



ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

CONSUMO ENERGÉTICO DEL ALUMBRADO PÚBLICO CON LÁMPARAS LED Y SU IMPACTO EN EL AMBIENTE

Línea de investigación:

Construcción Sostenible y Sostenibilidad Ambiental

Tesis para optar el grado académico de
Doctor en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible

Autor:

Lozano Núñez, Hugo Rósulo

Asesor:

Ramos Vera, Juana Rosa

(ORCID: 0000-0001-5595-2234)

Jurado:

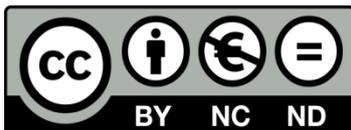
Jave Nakayo, Jorge Leonardo

Esenarro Vargas, Doris

Coveñas Lalupu, José

Lima - Perú

2021



Reconocimiento - No comercial - Sin obra derivada (CC BY-NC-ND)

El autor sólo permite que se pueda descargar esta obra y compartirla con otras personas, siempre que se reconozca su autoría, pero no se puede generar obras derivadas ni se puede utilizar comercialmente.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Referencia:

Lozano Núñez, H. (2021). *Consumo energético del alumbrado público con lámparas LED y su impacto en el ambiente*. [Tesis de posgrado, Universidad Nacional Federico Villarreal]. Repositorio Institucional UNFV. <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/5173>



Universidad Nacional
Federico Villareal

Vicerrectorado de
INVESTIGACIÓN

Escuela Universitaria de Posgrado

CONSUMO ENERGÉTICO DEL ALUMBRADO PÚBLICO CON LÁMPARAS LED Y
SU IMPACTO EN EL AMBIENTE

Línea de Investigación:
Construcción Sostenible y Sostenibilidad Ambiental

Tesis para optar el Grado Académico de Doctor en
Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible

Autor:

Lozano Núñez, Hugo Rósulo

Asesora:

Ramos Vera, Juana Rosa

Jurado:

Jave Nakayo, Jorge Leonardo
Esenarro Vargas, Doris
Coveñas Lalupu, José

Lima - Perú

2021

Agradecimiento:

A mi asesora, Dra. Juana Ramos Vera, por el asesoramiento, los consejos y sugerencias para culminar el presente trabajo.

Dedicatoria:

A mis padres Claudio y María, que desde el cielo ven con alegría la culminación de este objetivo propuesto, mil perdones por no haberles dado en vida esta satisfacción.

A mi esposa Mildred, por el apoyo y comprensión en todos los actos que emprendo, gracias por ser tolerante conmigo

A mis hijos John y Cynthia, que son la razón de mi superación, gracias por su apoyo y va mi compromiso de hacer las cosas con ética y honestidad, siempre en beneficio de todos.

Índice general

Agradecimiento:	ii
Abstract	ix
Capítulo I: Introducción	1
1.1. Planteamiento del problema	3
1.2. Descripción del problema	3
1.3. Formulación del Problema	8
1.3.1. Problema general	8
1.3.2. Problemas específicos	8
1.4. Antecedentes	8
1.5. Justificación de la investigación.....	17
1.6. Limitaciones de la investigación.....	18
1.7. Objetivos	18
1.7.1. Objetivo general	19
1.7.2. Objetivos específicos.....	19
1.8. Hipótesis.....	19
Capítulo II: Marco teórico	21
2.1. Marco Conceptual	21
Capítulo III: Método	30
3.1. Método	30
3.2. Tipo de investigación	30
3.3. Población y muestra	31
3.4. Operacionalización de variables	31
3.5. Instrumentos	33
3.6. Procedimientos	34
3.7. Análisis de datos	44
Capítulo IV: Resultados	47
4.1. Medición de Tensión, Potencia, Frecuencia y Corriente de las lámparas.....	47
3.2. Resultados del Consumo Energético por Tipo de Lámpara.....	47
3.3. Resultados del Costo del Mantenimiento por Tipo de Lámpara.....	49
3.4. Resultados de Costo de Energía por Tipo de Lámpara	52
3.5. Resultados de Costo de Mantenimiento y Energía por Tipo de Lámpara.....	53
3.6. Resultados de Mediciones de Niveles de Iluminancia.....	53
Capítulo V: Discusión de resultados	65
Capítulo VI: Conclusiones	84
Capítulo VII: Recomendaciones	86
Capítulo VIII: Referencia Bibliográfica.....	87

