

Análisis de optimización de la tecnología de iluminación en el sector público para la ciudad de Esmeraldas

Optimization analysis of lighting technology in the public sector for the city of Esmeraldas

Marietta Paulette Chaux-Terán

marietta.chaux.teran@utelvt.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-4599-6721>
Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas,
Ecuador

Kevin Steeven Vivar-Montañó

kevin.vivar.montano@utelvt.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-6661-8004>
Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas,
Ecuador

Francisco Abel Gresely-Santi

francisco.gresely@utelvt.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-0684-2121>
Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas,
Ecuador

Jorge Leonardo Robles-Hidrovo

jorge.robles@utelvt.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-0613-4053>
Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas,
Ecuador

Luis Adrián González-Quiñonez

luis.gonzalez@utelvt.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-5026-0028>
Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas,
Ecuador

Ismael Elías Erazo-Velasco

ismael.erazo@utelvt.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-7647-4611>
Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas,
Ecuador

RESUMEN

En este artículo se realizó un análisis bibliográfico para determinar cuán óptimo resulta la migración a la tecnología LED en la iluminación del sector público de la ciudad de Esmeraldas, focalizado en mejorar la eficiencia energética y el rendimiento de la iluminación utilizada en los espacios públicos, mediante la aplicación del mantenimiento correctivo al alumbrado del sector público. El alumbrado público representa un porcentaje de consumo muy significativo de la energía producida, que a su vez se refleja en altos costos, esto haciendo referencia a los métodos de iluminación convencional para espacios públicos, los cuales también aportan una cantidad apremiante de CO₂ además de ser un factor alterante de los ecosistemas nocturnos. Este análisis buscó identificar oportunidades para reducir el consumo de energía y mejorar la calidad de la iluminación en áreas urbanas, por lo tanto, se pretende crear conciencia sobre el uso de la tecnología LED para los espacios públicos, es decir, implicó estudiar las todas las necesidades de iluminación de las diferentes áreas que se van a iluminar, evaluar el desempeño de los sistemas de iluminación existentes y así proponer soluciones de mejora, lo que permitirá reducir la demanda energética que este sector genera y dejando sentadas bases para el desarrollo de iluminación y ciudades inteligentes. Consecuentemente como resultado, las ciudades inteligentes ofrecen grandes e importantes ventajas que mejoran en mayor medida, el uso eficiente de la energía, la sostenibilidad y reducción de la demanda energética.

Palabras claves: Alumbrado, tecnología LED, ciudad inteligente, demanda.

ABSTRACT

In this article, a bibliographic analysis was carried out to determine how optimal the migration to LED technology is in lighting in the public sector of the city of Esmeraldas, focused on improving energy efficiency and the performance of lighting used in public spaces, through the application of corrective maintenance to lighting in the public sector. Public lighting represents a very significant percentage of consumption of the energy produced, which in turn is reflected in high costs, this referring to conventional lighting methods for public spaces, which also contribute a pressing amount of CO₂ in addition to being an altering factor of nocturnal ecosystems. This analysis sought to identify opportunities to reduce energy consumption and improve the quality of lighting in urban areas, therefore, it is intended to create awareness about the use of LED technology for public spaces, that is, it involved studying all the lighting needs of the different areas that are going to be illuminated, evaluate the performance of the existing lighting systems and thus propose improvement solutions, which will reduce the energy demand that this sector generates and laying the foundations for the development of lighting and smart cities. Consequently as a result, smart cities offer great and important advantages that further improve the efficient use of energy, sustainability and reduction of energy demand.

Keywords: Lighting, LED technology, smart city, demand.

INTRODUCCIÓN

La realidad del mundo moderno difícilmente podría ser imaginada sin la iluminación presente en hogares, sitios de educación, oficinas o el sector público, es en este último donde haremos énfasis, pues es este sector el que concentra el 20% de la energía eléctrica generada y resulta que la tecnología de alumbrado público convencional aporta con considerables emisiones de CO₂ de manera indirecta, pues más demanda de energía representa un aumento de la quema de combustibles fósiles lo que consecuentemente resulta en un aumento exponencial de las emisiones de dióxido de carbono.

La principal diferencia que tenemos los países tercermundistas frente a los de primer mundo es la inversión de recursos destinados al sector de alumbrado público, un ejemplo claro de esto es las inversiones en la ciudad de Nueva York, donde se han implementado sistemas de bajo consumo de energía, lo que se traduce en ahorros considerables de la energía que producen. Es por esto que se pretende concientizar sobre el uso de nuevas tecnologías en las áreas de alumbrado público, llevando el uso convencional de alumbrado a métodos más sofisticados como lo es la iluminación LED [1].

