



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

**SEDE GUAYAQUIL**

**CARRERA DE ELECTRICIDAD**

**EFFECTOS EN LAS REDES ELÉCTRICAS DE DISTRIBUCIÓN EN  
BAJA TENSIÓN POR LA APLICACIÓN DE LAMPARAS LED EN  
EL SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO**

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Título de Ingeniero Eléctrico

**AUTORES:** JUAN CARLOS SANTILLAN SANISACA

DENNYS JOSUE MEDINA VILLACIS

**TUTOR:** ING. JUAN CARLOS LATA GARCÍA, PhD

**Guayaquil – Ecuador**

**2023**


**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN**

Nosotros, Juan Carlos Santillán Sanisaca con documento de identificación N° 0920710068 y  
Dennys Josue Medina Villacis con documento de identificación N° 0940291552; manifestamos  
que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la  
Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o  
parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 11 de septiembre del año 2023

Atentamente,



---

Juan Carlos Santillán Sanisaca

0920710068



---

Dennys Josue Medina Villacis

0940291552

## CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Nosotros, JUAN CARLOS SANTILLÁN SANISACA con documento de identificación No. 0920710068 y DENNYS JOSUE MEDINA VILLACIS con documento de identificación No. 0940291552, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del ARTICULO ACADÉMICO: "EFECTOS EN LAS REDES ELÉCTRICAS DE DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN POR LA APLICACIÓN DE LAMPARAS LED EN EL SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: INGENIERO ELÉCTRICO, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 11 de septiembre del año 2023

Atentamente,



Juan Carlos Santillán Sanisaca

0920710068



Dennys Josue Medina Villacis

0940291552

## CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Juan Carlos Lata García, con documento de identificación N° 0301791893, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: EFECTOS EN LAS REDES ELÉCTRICAS DE DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN POR LA APLICACIÓN DE LAMPARAS LED EN EL SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO, realizado por Juan Carlos Santillán Sanisaca con documento de identificación N° 0920710086 y Dennys Josue Medina Villacis con documento de identificación N° 0940291552, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Artículo Académico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 11 de septiembre del año 2023

Atentamente,



Ing. Juan Carlos Lata García, PhD

0301791893

# EFECTOS EN LAS REDES ELÉCTRICAS DE DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN POR LA APLICACIÓN DE LAMPARAS LED EN EL SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO

Dennys Josué Medina Villacís  
Carrera de Electricidad  
Universidad Politécnica Salesiana  
Guayaquil, Ecuador  
dmedinav1@est.ups.edu.ec

Juan Carlos Santillán Sanisaca  
Carrera de Electricidad  
Universidad Politécnica Salesiana  
Guayaquil, Ecuador  
jsantillans@est.ups.edu.ec

Juan Lata -García  
Grupo de investigación GIPI  
Universidad Politécnica Salesiana  
Guayaquil, Ecuador  
jlatag@ups.edu.ec

**Resumen**— El cambio de luminarias de vapor de sodio a luminarias LED es una tendencia cada vez más común en el sistema de alumbrado público y la iluminación urbana, debido a los beneficios que ofrecen como el menor consumo eléctrico, mayor vida útil y mejor calidad de iluminación. Sin embargo, es importante realizar un análisis técnico comparativo para comprender los efectos que puede tener en las redes eléctricas de distribución en baja tensión y determinar si es conveniente realizar la adopción de este tipo de luminarias y cuáles son las diferencias con la iluminación de sodio. Esta investigación tiene como principal objetivo realizar un análisis técnico del cambio de luminarias de sodio a luminarias LED mediante un analizador de redes para evaluar los posibles impactos en las redes eléctricas de distribución en baja tensión. Esto implica analizar diferentes aspectos, como la demanda de energía, la estabilidad del sistema, la calidad de la energía y los armónicos generados. El análisis técnico de luminarias de sodio y luminarias LED en las redes eléctricas de distribución en baja tensión es esencial para comprender y evaluar los efectos que esta transición puede tener en el sistema. Esto proporciona información valiosa para optimizar la operación y el mantenimiento de las redes eléctricas, garantizando un funcionamiento confiable, seguro y eficiente.