Índice de tablas

Tabla 1 Valores de Tensión y Corriente de los Leds.....	22
Tabla 2 Características de la lámpara de sodio	24
Tabla 3-A Tiempo de Vida útil de las lámparas.....	26
Tabla 5 Operacionalización de la Variable Independiente	32
Tabla 6 Operacionalización de la Variable Dependiente.....	33
Tabla 7 Parque de Alumbrado de Electrocentro S.A.....	37
Tabla 8 Características de la Vía y la Unidad de Alumbrado Evaluada.....	42
Tabla 9 Niveles de iluminación por punto- Lámpara de mercurio.....	44
Tabla 10 Niveles de iluminación por punto- Lámpara de sodio.....	45
Tabla 11 Niveles de iluminación por punto- Lámpara de leds	46
Tabla 12 Medición de Tensión, Potencia, Frecuencia y Corriente	47
Tabla 13 Consumo de Energía Unitario por Tipo de Lámparas	48
Tabla 14 Consumo de Energía por Tipo de Lámparas -Electrocentro S.A.	49
Tabla 15 Resultados del Costo del Mantenimiento por Tipo de Lámpara.....	51
Tabla 16 Costo de Energía por Tipo de lámpara.....	52
Tabla 17 Resultados de Costo de Mantenimiento y Energía por Tipo de Lámpara	53
Tabla 18 Factores inter-sujetos.....	54
Tabla 19 Variable Dependiente: Mediciones.....	54
Tabla 20 Comparaciones Múltiples Variable Dependiente	56
Tabla 21 Resultados de Student-Newman-Keuls Tukey	58
Tabla 22 Prueba de Igualdad de Levene de Varianzas de Error.....	60
Tabla 23 Resumen de Contraste de Hipótesis.....	60
Tabla 24 Niveles de Iluminación y Factor de Uniformidad-Lámpara Mercurio.....	61
Tabla 25 Niveles de Iluminación y Factor de Uniformidad-Lámpara Sodio.....	61
Tabla 26 Niveles de Iluminación y Factor de Uniformidad-Lámpara Leds	61
Tabla 27 Eficiencia Energética-Lámpara Mercurio	62
Tabla 28 Eficiencia Energética-Lámpara Sodio	62
Tabla 29 Eficiencia Energética-Lámpara Leds	63
Tabla 30 Comparativo- Equivalente de Tn CO ₂ - Tipo de Lámparas en Electrocentro S.A. .	64
Tabla 31 Discusión sobre Consumo de energía por tipo de lámparas-Electrocentro S.A. ...	66
Tabla 32 Discusión sobre Costo de Energía por Tipo de lámpara.....	68
Tabla 33 Discusión sobre Costo de Mantenimiento por Tipo de Lámpara Unitario	70
Tabla 34 Discusión Costo de Mantenimiento y Energía Unitario(*)	72
Tabla 35 Discusión sobre Costo de Mantenimiento y energía Electrocentro S.A.....	74
Tabla 36 Discusión Niveles de Iluminación	76
Tabla 37 Evaluación de Resultados de Niveles de Iluminación.....	77
Tabla 38 Discusión Sobre Eficiencia Energética de Lámparas con equipo de encendido.....	78
Tabla 39 Comparativo- Equivalente de Tn CO ₂ - Tipo de Lámparas en Electrocentro S.A. .	80
Tabla 40 Mediciones- Contrastación de Hipótesis	82

Índice de figuras

Figura 1 Lámpara Leds	21
Figura 2 Accesorios de Encendido Lámpara Led	23
Figura 3 Lámpara de Sodio.....	24
Figura 4 Diagrama de Conexión para Medición	35
Figura 5 Puntos de medición (Método de los 15 puntos	40
Figura 6 Procedimiento de Medición de la Iluminancia.....	41
Figura 7 Interpretación de residuos.....	59
Figura 8 Consumo de Energía Unitario Electrocentro.....	67
Figura 9 Costo de Energía Unitario.....	69
Figura 10 Costo por Mantenimiento y Tipo de Lámpara.....	71
Figura 11 Costo de Mantenimiento y Energía Unitario.....	73
Figura 12 Costo Por Mantenimiento y Energía - Electrocentro S.....	75
Figura 13 Eficiencia Energética de Lámparas.....	79
Figura 14 Emisión de Equivalente de Tn CO2 - Electrocentro S.A.....	81