Con este cambio de método de alumbrado abrimos posibilidades encaminadas a una ciudad inteligente; que es una forma de desarrollo urbano que pretende dar una ciudad más habitable y cómoda a través de soluciones avanzadas por parte de las tecnologías de la información y comunicación (TIC) y el internet de las cosas (IoT). Haciendo enfoque de estas tecnologías al área del alumbrado público podemos tener una mejora de la calidad de la energía eléctrica por medio de la supervisión, la reducción del consumo de energía, la optimización de la eficiencia energética del alumbrado público y la reducción de los costes de mantenimiento. El alumbrado público inteligente se basa en la utilización de la tecnología LED a diferencia de las tecnologías de iluminación convencionales:

- Sodio de alta presión (HPS)
- Sodio de baja presión (LPS)
- Halogenuros metálicos (MH)
- Mercurio de alta presión (HPL)

Entre las ventajas que ofrece el uso de la tecnología LED tenemos:

- Menor potencia con el mismo flujo luminoso y menores pérdidas de funcionamiento.
- Mayor vida útil que se refleja en menor mantenimiento.
- Reproducción adecuada del color.
- Alcanza rápidamente toda la potencia luminosa.
- Transición rápida de encendido a apagado sin efectos nocivos.

La principal desventaja que se tiene del cambio a la tecnología LED es el coste inicial elevado que resulta opacado por la alta reducción de la demanda energética [2].

Tecnología en alumbrado

Para lograr determinar de una manera lo más eficiente posible la viabilidad de la migración hacia esta tecnología de alumbrado se ha recopilado información de varios artículos que serán expuestos a continuación.

El primero de estos publicado en el 2017 toma como caso de estudio a Suecia donde estiman que la migración a la tecnología led les brindará una reducción de hasta un 50% del consumo energético frente a los equipos de iluminación existentes. Uno de los obstáculos que encontraron fue que el proceso de cambio a esta tecnología es muy lento pues tenían prácticas ineficaces en la organización de proyectos de construcción y renovación creando barreras para un liderazgo eficaz en la adopción de soluciones innovadoras en la contratación pública. Otro de los obstáculos destacables es la falta de conocimientos entre los proveedores de soluciones de iluminación y los compradores del sector público dado que en la mayoría de los casos la información de los proveedores de soluciones suele ser muy técnica e incomprensible para los responsables de la toma de decisiones en el sector público [3].

En Brasil se llevó a cabo una evaluación de la actualización de la tecnología del alumbrado público, pues debido al alto crecimiento poblacional se ve incrementado el consumo energético y surge esta preocupación por soluciones tecnológicas aplicadas a la iluminación del sector público donde se pretende migrar del uso de las lámparas de vapor de sodio de alta presión (VSAP) ocupadas en vías públicas, al empleo de la tecnología LED. Se llegó a un valor estimado de reducción del consumo energético de hasta un 61% en el sector público con la implementación de la tecnología LED, y además para llevar a cabo este proyecto en el país ya existen políticas y programas para mejorar la eficiencia del sistema nacional de alumbrado [4].

Tenemos Albania donde la mayoría de los sistemas de alumbrado público están anticuados, por esto se solicitó un estudio con el fin de analizar el estado actual del alumbrado público en los municipios de Albania y de esta manera demostrar las reducciones de energías en los municipios seleccionados por medio de la reconversión de las farolas utilizando la nueva tecnología LED de una alta eficiencia energética. Lo que se busca principalmente es reducir las emisiones de CO₂ de los firmantes en más de un 20% mediante medidas de energía sostenible en varios de sus territorios. Los resultados del presente estudio para ambos de los municipios que lo conformaban han demostrado que invertir en sistemas de iluminación energéticamente eficientes, no solo es rentable y sostenible, sino que también mejora la calidad de la iluminación [5].

Barcelona es una ciudad que está experimentando varios proyectos inteligentes, uno de estos se refiere al sistema de alumbrado público conocido como (Proyecto SIIUR), este proyecto pretende integrar la infraestructura TIC en los sistemas de alumbrado público con el fin de ofrecer nuevos servicios a los ciudadanos y de esta manera reducir el consumo energético del alumbrado público por lo cual incluiría la nueva instalación de farolas que contienen varios tipos de sensores [6].

