadian pacemaker. *Ciba Foundation Symposium*, 183, 254–302.
<https://doi.org/10.1002/9780470514597.ch14>

Dark Sky Association (IDA). (2020). *La ruptura circadiana puede incrementar el riesgo de, seno y próstata, y otros problemas de salud.*

[https://darksky.org/app/uploads/2021/01/Light-Pollution-Can-Put-Your-Health-at-Risk-Spanish-12-2020.pdf#:~:text=La ruptura circadiana puede incrementar el riesgo de, seno y próstata, y otros problemas de salud.](https://darksky.org/app/uploads/2021/01/Light-Pollution-Can-Put-Your-Health-at-Risk-Spanish-12-2020.pdf#:~:text=La%20ruptura%20circadiana%20puede%20incrementar%20el%20riesgo%20de,%20seno%20y%20pr%C3%B3stata,%20y%20otros%20problemas%20de%20salud.)

Dark Sky Association (IDA). (2021). *La contaminación lumínica puede amenazar tu salud.* <https://darksky.org/app/uploads/2021/01/Light-Pollution-Can-Put-Your-Health-at-Risk-Spanish-12-2020.pdf>

Dark Sky Association (IDA). (2023). *La contaminación lumínica desperdicia energía y dinero.* <https://darksky.org/app/uploads/2023/10/DarkSky-Light-Pollution-Wastes-Energy-and-Money-Spanish-07-2023-1.pdf>

de Miguel, A. S., Bennie, J., Rosenfeld, E., Dzurjak, S., & Gaston, K. J. (2021). First estimation of global trends in nocturnal power emissions reveals

acceleration of light pollution. *Remote Sensing*, 13(16), 1–12.

<https://doi.org/10.3390/rs13163311>

Fontana, J. L., Scozzina, E. F., Marder, V., Ramírez, J. L., & Lin, A. D. J. (2021). Contaminación lumínica: la iluminación Led. Un análisis del conocimiento actual de sus efectos sobre plantas y animales. *Extensionismo, Innovación y Transferencia Tecnológica*, 7, 60. <https://doi.org/10.30972/eitt.704765>

Hangzhou ZGSM Technology Co., L. (2024). *Algo sobre la iluminación IDA y la ZGSM iluminación exterior DarkSky*. <https://es.zgsm-china.com/blog/something-about-ida-lighting-and-zgsm-dark-sky-outdoor-lighting.html>

INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION. (n.d.). *GUIDELINES FOR MINIMIZING SKY GLOW*. http://qc.spw.wallonie.be/fr/normes/doc/cie_126.pdf

National Geographic. (2022). *La sostenibilidad lumínica a debate: el lado más oscuro de la luz LED*. <https://www.nationalgeographic.es/ciencia/2022/02/la-sostenibilidad-luminica-a-debate-el-lado-mas-oscuro-de-la-luz-led>

National Geographic. (2023). *Apagar la luz ayuda a los insectos y animales mucho más de lo que te imaginas*. <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/2023/04/contaminacion-luminica-apagar-luz-ayuda-insectos-animales>

Owens, A. C. S., & Lewis, S. M. (2018). The impact of artificial light at night on nocturnal insects: A review and synthesis. *Ecology and Evolution*, 8(22), 11337–11358. <https://doi.org/10.1002/ece3.4557>

Sanders, D., Hirt, M. R., Brose, U., Evans, D. M., Gaston, K. J., Gauzens, B., & Ryser, R. (2023). How artificial light at night may rewire ecological networks: concepts and models. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 378(1892), 20220368. <https://doi.org/10.1098/rstb.2022.0368>

Savvidis, C., & Koutsilieris, M. (2012). Circadian rhythm disruption in cancer biology. *Molecular Medicine*, 18(9), 1249–1260. <https://doi.org/10.2119/molmed.2012.00077>

Seymoure, B., Dell, A., Hölker, F., & Kalinkat, G. (2023). A framework for untangling the consequences of artificial light at night on species interactions.

Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences, 378(1892), 20220356. <https://doi.org/10.1098/rstb.2022.0356>

Touzot, M., Lengagne, T., Secondi, J., Desouhant, E., Théry, M., Dumet, A., Duchamp, C., & Mondy, N. (2020). Artificial light at night alters the sexual behaviour and fertilisation success of the common toad. *Environmental Pollution (Barking, Essex : 1987)*, 259, 113883. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113883>

Varela Perez, A. M. (2023). The increasing effects of light pollution on professional and amateur astronomy. *Science (New York, N.Y.)*, 380(6650), 1136–1140. <https://doi.org/10.1126/science.adg0269>