Índice de anexos

Anexo a: <i>Solicitud- Electrocentro S.A. para realización de estudios.</i>	91
Anexo b: <i>Fotografías de Pruebas en Laboratorio</i>	93.
Anexo c: <i>Resultados Medición: Potencia de cada tipo de lámpara</i>	94
Anexo d: <i>Fotografías de Pruebas en campo</i>	95
Anexo e: <i>Documento de pruebas expedido por Jefe de Laboratorio de la UNCP</i>	97
Anexo f: <i>Catálogo de instrumentos utilizados</i>	99

Resumen

El tema de investigación está relacionado a la falta de aplicación de las lámparas led en forma masiva en el alumbrado público por parte de las empresas concesionarias en el Perú; se tuvo como objetivo determinar en qué medida, el consumo energético del alumbrado público con lámparas led impacta dentro de la jurisdicción de la Empresa Concesionaria Electrocentro S.A, teniendo en cuenta tres factores; consumo energético, mantenimiento y el impacto ambiental con respecto a las lámparas led, sodio y mercurio. Se consideró la metodología de la investigación científica como método general así mismo el método inductivo y explicativo como métodos específicos. Se hicieron mediciones en campo y laboratorio, analizándose los datos obtenidos se tiene que la lámparas led tiene 14.53, la lámpara de sodio 10.25 y la de mercurio 8.69 respectivamente de eficiencia; sobre el consumo energético al reemplazarse las lámparas de mercurio por leds se tendría un ahorro del 57.62% menos que su consumo actual; así mismo respecto al análisis del mantenimiento se incluye el número de cambios por tiempo de vida útil de las lámparas, este factor no es tomado en cuenta por otros investigadores con ello se tiene un 123.40% y 73.25% más en su costo en las lámparas de mercurio y sodio respectivamente, respecto de los leds; por lo que se afirma que el consumo energético del alumbrado público con lámparas led, tendrá un impacto positivo en el ambiente, dentro de la jurisdicción de la Empresa Concesionaria Electrocentro S.A

Palabras clave: eficiencia energética, mantenimiento del alumbrado público, lámparas leds

Abstract

The research topic is related to the lack of application of led lamps in bulk in public lighting by concessionary companies in Peru; The objective was to determine, to what extent, the energy consumption of public lighting with LED lamps impacts within the jurisdiction of the Company Concesionaria Electrocentro S.A, taking into account three factors; energy consumption, maintenance and environmental impact with respect to led, sodium and mercury lamps. The methodology of scientific research was considered as a general method as well as the inductive and explanatory method as specific methods. Measurements were made in the field and in the laboratory, analyzing the data obtained, the led lamps have 14.53, the sodium lamp has 10.25 and the mercury lamp 8.69 respectively of efficiency; on the energy consumption when replacing the mercury lamps with leds would have a saving of 57.62% less than its current consumption; Likewise, with respect to the maintenance analysis, the number of changes that are made by the lamp's useful life is included, this factor is not taken into account by other researchers, thus 123.40% more spending on mercury and 73.25% in sodium, so it is stated that the energy consumption of public lighting with LED lamps, will have a positive impact on the environment, within the jurisdiction of the Concession Company Electrocentro SA.

Keywords: energy efficiency, maintenance of street lighting, Led lamps

Capítulo I: Introducción

Para poder lograr los objetivos propuestos y demostrar que tipo de lámpara tiene más eficiencia energética, y estimar cuanto es el ahorro que se podría tener en MW-h, así mismo, que tipo de lámpara, es la que tiene más costo en su mantenimiento así como conocer cuantas Tn de equivalente de CO₂ se dejaría de emitir al ambiente para poder reducir la contaminación de la misma; es que se realizó el presente estudio, para ello se consideró en el primer capítulo el problema general ¿En qué medida el consumo energético del alumbrado público con lámparas led impacta en el ambiente en el ámbito de la Empresa Concesionaria Electrocentro S.A.?, por lo que se tuvo como objetivo general: Determinar en qué medida el consumo energético del alumbrado público con lámparas led impacta en el ambiente en el ámbito de la Empresa Concesionaria Electrocentro S.A.; para ello se planteó la hipótesis general: el consumo energético del alumbrado público con lámparas led genera un impacto positivo al ambiente en el ámbito de la Empresa Concesionaria Electrocentro S.A. así mismo se consideró los antecedentes tanto internacionales como nacionales referentes a la investigación.