Egipto se une a estos posibles proyectos de mejora eficiente con el proyecto PNU/FMAM de mejora de la eficiencia

energética de la iluminación y electrodomésticos, desde el punto de vista político este proyecto se considera una herramienta importante para alcanzar el objetivo cuantitativo de ahorrar el 20% del consumo actual de, sin embargo los principales obstáculos para acelerar el proceso de transformación en fuentes de iluminación vendría a ser: la falta de concientización entre los consumidores y en cierta medida, los minoristas sobre las ventajas que tendrá esta iluminación. El objetivo del proyecto es mejorar la EE de la iluminación y los electrodomésticos, con el fin de lograr una transformación total del mercado hacia unos sistemas de iluminación y unos electrodomésticos más eficientes [7].

Fuentes de iluminación eficientes

El ahorro energético o más conocidos como las fuentes de iluminación eficientes tuvieron inicio en la década de 1980, cuando llegaron al mercado las lámparas fluorescentes compactas. En aquel entonces, muchos países intentaron llevar a cabo iniciativas para la transformación, pero se enfrentaron a varios retos los cuales hicieron su proceso de cambio más lento.

Hoy en día, la transformación hacia fuentes de energía más eficientes se vuelve a poner en manifiesto, con la aparición de la tecnología de iluminación LED, la cual nos brinda términos de una mayor vida útil, versatilidad y calidad, debido a su crecimiento de competitividad en costes [8].

Alumbrado Público Convencional

Cuando nos referíamos al alumbrado público convencional, sabemos que, es el sistema de iluminación utilizado en casi todas las ciudades del mundo. Este se trata de un sistema de iluminación basado en lámparas de vapor de sodio o mercurio que proporciona luz a las calles, parques y plazas durante la noche. A pesar de ser muy utilizado, este sistema de alumbrado público tiene ciertos problemas y limitaciones. Es decir, es un sistema que demanda el consumo de mucha energía, lo que significa altos costos de electricidad para el estado y para los usuarios. Además, estas lámparas convencionales tienen una vida útil limitada y requieren un mantenimiento constante para asegurar su correcto funcionamiento, producen también una gran cantidad de contaminación lumínica.

Como sabemos la luz emitida por las lámparas convencionales de alta intensidad y se extiende más allá de las áreas que necesitan ser iluminadas, lo que puede interferir en el entorno natural como la fauna y la noche del cielo. Por último, se dice que, el alumbrado público convencional no es muy eficaz en términos de seguridad, debido a que la iluminación de las calles puede ser insuficiente o mal distribuida, lo que puede crear zonas oscuras y estas a su vez crear espacios donde los delitos pueden ocurrir con mayor facilidad. A pesar de todos estos problemas mencionados, el alumbrado público tradicional sigue siendo el sistema más común en todo el mundo. Sin embargo, cada vez más gobiernos están considerando alternativas más eficientes y sostenibles, como la iluminación LED y la iluminación inteligente [9].

Alumbrado Público Led

El alumbrado público LED es una tecnología de iluminación actualizada, que se ha convertido en la alternativa más acogida y popular en todo el mundo. Es de saber que la tecnología LED utiliza diodos emisores de luz en lugar de lámparas de vapor de sodio o mercurio para de esta manera proporcionar iluminación eficiente y sostenible a las calles, parques y plazas durante la noche.

El sistema LED presenta varias ventajas en comparación con las tecnologías de iluminación tradicionales, las cuales son:

- Mayor eficiencia energética: Los sistemas de iluminación LED consumen significativamente menos energía que los sistemas de iluminación tradicionales, lo que se traduce en ahorros de energía y dinero a largo plazo.
- Mayor vida útil: Los LED tienen una vida útil mucho más larga que las tecnologías de iluminación tradicionales, lo que significa que requieren menos mantenimiento y sustitución, lo que ahorra tiempo y dinero.
- Mejor calidad de luz: Emite una luz más brillante y uniforme que la iluminación tradicional, lo que mejora la visibilidad y la seguridad en las calles y carreteras.
- Menor contaminación lumínica: La iluminación LED tiene una dirección más precisa, lo que reduce la dispersión de luz hacia el cielo y otros lugares no deseados, lo que significa que el cielo nocturno puede ser más visible y que los ecosistemas circundantes pueden verse menos afectados.
- Mayor control: La tecnología LED permite un mayor control de la iluminación, incluyendo la capacidad de ajustar el nivel de iluminación y el tono de la luz para adaptarse a las necesidades específicas de una ubicación determinada, lo que puede mejorar la eficacia de la iluminación y reducir el consumo de energía en áreas de menor tránsito.