**Palabras claves:** *luminarias LED, luminarias de sodio, distorsión armónica.*

**Abstract**—The change from sodium vapor luminaires to LED luminaires is an increasingly common trend in the public lighting system and urban lighting, due to the benefits they offer such as lower power consumption, longer useful life and better lighting quality. However, it is important to carry out a comparative technical analysis to understand the effects that it can have on low-voltage electrical distribution networks and determine if it is convenient to adopt this type of lighting and what are the differences with sodium lighting. The main objective of this research is to carry out a technical analysis of the change from sodium luminaires to LED luminaires using a network analyzer to assess the possible impacts on low voltage electrical distribution networks. This involves analyzing different aspects, such as power demand, system stability, power quality, and generated harmonics. The technical analysis of sodium luminaires and LED luminaires in low voltage electrical distribution networks is essential to understand and evaluate the effects that this transition may have on the system. This provides valuable information to optimize the operation and maintenance of electrical networks, guaranteeing reliable, safe and efficient operation.

**Keywords:** *LED luminaires, sodium luminaires, harmonic distortion.*

## I. INTRODUCCIÓN

El alumbrado público tiene como objetivo dotar de luz o luz artificial a los espacios públicos. Este servicio tiene una influencia directa en la vida de todos los ciudadanos, ya que no solo contribuye a la seguridad vial al facilitar la circulación de vehículos, sino que también posibilita actividades comerciales, turísticas, recreativas, etc. [1]

Los sistemas de iluminación han experimentado profundos avances en las últimas dos décadas, especialmente los relacionados con el uso de la electrónica en los procesos de encendido y activación y la promoción de la eficiencia energética. Hoy en día el consumo de energía es un problema cotidiano con un gran impacto en el presupuesto de cada país. De ahí surge la necesidad de buscar lámparas nuevas y que resulten más eficientes, Según [2] una de las soluciones es el uso de diodos emisores de luz, o LED (light emitting diodes), para crear sistemas de iluminación para entornos domésticos, comerciales, industriales o externos. Los LED se utilizaron, durante varias décadas, con la única función de indicar el estado de funcionamiento de los productos electrónicos. Más recientemente, también se han utilizado como elementos de señalización (luces de emergencia, semáforos, etc.). sin embargo, su uso en iluminación interior o exterior es muy reciente.

Uno de los grandes beneficios que posiblemente resultará del uso a gran escala de este tipo de luminaria es la reducción en el consumo de energía. Según el estudio realizado por [2], alrededor del 50% de la energía consumida en iluminación podría ahorrarse con el uso de iluminación LED en todo el mundo, lo que representaría una disminución de más del 10% en el consumo total de energía.

Además de reducir el consumo de energía, también está el tema ambiental, ya que gran parte de la electricidad que se produce en el mundo proviene de la quema de combustibles fósiles como el carbón y el petróleo. Así, la reducción del consumo eléctrico puede estar directamente ligada a la reducción de la emisión de contaminantes a la atmósfera. Otro punto importante relacionado con el medio ambiente es el uso de elementos químicos pesados (por ejemplo, mercurio) en la construcción de lámparas de descarga. Dichos elementos no se utilizan en lámparas con LED.[3]

Sin embargo, según la investigación de [4] el remplazo de luminarias convencionales por luminarias LED, resultó en problemas de calidad de energía que causan estrictamente los

problemas a la red eléctrica con una alta inyección de armónicos de estas cargas no lineales. Este problema no puede pasarse por alto, especialmente cuando se trata de grandes instalaciones de iluminación junto con otras cargas no lineales. En el artículo del autor se examina la emisión de armónicos de LED en la red de distribución mediante la ejecución de una prueba de laboratorio con varios tipos de marcas del mercado. En las pruebas se mostraron altos niveles de distorsión armónica total en las luces LED, lo que resulta en el principal factor a tener en cuenta al momento de una transición a este tipo de luminarias.

En el estudio de [5] donde se realizó un análisis de la implementación de luminarias LED señalan como resultado, que en su comparación que el cambio de las luces de calle de sodio por las luminarias LED son capaces de satisfacer los requisitos de especificación. Además, el 'Retorno de la inversión' (ROI) muestra que los reembolsos se pueden lograr dentro de los 5 años que es parte del periodo de garantía por parte del fabricante o proveedor. Esto demuestra que la propuesta de reemplazar luminarias de sodio con alumbrado público LED es una propuesta razonable.