En el segundo capítulo se consideró el marco teórico incidiéndose en los conceptos y el procedimiento para la determinación de la eficiencia energética considerándose los parámetros relacionados como la superficie iluminada, el nivel de iluminación medio y la potencia de la lámpara incluido sus accesorios de encendido. Luego en el tercer capítulo se consideró el tipo de investigación cuantitativo, se indica que el nivel de investigación fue la predictiva por cuanto se puede predecir al futuro algunos hechos relacionados al consumo energético, esto en base al parque de iluminación de la Empresa Concesionaria Electrocentro S.A. en su ámbito de influencia de: Ayacucho, Huancavelica, Huancayo, Huánuco, Cerro de Pasco, Selva Central, Tarma, Tingo María y el Valle del Mantaro. Se consideró como variable independiente al “Consumo energético del

alumbrado público” y como variable dependiente al “Impacto positivo en el ambiente”, los instrumentos utilizados fueron el analizador de redes PQ-Box 200 para las mediciones en laboratorio y el luxómetro marca Testoterm 0500, para las mediciones en campo.

En el cuarto capítulo se muestran los resultados de las mediciones realizados en el Laboratorio de la UNCP- Facultad de Ingeniería Eléctrica para la potencia, tensión, factor de potencia y corriente para cada tipo de lámparas (mercurio, sodio y leds), así mismo se muestra las mediciones realizadas en campo detallándose el procedimiento y los resultados obtenidos de los niveles de iluminación para cada tipo de lámpara y poder determinar la reducción del consumo energético, los costos por mantenimiento y el impacto ambiental que causan los tipos de lámpara motivo del estudio

En el quinto capítulo se realiza la discusión de los resultados, iniciándose con los resultados de la medición de potencia; los niveles de iluminación teniendo en cuenta la Norma Técnica de Alumbrado de Vías Públicas (R.M.013-2003-EM/D), para analizar reducción del consumo energético por cada tipo de lámpara, luego se realizó la discusión de los resultados para determinar que lámpara es la que tiene mayor costo en mantenimiento y finalmente la discusión para determinar el impacto al ambiente, que ocasiona cada uno de los tipos de lámpara motivo del estudio

Se realiza también la discusión de los resultados haciendo un comparativo con otros investigadores señalados en los antecedentes, estableciéndose diferencias por cuanto el análisis del mantenimiento no es tomado en cuenta por otros autores para determinar la eficiencia como ventaja de las lámparas leds respecto a las de mercurio y sodio respectivamente.

Al final se consideran las conclusiones y recomendaciones que se plantea sobre este estudio, detallándose también la referencia bibliográfica correspondiente y los anexos.

1.1. Planteamiento del problema

El problema está relacionado con el sistema de iluminación de vías públicas ya que actualmente todas las empresas concesionarias del Perú no han logrado realizar el cambio masivo de los sistemas de iluminación tradicionales, es decir siguen utilizando las lámparas de mercurio y sodio en su gran mayoría, aun sabiendo que las nuevas tecnologías relacionadas al alumbrado ya se cuentan desde el milenio pasado con la tecnologías leds, ¿porque no se implementa en forma masiva?, es lo que ha preocupado a muchos investigadores la gran mayoría de ellos opinan que debe ser porque la tecnología led es muy caro y las empresas concesionarias no tienen las posibilidades de invertir, sin embargo al revisar las investigaciones realizadas a la fecha no han puesto énfasis en el mantenimiento que implica una lámpara tradicional, es decir cuánto es su costo incluyendo el número de cambios de la lámpara por término de su vida útil, el cual no es tomado en cuenta por otros autores, a ello se suma el no poder estimar cuanto es la energía que se puede ahorrar si se implementa con tecnologías más eficientes y así mismo cuanto se disminuirá la contaminación a nuestro ambiente por CO y CO₂ si se deja de utilizar las lámparas de mercurio y de sodio principalmente dentro de la jurisdicción de la Empresa Concesionaria Electrocentro S.A.