Además de todo esto, el alumbrado LED puede ser programado para proporcionar distintos niveles de iluminación en diferentes momentos del día, lo que puede ayudar a reducir la demanda de energía eléctrica durante los momentos de

mayor carga en la red eléctrica. También es posible agregar sensores de movimiento para que las luces se enciendan solo cuando se detecta actividad, lo que puede ayudar a reducir aún más el consumo de energía [10].

Alumbrado Público Inteligente

Es un sistema de iluminación que utiliza tecnología avanzada, como sensores, dispositivos de control y software de gestión, para así mejorar la eficiencia energética, reducir costos y mejorar la calidad de vida de los ciudadanos. Este tipo de alumbrado público inteligente utiliza tecnología LED de alta eficiencia energética y sensores que permiten ajustar la intensidad de la luz en función de la actividad y la presencia de personas. Esto permite reducir el consumo de energía y los costos de mantenimiento, ya que el sistema se adapta automáticamente a las condiciones cambiantes del ambiente.

Además de esto, el alumbrado público inteligente puede incluir una plataforma de gestión que permite controlar y monitorear el sistema de iluminación desde una ubicación centralizada. Esto permite a las autoridades municipales programar la iluminación en función de las necesidades de la ciudad, como eventos especiales o horarios específicos, y recibir alertas en tiempo real si se detecta algún problema en el sistema. Algunas de las características del alumbrado público inteligente incluyen:

- Control automático de la intensidad de la luz en función de la actividad y la presencia de personas.
- Sensorización para detectar vehículos, peatones y otras condiciones ambientales.
- Plataforma de gestión centralizada para controlar y monitorear el sistema de iluminación.
- Tecnología LED de alta eficiencia energética.
- Reducción de costos y consumo de energía.

Entonces podemos decir que, el alumbrado público inteligente es una solución innovadora y sostenible que utiliza tecnología avanzada para mejorar la seguridad, la eficiencia energética, reducir costos y mejorar la calidad de vida de los ciudadanos [2].

Ciudades con alumbrado público inteligente

Cada vez son más las ciudades que se suman al cambio e integran los sistemas de alumbrado público inteligente. Aquí se dan a conocer algunas ciudades que han implementado este sistema:

- Barcelona, España: La ciudad de Barcelona ha llevado a cabo un proyecto de renovación de su alumbrado público, reemplazando más de 100,000 luminarias por tecnología LED. Además, se ha incorporado un sistema de gestión inteligente que permite ajustar la intensidad de la luz en función del tráfico y las necesidades de los peatones. El sistema también incluye sensores para detectar la presencia de vehículos y peatones, lo que permite ajustar el alumbrado en tiempo real.
- Copenhague, Dinamarca: Copenhague ha implementado un sistema de alumbrado público inteligente en su barrio de Nordhavn, que utiliza sensores y tecnología LED para ajustar la intensidad de la luz en función de la actividad y la presencia de personas. El sistema también permite programar la iluminación de los edificios y espacios públicos para crear una experiencia más atractiva y agradable para los peatones.
- San Diego, Estados Unidos: La ciudad de San Diego ha implementado un sistema de alumbrado público inteligente que utiliza sensores para detectar la presencia de vehículos y peatones, así como para medir la calidad del aire y el ruido en el ambiente. Los sensores se conectan a una plataforma de gestión que permite ajustar la intensidad de la luz en tiempo real y reducir el consumo de energía durante los momentos de menor actividad.
- Singapur: La ciudad-estado de Singapur ha implementado un sistema de alumbrado público inteligente que utiliza sensores para ajustar la intensidad de la luz en función de la actividad y la presencia de personas, así como para monitorear el tráfico y la calidad del aire. El sistema también incluye una plataforma de gestión que permite programar la iluminación en función de las necesidades de la ciudad y reducir el consumo de energía en los momentos de menor actividad [11].

Las ciudades inteligentes, también conocidas como ciudades digitales o ciudades conectadas, son aquellas que utilizan tecnología y datos para mejorar la calidad de vida de sus habitantes, reducir costos y mejorar la eficiencia en el uso de los recursos.