## II. ESTADO DEL ARTE

### A. Eficiencia energética de las luminarias led

Las luminarias LED son conocidas por su alta eficiencia energética en comparación con las luminarias de sodio. Esto se debe a que las luminarias LED convierten una mayor proporción de energía eléctrica en luz útil, mientras que las luminarias de sodio generan una cantidad significativa de calor. Al reemplazar las luminarias de sodio por LED, se reduce la carga energética requerida para iluminar un área determinada, lo que puede resultar en una disminución del consumo total de energía eléctrica en la red [5]

### B. Calidad de energía

La calidad de energía es un aspecto crítico en las redes eléctricas. Al reemplazar las luminarias de sodio por LED, es necesario evaluar el impacto en la calidad de energía, especialmente en términos de armónicos, factor de potencia y distorsión armónica total (THD). Si las nuevas luminarias LED generan armónicos significativos o afectan negativamente el factor de potencia, puede ser necesario implementar medidas correctivas, como el uso de filtros activos o pasivos, para garantizar una calidad de energía adecuada [6].

*C. Estabilidad del sistema*  
El cambio de luminarias de sodio a LED puede tener implicaciones en la estabilidad del sistema eléctrico. Es posible que los cambios en la carga y la demanda de energía afecten los perfiles de voltaje y la regulación de tensión en la red. Además, la introducción de nuevas tecnologías puede requerir ajustes en la protección y coordinación de dispositivos de la red eléctrica, como interruptores, relés y transformadores, para garantizar un funcionamiento seguro y confiable del sistema.[7]

### D. Vida útil

La forma de medir el tiempo de utilidad que tiene una luminaria es la vida útil medida en horas, el principal factor que influye en la reducción de la vida útil de las luminarias de sodio es el desgaste del filamento o electrodo. A pesar de que las luces led no generan tanto calor, este es suficiente para

afectar al chip que contiene, acortando considerablemente su vida útil, debido a la sensibilidad de sus componentes [8].

TABLA I. COMPARACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DE LAS LUMINARIAS

Tipo de luminarias	Vida útil
Mercurio AP	10000
Sodio AP	22000
LED	50000

### E. Armónicos en las instalaciones de las luminarias led

Los armónicos son corrientes o tensiones eléctricas con frecuencias múltiplos enteros de la frecuencia fundamental. En el caso de las luminarias LED, el flujo de corriente no es puramente sinusoidal y puede generar armónicos que afectan la calidad de energía de la red eléctrica. Los armónicos pueden causar distorsiones en las formas de onda, sobrecalentamiento de equipos eléctricos y pérdida de eficiencia en la transmisión y distribución de energía.[9]

### F. Distorsión Armónica

Los armónicos de las luminarias led y de inducción son generados por medio de los balastos electrónicos, sin embargo, estos armónicos son suprimidos por medio de filtros incorporados en el equipo.[10]

TABLA II. COMPARACIÓN DE LA DISTORSIÓN ARMÓNICA

Tipo de luminaria	Distorsión armónica (%)
Mercurio AP	≤35%
Sodio AP	≤35%
LED	<10%

### G. Factor de potencia

Según la tesis de [11] se puede describir que el factor de potencia es una medida que determina la eficiencia o rendimiento de un sistema eléctrico, con el cual se mide el aprovechamiento de la energía requerida para realizar el trabajo y se determina a través de la fórmula:

$$F.P = \frac{P}{S} \quad (1)$$

*Ecuación 1 Factor de potencia*

Donde:

F.P = factor de potencia P

= Potencia activa

Q = potencia reactiva

S = Potencia aparente

### H. Fluke 1735

Para la realización de este artículo se utilizó el registrador trifásico de datos eléctricos Fluke 1735 que es una herramienta de análisis de energía y calidad eléctrica, es ideal para realizar estudios de energía.

Además, el analizador tiene la capacidad de almacenar registro de las mediciones eléctrica, es capaz de medir la inmensa mayoría de los parámetros de energía eléctrica y armónicos, permite la visualización de gráficos y facilita la generación de informes. Además, permite capturar eventos de voltaje.[12]





Fig. 1. Herramienta de medición Fluke

### III. METODOLOGÍA

Este estudio aborda de manera exhaustiva los efectos que la adopción de lámparas LED puede tener en estas redes, explorando aspectos como la calidad de energía, la demanda de potencia y la estabilidad del sistema. A través del análisis técnico, se busca comprender cómo su implementación puede influir en la operatividad y eficacia de las redes eléctricas.