1.2. Descripción del problema

A nivel mundial se tiene que en la mayoría de los países hay un déficit de energía, sustentado por (Prado, 2014), donde menciona que el grado de la arquitectura de la energía está en riesgo de proporcionarse un acceso adecuado para todos los sectores; de acuerdo a ello esto significa que debemos conservar nuestros recursos energéticos y propiciar el uso de las energías más rentables porque el coeficiente energético siempre está por debajo de la

unidad es decir que nunca se llega a abastecer al 100 de la población; muy a pesar que en los países desarrollados este valor es relativamente alto en comparación con los subdesarrollados por lo que es necesario que se debe optimizar el uso de la energía en concordancia con (Blanco, 2015)“...la mayor utilización de la energía procedente de fuentes renovables, junto con el ahorro energético y una mayor eficiencia energética, constituyen una parte importante del paquete de medidas necesarias para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero...” y utilizar la energía eléctrica que tenga menos costo prioritariamente en aquellos países donde se quema combustible para evitar los efectos de la contaminación.

Pero la utilización de la energía eléctrica a su vez tiene que ser optimizada en cada una de sus etapas, siendo motivo del presente estudio la etapa de utilización, es decir tenemos que propiciar el uso masivo de tecnologías más eficientes, ya que no es correcto que se tenga que apagar las luz que proviene de energías limpias y encender una vela para fines de iluminación, es decir se debe optar por la eficiencia en los sistemas de iluminación lo cual implica iluminar más con menos energía, es decir evitar las pérdidas de energía eléctrica que se transforman en calor en las lámparas y elegir la que menos calor disipa y proporciona mejor iluminancia

También, (Parra, 2013)“...El concepto de ahorro energético se refiere a la actitud de los consumidores-usuarios de energía, mientras que el concepto de eficiencia energética se refiere a la aptitud de los productos o servicio...”, por lo que es necesario que se debe propiciar el ahorro energético en los usuarios de electricidad de las empresas concesionarias y estas a su vez deben optimizar el servicio de alumbrado público en el ámbito de sus concesiones, teniendo en cuenta que a medida que pasan los años se va teniendo avances en cuanto al uso de lámparas para iluminación; ya que la evolución de la tecnología sobre

iluminación se dio desde su inicio con las lámparas incandescentes, luego las lámparas mixtas, después las fluorescentes de mercurio, posteriormente las de sodio y últimamente se tienen las lámparas leds, que fue descubierto según (Valdez, 2014) “en 1962, por el físico norteamericano Nick Holonyak, quién desarrolló el primer LED de luz visible roja cuando trabajaba en los laboratorios de la “General Electric”; aún no se ha implementado en forma masiva en nuestro país.

Según (Valdez, 2014) “...El crecimiento en nuestro país según los representantes de las marcas más importantes del mundo, informan que al año 2020 llegará a un 63%, el uso de leds, creciendo al mismo nivel que los países desarrollados, esto vaticina un mercado en excelentes proyecciones para la inserción de nuevas empresas y motiva a las ya posesionadas en el mercado para seguir invirtiendo” nuestro vecino país de Chile ya tiene un avance sobre la utilización de los leds, por lo que se espera que en nuestro País pueda iniciarse con la utilización masiva de los leds incidiéndose en que no ha sido implementada por ninguna empresa concesionaria, en forma masiva.

¿Porque la empresas concesionarias de nuestro país, no han implementado en forma masiva las lámparas leds en el alumbrado público? Es la pregunta que muchos nos hacemos ya que estimo que disponen de dinero suficiente para hacer esta inversión la cual tendría impactos positivos al ambiente, por cuanto se reduciría los costos por consumo de energía eléctrica, y se dejaría de emitir menos desechos contaminantes al ambiente.

En nuestro Perú tenemos también este mismo patrón de comportamiento al igual que los países desarrollados; es decir todavía no se tiene la implementación masiva de todas las unidades de alumbrado público con las lámparas leds, siendo una muestra de ello la empresa concesionaria Electrocentro S.A. que abarca a las Unidades de Ayacucho, Huancavelica, Huancayo, Huánuco, Cerro de Pasco, Selva Central. Tarma, Tingo María y el Valle del

Mantaro, donde se observa que no han implementado el uso de las lámpara leds en el alumbrado público en forma masiva; esto probablemente se debe a que al igual que las demás empresas concesionarias no deciden invertir en esta nueva tecnología tal vez por no querer arriesgar sus inversiones más aun teniendo en cuenta que el ahorro de energía fácilmente puede ser un aliciente para el cambio masivo de las lámparas utilizadas en alumbrado público, la cantidad total de lámparas de mercurio y de sodio serán las que se vienen utilizando en las empresa concesionaria Electrocentro S.A.