Una ciudad inteligente utiliza sensores y dispositivos conectados para recopilar y analizar datos en tiempo real, lo que permite mejorar la gestión de los servicios públicos, como el transporte, la energía, el agua y el alumbrado público. Además, las ciudades inteligentes suelen tener servicios y aplicaciones digitales que permiten a los ciudadanos acceder a información y servicios públicos de manera más eficiente y cómoda. En el gráfico 1 podemos apreciar algunos de los

elementos que conforman una ciudad inteligente [12].

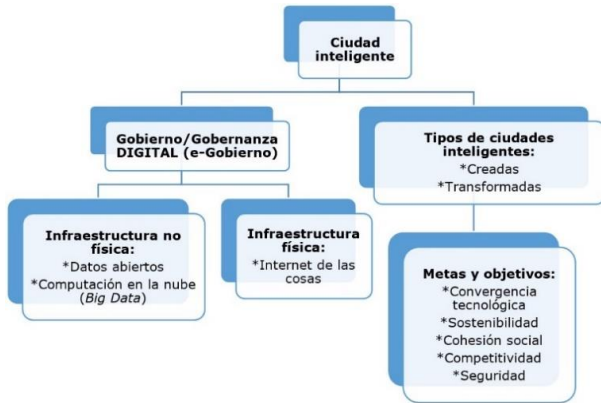


Gráfico 1. Elementos de una ciudad inteligente y sostenible [13].

Algunos ejemplos de tecnologías y aplicaciones utilizadas en ciudades inteligentes incluyen:

- Sensores para recopilar datos sobre el tráfico, la calidad del aire, el nivel de ruido y otros factores ambientales.
- Sistemas de alumbrado público inteligente, que ajustan la intensidad de la luz en función de la actividad y la presencia de personas.
- Aplicaciones móviles que permiten a los ciudadanos acceder a información y servicios públicos, como el transporte público y la gestión de residuos.
- Sistemas de transporte inteligentes, que utilizan sensores y datos para optimizar la gestión del tráfico y reducir los tiempos de espera y las congestiones.

Sistemas de gestión de energía y agua, que permiten a las ciudades optimizar el uso de estos recursos y reducir costos.[13]

RESULTADOS

En la siguiente tabla podremos evidenciar las comparaciones tecnológicas que se tienen de las diversas tecnologías que se emplean para brindar iluminación al sector público.

Tabla 1. Tecnologías de iluminación del sector público

Tecnología	Temperatura color (K)	IRC (%)	Eficiencia luminosa(lm/W)	Vida media(horas)
Vapor de Mercurio	3000-4000	40-55	45-58	9000-15000
Vapor de Sodio	2000	22	80-150	18000-32000
Vapor Metálico	3000-6000	65-85	65-90	8000-12000
LED	4000	80-90	80-110	6000

De los datos obtenidos podemos apreciar en la siguiente tabla expresado de manera cuantitativa el tipo y la cantidad de esas luminarias usadas en el sector público correspondiente a PROCEL BRILLA del país de Brasil; de la cual podemos evidenciar que existía una nula utilización de la tecnología led implementada en puntos de alumbrado en el sector público.

Tabla 2. Tipos de lámpara y su participación en el sector público

Tipo de lámpara	Cantidad	Participación
Vapor de Sodio	9.294,611	62.9%
Vapor de Mercurio	4.703,012	31.8%
Mixto	328.427	2.2%
Incandescente	210,417	1.4%
Fluorescente	119.535	0.8%
Multi-Vapor Metálico	108.173	0.7%
Otros	5.134	0.03%
TOTAL	14.769,309	

Por su parte se muestran datos de estimaciones de consumo en un periodo de 4 años a su vez las estimaciones de las emisiones de CO₂ que se generan para este consumo energético.

Tabla 3. Emisiones y consumo estimado en 4 años

	Ahorro energético medio estimado%	Ahorro energético anual estimado MWh	Emisiones de CO ₂ t
Alumbrado Publico	32.29	2,878	1,151

En la Tabla 4 que se muestra a continuación se simuló cálculos referentes a consumo generado únicamente en el sector público tanto con un mantenimiento de la tecnología existente como el cambio a la tecnología led.

Tabla 4. Comparativa de consumo energético.