Se lleva a cabo un estudio Comparativo. En el cual, se recopilarían datos reales de campo mediante un analizador de redes en diferentes puntos del sistema y los datos proporcionados por la empresa eléctrica. Estos dispositivos permitirían realizar mediciones precisas de los parámetros eléctricos, como el voltaje, la corriente, la potencia y la distorsión armónica, en el sistema de alumbrado público. Los datos recopilados se analizarían y se compararían para evaluar los efectos de la calidad de la energía, la estabilidad del sistema y otros aspectos relevantes.

#### A. Método de obtención de datos.

Con el objetivo de obtener una mayor precisión de los datos, la recolección de información se realizará por medio del equipo Fluke 1735 el cual proporciona graficas que serán utilizadas para el análisis. Para una correcta comparación se analizaron 2 zonas como objeto de estudio.



Fig. 2. Recolección de datos en Mucho Lote 2

El sector de alumbrado público de Mucho Lote 2 que consta de 26 lámparas de vapor de sodio, cada una con una potencia de 150Watts con una luminosidad de 17500 lúmenes. Y el parqueo del Hospital Guasmo Sur que consta de 50 lámparas LED. Además, las mediciones se realizaron en horas de la tarde y cada circuito se encendió de manera manual.



Fig. 3. Recolección de datos en el Hospital Guasmo Sur

#### B. Análisis de datos

Para llevar a cabo el análisis de datos de la calidad de energía de las luces de sodio en el alumbrado público en Mucho lote 2, se realizó un estudio en una zona urbana el cual consta de 26 lámparas de sodio en su sistema de alumbrado. Se utilizó el analizador de redes Fluke 1735 para medir y registrar los siguientes parámetros eléctricos:

Potencia, tensión y corriente: Se realizaron mediciones de la potencia activa (P), la potencia reactiva (Q) y la potencia aparente (S) de las lámparas de sodio en diferentes horarios de funcionamiento y en diferentes puntos. Además, con los valores de tensión y corriente se pudo evaluar la estabilidad del sistema eléctrico durante el tiempo de uso de las luminarias.

La distorsión armónica de la corriente eléctrica generada por las luminarias de sodio con cada una de sus fases.