Por otra parte si un poblador, consciente de que se debe implementar el uso masivo de las lámparas leds, desea hacer el reclamo a las empresas concesionarias para que puedan brindar el servicio de alumbrado público en forma más eficiente es decir mejores niveles de iluminación con más unidades de alumbrado público y a un costo menor, no lo podrá hacer, debido a que en el procedimiento de supervisión del servicio de alumbrado público (N°078-2007-OS/CD, 2007) no se contempla que deben optimizar el servicio de alumbrado público con lámparas de mejor eficiencia, es decir pagamos la ineficiencia del alumbrado público con lámparas que consumen más energía y brindan menos iluminación

Por lo mencionado líneas arriba se realiza el proyecto de investigación relacionado a la iluminación de las vías y plazas públicas donde se utilizan principalmente lámparas de vapor de mercurio y/o vapor de sodio ya sea de alta o baja presión justamente para realizar la propuesta de reducir los efectos contaminantes por el uso principalmente de las lámparas a vapor de mercurio que se utilizan en las empresas concesionarias del Perú, por cuanto una vez que se termina la vida útil de las mismas estas no son dispuestas adecuadamente y en lugares determinados para evitar la contaminación, sino que son arrojados sin hacer una separación adecuada menos teniendo la consideración de la disposición final de los residuos considerados como contaminantes. A la fecha en nuestro país, no se tiene

cuantificado el impacto que generan las lámparas de mercurio al ser dispuestas en los botaderos de las ciudades sin un tratamiento especial y esto genera contaminación, lo cual se reduciría al implementar las lámparas Led en su reemplazo.

En esta propuesta también se propone estimar, cuanto es la cantidad de energía eléctrica del alumbrado público en función del tipo de lámpara ya sea mercurio ó sodio que se podría ahorrar, si se dispone la implementación de las lámparas con leds en todas las unidades de alumbrado público en la Empresa Concesionaria Electrocentro S.A., pues se estima que sería significativo por cuanto la vida útil de las lámparas leds tienen un periodo más largo en comparación a las lámparas de mercurio o de sodio motivo de este estudio; pues los fabricantes han estado reduciendo la energía que se va en calor y aumentando la eficiencia de las lámparas es decir el incremento de los lumens por vatio.

Se debe tener en cuenta también que los requerimientos de carácter técnico establecidos en la Norma Técnica de Alumbrado Público del Ministerio de Energía y Minas, deben ser cumplidos por las lámparas con leds dado que existe la normatividad que considera valores mínimos de lux, uniformidad, deslumbramiento y otros para que pueda ser técnicamente utilizado.

Para ello será necesario verificar con las mediciones correspondientes que los parámetros técnicos tienen que ser cumplidos por las unidades de alumbrado público de leds, con sus equivalentes mínimos de niveles de iluminación para reemplazar a las unidades de alumbrado público de vapor de mercurio, vapor de sodio u otro, estos parámetros principales serán verificados con ayuda del instrumento luxómetro.

Según (MEM, 1992) la Ley N° 25844 (Ley de Concesiones Eléctricas) en su art. 94 contempla que “la prestación del servicio de alumbrado público es de responsabilidad de los concesionarios de distribución referente a las calles, y plazas”, así mismo de acuerdo a

esta ley el servicio de alumbrado público lo pagan los usuarios de acuerdo al art, 184 de la misma ley, significa esto que si se reduce los costos para brindar el alumbrado público con las lámparas leds, es posible que las empresas concesionarias puedan reducir los pagos que implica este concepto.

Para ello se plantea el problema general y problemas específicos según lo siguiente:

1.3. Formulación del Problema

1.3.1. Problema general

¿En qué medida el consumo energético del alumbrado público con lámparas led, impacta en el ambiente, dentro de la jurisdicción de la Empresa Concesionaria Electrocentro S.A.?