Escenario	Consumo energético en MWh		Comparación de consumo%
	2016	2020	
Sin reemplazar	11582	16215	40%
Reemplazo a LED	11582	13250	14%

CONCLUSIONES

En la actualidad, la tecnología LED es la más empleada para este tipo de proyectos. Los altos niveles luminotécnicos y la gran eficiencia energética que garantiza esta tecnología compensan su elevado coste actual. La incorporación de tecnología LED en todo tipo de alumbrado exterior es muy recomendable, ya que el LED cuenta con una vida útil aproximada de 50.000 horas de funcionamiento, duración que, actualmente, ninguna otra tecnología existente logra alcanzar a igualdad de prestaciones técnicas.

El uso de luminarias led, permite contrarrestar la contaminación ambiental que es producida por otro tipo de luminarias, como son las luminarias de vapor de mercurio y vapor de sodio.

Los costos de mantenimiento de las luminarias led son reducidos en comparación con otro tipo de luminarias, estas luminarias led permiten tener una mejor eficiencia energética, porque no se tiene pérdidas de energía, como las que se tiene con la iluminación tradicional.

Como conclusión podemos decir, que la sustitución de los sistemas de iluminación pública convencional a base de presión en lámparas que utilizan Sodio o Mercurio por los sistemas de iluminación pública es una decisión inteligente gracias a la sostenibilidad. Este sistema nos presenta más eficiencia en términos energéticos y tiene una vida útil más larga que las tecnologías de iluminación tradicionales, lo que significa que se reduce el consumo de energía y la necesidad de reemplazar las lámparas con frecuencia.

Para concluir se verifica que la tecnología cada vez avanza y mejora, de tal manera que las personas la utilizamos para hacernos la vida de más calidad, entonces implementar la iluminación LED es un reflejo de que se ha revolucionado el mundo gracias a que nos brinda ventajas en comparación con las antiguas lámparas utilizadas. Los LED son más eficientes y menos tóxicos ya que no coinciden con químicos como el mercurio y nos agiliza un mayor control de iluminación.

El cambio a la tecnología LED es un aporte importante para reducir el consumo energético en la ciudad de Esmeraldas, así mismo como obtener una mejora significativa en la calidad de la iluminación, teniendo espacios mejor iluminados, reduciendo riesgos de accidentes tanto en peatones como en conductores que se encuentren circulando por el sector en cuestión.

Recomendaciones

La introducción del alumbrado público LED y el alumbrado inteligente puede tener varias recomendaciones:

Eficiencia energética mejorada

Los sistemas de iluminación LED usan menos energía que las bombillas tradicionales, lo que puede reducir

significativamente los costos de energía y reducir su huella de carbono.

Mayor durabilidad

Los sistemas de iluminación LED duran más que las bombillas tradicionales, lo que significa menos necesidad de reemplazarlas y menores costos de mantenimiento.

Calidad de luz mejorada

Los sistemas de iluminación LED pueden proporcionar una iluminación más uniforme y brillante que las bombillas tradicionales, lo que puede aumentar la seguridad en las calles y mejorar la percepción visual de las personas.

Mayor control y flexibilidad

La iluminación inteligente nos permite un mejor control y mayor flexibilidad en el manejo de los sistemas de iluminación pública. Esto debido a que los sensores detectan la presencia de personas y vehículos, lo que da acceso a que la iluminación se adapte a las necesidades puntuales de cada situación. También puede existir una mayor flexibilidad en la programación relacionada a la iluminación, entonces nos permite que, los niveles de luz se ajusten de manera automática a diferentes horas del día y de la noche.

Reducción de la contaminación lumínica

Los sistemas de iluminación LED pueden ser diseñados para reducir la contaminación lumínica que afecta al entorno natural y también minimizar el impacto en la vida nocturna de los animales y la flora.

En general, la implementación del sistema de alumbrado público LED y los sistemas de iluminación inteligente puede resultar en una mayor eficiencia energética, una mayor durabilidad, una mejora en la calidad de la luz, un mejor control, una mayor flexibilidad, y una reducción en la contaminación lumínica. Todo esto puede mejorar la calidad de vida de las personas y reduce la inseguridad debido a la oscuridad en ciertos puntos y así hacer que las calles sean más seguras y agradables para un tránsito libre por la noche.