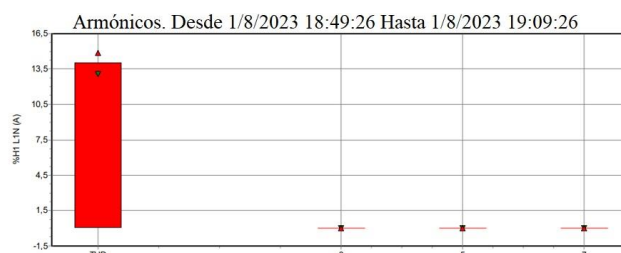


Fig. 4. Distorsión armónica de corriente en la línea 1

Fig. 5. Distorsión armónica de corriente en la línea 2

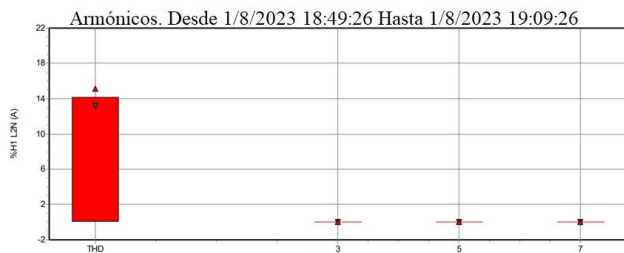


Fig. 6. Distorsión armónica de corriente en la línea 3

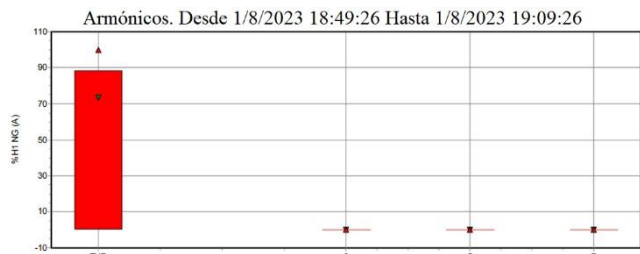


Fig. 7. Distorsión armónica de corriente en la línea 1

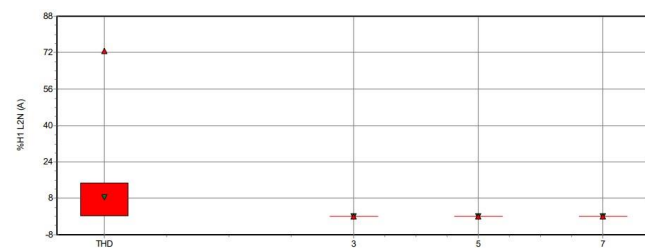


Fig. 8. Distorsión armónica de corriente en la línea 2



Fig. 9. Distorsión armónica de corriente en la línea 3

Además, se verificó la frecuencia de la señal eléctrica, para asegurarnos que estuviera dentro de los límites aceptables para el sistema de distribución. También se evaluó el % de equilibrio entre las fases en el caso de luminarias trifásicas con el fin de detectar posibles desbalances que pudieran afectar la operación del sistema. A continuación, se muestran los datos obtenidos por medio de las mediciones.

TABLA III. DATOS DE LUMINARIAS DE SODIO EN MUCHO LOTE 2

Medición	Valores
Voltaje	Rango entre 127V y 129V.
Corriente	49A
Potencia activa máxima	8KW

Potencia aparente máxima	13KVA
Potencia reactiva máxima	10KVAR.
Factor de potencia	Máximo 0,66, Mínimo 0,58.
Energía activa	0,067KWH.
Armónico de voltaje	2.8%.
Armónico de corriente	15%

Tabla 1. Datos de las luminarias de Sodio

Se realizó el estudio de los mismos parámetros eléctricos en el sistema de alumbrado público con luces LED, en el parqueo hospital guasmo sur, con red trifásica, el cual consta de 50 lámparas de LED en su sistema de alumbrado. Así mismo, se utilizó el analizador de redes Fluke 1735 para medir y registrar los parámetros eléctricos que se muestran a continuación:

TABLA IV. DATOS DE LUCES LED EN EL HOSPITAL GUASMO SUR

Medición	Valores
Voltaje	Rango entre 210V y 214V
Corriente	L1: 23A / L2: 24A / L3: 15A
Potencia activa máxima	7KW
Potencia aparente máxima	7KVA
Potencia reactiva máxima	7KVAR
Factor de potencia	Máximo 1, Mínimo -0,1.
Energía activa	0,054KWH.
Armónico de voltaje	2%
Armónico de corriente	>70%

Tabla 2. Datos de las luminarias LED

### C. Comparación de los datos obtenidos

A continuación, se muestra un análisis comparativo en términos de: eficiencia energética, factor de potencia, distorsión armónica y la estabilidad del sistema. sobre los datos mostrados anteriormente con el fin de determinar si vale la pena la transición de luminarias de vapor de sodio a luminarias LED.

### Comparativa de la eficiencia energética:

En la Fig.10 se muestra una gráfica del consumo energético de las luminarias de vapor de sodio. En ella podemos visualizar que el consumo máximo es de (8KW).



Fig.10. Eficiencia energética de las luminarias de Sodio



Así mismo los datos obtenidos en las luminarias led el consumo máximo es de (7KW), se muestra a continuación:



Fig. 11. Eficiencia energética de las luminarias LED

Los datos muestran que las luminarias LED consumen una potencia activa máxima menor (7KW) en comparación con las luminarias de sodio (8KW). Esto sugiere que las luminarias LED son más eficientes en términos de consumo de energía activa.

### Factor de potencia

Las luminarias LED tienen un factor de potencia máximo de 1, lo que indica un uso más eficiente de la energía y una menor generación de pérdidas de energía reactiva en comparación con las luminarias de sodio, cuyo factor de potencia varía entre 0,66 y 0,58. En la Tabla se muestra un cuadro comparativo de del factor de potencia de las luminarias.

TABLA V. COMPARACIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA

Luminaria	f.p mínimo	f.p máximo
LED	-0,1	1
sodio	0.58	0.66

### Distorsión armónica total (THD) de la corriente eléctrica generada por ambas luminarias.

Como se mostró anteriormente, ambos tipos de luminarias presentan armónicos de voltaje bajos, lo cual es positivo para la calidad de energía. Sin embargo, las luminarias LED tienen un alto porcentaje de armónicos de corriente (>70%), mientras que las luminarias de sodio presentan un porcentaje menor (15%).

### Estabilidad del sistema

En la Fig.12 se visualiza el equilibrio de la red para el sistema de luminarias de sodio donde se mantienen en los niveles normales.