1.3.2. Problemas específicos

- ¿En qué medida se reduce el consumo energético del alumbrado público con lámparas de mercurio y sodio, respecto de las lámparas led; dentro de la jurisdicción de la Empresa Concesionaria Electrocentro S.A.?
- ¿En qué medida se reduce los costos por mantenimiento del alumbrado público con lámparas de mercurio y sodio, respecto de las lámparas led; dentro de la jurisdicción la Empresa Concesionaria Electrocentro S.A.?
- ¿Cuál es el impacto ambiental que causan las lámparas de mercurio y sodio, respecto de las lámparas led; en el alumbrado público, dentro de la jurisdicción de la Empresa Concesionaria Electrocentro S.A.?

1.4. Antecedentes

Antecedentes Internacionales.

Según lo indicado por_ (Ormazabal Jordana, 2017) en su tesis titulada “La Sostenibilidad Energética en la Unión Europea. Aproximación a su Desarrollo en Dinamarca, Alemania y

España.” para optar el Grado Académico de Doctor en la Universidad del País Vasco-España.

El autor dentro de su trabajo se plantea como objetivo general reducir la tasa de crecimiento anual de la demanda de energía eléctrica del 5% a 3% considerando las recomendaciones del ahorro de energía eléctrica

Destaca dentro de su estudio los diferentes tipos o formas de producción de energía eléctrica con combustibles como el carbón, el gas natural, la energía nuclear, la hidroeléctrica, la geotérmica cada una de ellas con su potencialidades y recomienda que se debe utilizar la energía que resulte más económica, cumpliendo el plan de eficiencia energética y así poder reducir sus importaciones de energía.

Contempla diversos programas y acciones que se vienen desarrollando para conservar nuestro ambiente y reducir los efectos del cambio climático cumpliendo aspectos normativos y regulatorios

Entre sus conclusiones relacionadas al estudio menciona que en Europa se ha tenido déficit de energía y sin embargo han podido superar la dependencia elevada energética que tenían de otros países y convertirse en líderes mundiales en la aplicación de la eficiencia energética.

La política energética de la Unión Europea desarrolló un conjunto de instrumentos para lograr la sostenibilidad energética que es una lucha de muchos países del mundo para hacer frente al cambio climático y siguen las recomendaciones de la Hoja de Ruta 2050 para lograr la sostenibilidad energética.

La conclusión del autor conlleva a tener que hacer una verdadera evaluación para poder implementar el ahorro energético siendo una contribución a este esfuerzo el plantear la alternativa del uso de las lámparas leds.

De acuerdo a (Vela Martins, 2015) en su tesis titulada “Los Planes de Luz: una metodología aplicable a los proyectos de iluminación urbana”. Para optar el grado académico de Doctor en la Universidad Politécnica de Madrid-España, plantea como uno de los objetivos el indagar la importancia del “Plan de Luz como un instrumento para el fortalecimiento de la imagen ambiental y la creación de las referencias visuales”

Llegando a la conclusión de que el uso de la iluminación para poder valorizar a las características propias de los lugares de Lyon, es importante por cuanto ha comprobado que el diseño de la iluminación se puede utilizar en los lugares turísticos y los sectores donde hay más comercio de los distritos como una forma de distinguir estos espacios de la malla urbana y poder difundirlo como una presentación visual.

El autor no contempla la disposición ni la cantidad de los desechos por cuanto siempre se estará generando residuos debido al término de la vida útil de las unidades de iluminación. Así mismo, según (Hermoso, 2014) en su tesis titulada “Hacia la Gestión Eficiente de los Servicios de Alumbrado Público: Resultados de los Estudios Comparativos Sobre Eficiencia Energética y Lumínica Aplicados a las Nuevas Tecnologías en Iluminación Urbana.” para optar el grado académico de Doctor en la Universidad de Málaga-España.