REFERENCIAS

- [1] J. P. Pallo, S. Manzano, D. Chicaiza, C. Nunez, F. Placencia, and F. Nunez, "Wireless system for control, monitoring and preventive maintenance of public street lighting," in *2018 13th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*, IEEE, Jun. 2018, pp. 1–6. doi: 10.23919/CISTI.2018.8399382.
- [2] Z. Perko, D. Topic, and J. Perko, "Standardized system for monitoring and control of public lighting networks," in *2017 International Conference on Smart Systems and Technologies (SST)*, IEEE, Oct. 2017, pp. 45–50. doi: 10.1109/SST.2017.8188668.
- [3] A. Plepys and J. L. Richter, "Public procurement barriers in promoting market uptake of innovative LED lighting," in *2016 Electronics Goes Green 2016+ (EGG)*, IEEE, Sep. 2016, pp. 1–8. doi: 10.1109/EGG.2016.7829864.
- [4] J. Araujo, L. Silva, L. Oliveira, M. Fortes, B. Borba, and A. Colombini, "Assessment of the Technological update of Public Lighting in Brazil," *IEEE Latin America Transactions*, vol. 18, no. 06, pp. 985–991, Jun. 2020, doi: 10.1109/TLA.2020.9099674.
- [5] A. Spahiu, L. Dharmo, and O. Zavalani, "LED Street Lighting Application in Municipality of Tirana," in *2018 International IEEE Conference and Workshop in Óbuda on Electrical and Power Engineering (CANDO-EPE)*, IEEE, Nov. 2018, pp. 000211–000216. doi: 10.1109/CANDO-EPE.2018.8601180.
- [6] E. R. Sanseverino, G. Scaccianoce, V. Vaccaro, G. Zizzo, and S. Pennisi, "Smart city and public lighting," in *2015 IEEE 15th International Conference on Environment and Electrical Engineering (EEEIC)*, IEEE, Jun. 2015, pp. 665–670. doi: 10.1109/EEEIC.2015.7165244.
- [7] M. M. Omran, V. Aziz, and K. Youssef, "Energy Efficient Lighting System," in *2019 21st International Middle East Power Systems Conference (MEPCON)*, IEEE, Dec. 2019, pp. 307–310. doi: 10.1109/MEPCON47431.2019.9008179.
- [8] F. Li, D. Chen, X. Song, and Y. Chen, "LEDs: A Promising Energy-Saving Light Source for Road Lighting," in *2009 Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference*, IEEE, Mar. 2009, pp. 1–3. doi: 10.1109/APPEEC.2009.4918460.
- [9] C. Casagrande, F. Nogueira, M. Salmento, and H. Braga, "Efficiency in Street Lighting Projects by Employing LED Luminaires and Mesopic Photometry," *IEEE Latin America Transactions*, vol. 17, no. 06, pp. 921–929, Jun. 2019, doi: 10.1109/TLA.2019.8896814.
- [10] E. Anthopoulou and L. Doulos, "The effect of the continuous energy efficient upgrading of LED street lighting technology: The case study of Egnatia Odos," in *2019 Second Balkan Junior Conference on Lighting (Balkan Light Junior)*, IEEE, Sep. 2019, pp. 1–2. doi: 10.1109/BLJ.2019.8883662.
- [11] C. B. Soha, J. J. Tan, K. J. Tseng, W. L. Woo, and J. W. R. Teo, "Intelligent Street Lighting for Smart Cities," in *2018 IEEE Innovative Smart Grid Technologies - Asia (ISGT Asia)*, IEEE, May 2018, pp. 1027–1031. doi: 10.1109/ISGT-Asia.2018.8467767.
- [12] E. Mardacany, "Smart cities characteristics: Importance of built environment components," in *IET Conference on Future Intelligent Cities*, Institution of Engineering and Technology, 2014, pp. 4 (6 .)-4 (6 .). doi: 10.1049/ic.2014.0045.
- [13] R. Alvarado López, "Bucket List 2020," *PAAKAT: Revista de Tecnología y Sociedad*, vol. 7, no. 13, p. 4, 2017, doi: <https://doi.org/10.18381/Pk.a7n13.299>.
- [14] García-Tenorio, F. A. ., Simisterra-Quintero, J. J. ., Barre-Cedeño, K. N. ., Bautista-Sánchez, J. V. ., & Chere-Quiñónez, B. F. . (2022). Evaluación técnica, económica y ambiental del cambio del sistema de alumbrado público de la ciudadela Costa Verde-Esmeraldas a tecnología LED. *Sapienza: International Journal of Interdisciplinary Studies*, 3(7), 245–260. <https://doi.org/10.51798/sijis.v3i7.538>.