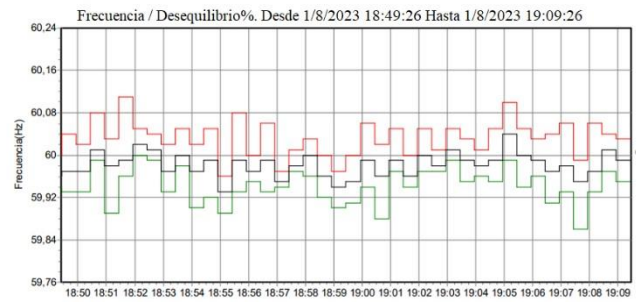


Fig.12. Equilibrio de las luminarias de sodio

También se visualizó el equilibrio de las luminarias led dentro de los niveles normales.

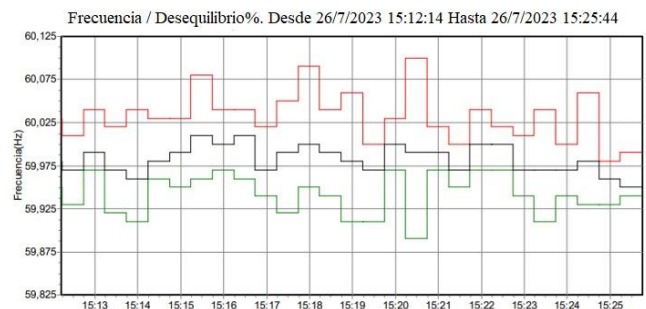


Fig. 13. Equilibrio de las luminarias LED

En términos de equilibrio y estabilidad del sistema, ambas luminarias demostraron un comportamiento óptimo con mínimas diferencias. No se identificaron desbalances significativos entre las fases, y la frecuencia se mantuvo estable dentro de los límites aceptables, lo que asegura una operación confiable y segura del sistema eléctrico de distribución.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el análisis se observó una reducción de demanda energética de (8KW) de las luminarias de sodio a (7KW) en el área donde se encuentran las luminarias LED en el sistema de alumbrado público. Esta disminución se atribuye a la mayor eficiencia energética que tienen las luminarias LED en comparación con las de sodio. Se identificaron fluctuaciones mínimas en el voltaje y la corriente, lo que sugiere una estabilidad general óptima del sistema eléctrico de distribución tanto en los sistemas de lámpara de sodio como lámparas LED.

Además, se detectaron niveles altos de distorsión armónica, contando con valores de THD de (15%) en las luminarias de sodio, a un incremento de (>70%), en las luminarias LED. En los resultados obtenidos se detectó que el factor de potencia de 1 en las luminarias LED, demuestra que su adopción resultara en un uso más eficiente de la energía en comparación con los 0.66 que tienen las luminarias de sodio. Esto contribuirá a que se use menos energía reactiva para su uso y por lo tanto resulte en un menor consumo eléctrico. Los resultados del análisis muestran que las luminarias LED presentan ventajas en términos de eficiencia energética y factor de potencia en comparación con las luminarias de sodio. Sin embargo, ambas tienen un impacto en la calidad de la energía debido a la presencia de armónicos, que deben ser tomados en cuenta al momento de la transición.

## V. CONCLUSIONES

En base a la evaluación del impacto de la transición de luminarias de sodio a LED en la carga eléctrica de la red utilizando los datos proporcionados por la empresa eléctrica y los datos obtenidos por medio de las mediciones, se ha podido constatar que el reemplazo de luminarias tiene una reducción de (8KW) de las luminarias de sodio a (7KW) de las luminarias LED en la demanda de energía. Esta conclusión está respaldada por la disminución en los valores de potencia activa y aparente máxima registrados en comparación con las luminarias de sodio.

El análisis exhaustivo de la calidad de energía en términos de armónicos, factor de potencia y distorsión armónica total (THD) ha proporcionado información crucial sobre la influencia de este cambio en la infraestructura eléctrica. Los resultados demuestran que, las luminarias LED presentan ventajas en términos de eficiencia energética y factor de potencia el factor de potencia de 1 en las luminarias LED, y de 0.66 en las luminarias de sodio. Sin embargo, las luminarias LED introducen niveles significativos de armónicos de corriente (>70%) con respecto al (15%) de armónicos de luminarias de sodio. Esta revelación enfatiza la necesidad de implementar medidas correctivas, como filtros activos o pasivos, para mitigar el impacto de los armónicos y mantener la calidad de energía dentro de los límites aceptables.

El análisis comparativo entre los dos sistemas de iluminación, respaldado por un enfoque técnico sólido, ha permitido ofrecer una recomendación fundamentada para la integración exitosa de las luminarias LED en la infraestructura ya existentes. Los resultados obtenidos destacan los beneficios que tiene el paso a luminarias LED, lo que respalda la elección como la opción principal. Sin embargo, la identificación de los armónicos de corriente generados por las luminarias LED subraya la importancia de implementar medidas correctivas para garantizar una transición sin problemas.

## REFERENCIAS

- [1] C. R. B. S. Rodrigues, P. S. Almeida, G. M. Soares, J. M. Jorge, D. P. Pinto, y H. A. C. Braga, "Um estudo comparativo de sistemas de iluminação pública: Estado sólido e lâmpadas de vapor de sódio em alta pressão", *2010 9th IEEE/IAS International Conference on Industry Applications, INDUSCON 2010*, 2010, doi: 10.1109/INDUSCON.2010.5739987.
- [2] E. Bompard, E. Carpaneto, G. Chicco, P. Ribaldone, y C. Vercellino, "The impact of public lighting on voltage distortion in low voltage distribution systems", *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol. 16, n° 4, pp. 752–757, oct. 2001, doi: 10.1109/61.956766.
- [3] A. Spahiu, L. Dharmo, y O. Zavalani, "LED Street lighting application in municipality of Tirana", *CANDO-EPE 2018 - Proceedings IEEE International Conference and Workshop in Obuda on Electrical and Power Engineering*, pp. 211–216, ene. 2019, doi: 10.1109/CANDO-EPE.2018.8601180.
- [4] A. Syafiq Shamsuddin, R. Ishak, A. Syahiman Mohd Shah, y A. Sharizli Abdullah, "Harmonic Injection by LEDs and CFLs in Electrical Distribution System", *2020 11th IEEE Control and System Graduate Research Colloquium, ICSGRC 2020 - Proceedings*, pp. 10–15, ago. 2020, doi: 10.1109/ICSGRC49013.2020.9232631.
- [5] J. Perko, D. Topić, y D. Šljivac, "Exploitation of public lighting infrastructural possibilities", *Proceedings of 2016 International Conference on Smart Systems and Technologies, SST 2016*, pp. 55–59, dic. 2016, doi: 10.1109/SST.2016.7765632.
- [6] D. DE Posgrados, P. Del Subsuelo Del, I. Luis Eduardo Hinojosa Guanoluisa, y I. Marco Anibal León Segovia, "Eficiencia energética del sistema de iluminación para los laboratorios de la facultad de CIYA en los predios del subsuelo del teatro universitario de la Universidad Técnica de Cotopaxi en el campus la matriz en el año 2022. diseño de un plan de eficiencia energética", 2022, Accedido: 24 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/8894>
- [7] G. J. Luque Plantarrosa, "Análisis del ahorro y beneficios producidos con el reemplazo a luminarias led en las principales calles de Moquegua 2018", *Universidad José Carlos Mariátegui*, 2020, Accedido: 24 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.ujcm.edu.pe/handle/20.500.12819/952>
- [8] M. Brusil, "Análisis de perturbaciones armónicas producidas por luminarias de tecnología LED en una red de alumbrado público", abr. 2020, Accedido: 6 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20820>
- [9] "Análisis de armónicos individuales". [https://product-help.schneiderelectric.com/ED/MTZ/Micrologic\\_X\\_User\\_Guide/E\\_DMS/DOCA0102ES/DOCA0102xx/MeteringFunctions/MeteringFunctions-16.htm](https://product-help.schneiderelectric.com/ED/MTZ/Micrologic_X_User_Guide/E_DMS/DOCA0102ES/DOCA0102xx/MeteringFunctions/MeteringFunctions-16.htm) (accedido 24 de mayo de 2023).
- [10] M. Brusil, "Análisis de perturbaciones armónicas producidas por luminarias de tecnología LED en una red de alumbrado público", abr. 2020, Accedido: 6 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20820>
- [11] López. Deiner, "Desarrollo de una metodología para medición y análisis de calidad de potencia eléctrica".
- [12] "Registrador trifásico de calidad eléctrica Fluke 1735 | Fluke". <https://www.fluke.com/esco/producto/comprobacion-electrica/calidadelectrica/1735#> (accedido 6 de agosto de 2023).