El autor se planteó algunas interrogantes para la realización de su trabajo de investigación relacionados al ahorro y eficiencia energética de las lámparas de descarga de halogenuros metálicos y quemador cerámico. Se cuestiona si va a ser eficiente desde el punto de vista lumínico, que porcentaje de ahorro energético se tendrá así como si es factible desde el punto de vista económico y financiero. Así mismo hace la interrogante relacionada a la contaminación por armónicos que puede generar estos equipos por tener componentes electrónicos

Llega a las siguientes conclusiones:

“Que la tecnología de iluminación con leds es eficiente energéticamente y tiene características lumínicas aceptables así como su rentabilidad económica y financiera es factible, por lo que aconseja que no es conveniente el remplazo masivo, sino más bien realizarlo de manera paulatina”

Así mismo en su conclusión final menciona que se debe tener un periodo de convivencia con las lámparas tradicionales HM y apuesta por el cambio progresivo, sin embargo advierte que se debe hacer estudios de los incrementos que puede generar en lo que respecta a la generación de armónicos, plantea como línea futura de investigación que la iluminación vial sea con los equipos leds

También según (Sepúlveda, 2012) en su tesis titulada “Análisis de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Público. Indicador PM2.” para optar el Grado Académico de Doctor en la Universidad de Málaga-España, establece un procedimiento que le permite determinar el consumo energético en alumbrado público estableciendo un parámetro de comparación entre las instalaciones de alumbrado público fiables, generalizable y de fácil uso, llegando a la conclusión que es de vital importancia a nivel energético como económico el alumbrado público relacionados con el uso eficiente de la energía.

Demuestra que hay un potencial de ahorro energético de la población en base al indicador diseñado lo cual le permitirá evaluar la eficiencia del alumbrado público de una población, así mismo menciona en una de sus conclusiones “En definitiva se ha diseñado una herramienta que es útil para evaluar las actuaciones necesarias en materia de ahorro energético en una instalación. Este indicador ayudará en la toma de decisiones tanto a los responsables municipales como a las empresas que puedan estar gestionando el alumbrado público de una población”

Plantea como línea futura de investigación el tener que realizar estudios comparativos de alumbrado en los municipios o regiones, así mismo determina que con la base de datos obtenidos es factible de poder aplicar en otras tipologías de calles.

El autor (Águas, 2009) en su tesis titulada “Design de Candeeiros de Iluminacao Pública.” para optar el grado académico de Doctor en la Universidad de Barcelona-España, analiza el problema de Diseño de los Candeeiros para reducir los impactos ambientales del producto y de esta manera contribuye a la sostenibilidad de los espacios públicos. Tuvo como Objetivo general el examinar la utilidad de la iluminación pública y el papel que desempeño relacionado a la parte social, cultural, ambiental y económica.

Entre sus principales conclusiones a las que llega al finalizar su estudio evalúa los impactos ambientales en cada fase de su ciclo de vida útil, hace ver los impactos que se debe tener presente al sacar la materia prima en la etapa de producción

Hace ver la importancia que es la disposición de los accesorios de una unidad de alumbrado público ya sea de los soportes, balastos, y bases, planteando su eliminación y posible reciclaje de los propios materiales teniendo en cuenta que deber ser desmontadas, tratadas y en lo posible recicladas.

La autora (Pacheco, 2010) en su tesis titulada “Tratamiento Primario de los Desechos de las Lámparas de Vapor de Mercurio de Alta Presión del Alumbrado Público en las Municipalidades de Guatemala.” para optar el Grado de Maestra en la Universidad de San Carlos – Guatemala, evalúa una técnica de separación de los residuos sólidos de las lámparas de vapor de mercurio de alta presión, para el cual propone una metodología que pueda minimizar el impacto ambiental que causa.

Llega a la conclusión donde determina que de las trescientas veinte mil lámparas que conforman el parque, generan un desecho de diez mil ochenta kg. Entre ellos de fotocélulas,

base, reflector, refractor, balastro, bombilla. Sin embargo el autor no cuantifica la cantidad de mercurio que se tiene en cada lámpara de vapor de mercurio, la misma que se puede evitar con el uso de las lámparas leds.

Según (Flores, 2016) en su trabajo de titulación “Factibilidad del Sistema de Alumbrado Público Empleando Luminarias Led y Alimentación Solar Fotovoltaica.” para optar el Título de Ingeniero Eléctrico en la Universidad Politécnica Salesiana-Sede Quito, propone demostrar las ventajas de la iluminación pública empleando paneles solares con luminarias leds para el sector de la Plaza Equinoccial en la Ciudad de Quito-Ecuador, con ello propone mitigar los daños por contaminación que se hace al ambiente, además plantea realizar un análisis técnico sobre la tecnología led y sus ventajas sobre otro tipo de luminarias.

Llega a las conclusiones donde establece que el tiempo de duración de las luminarias led, es mayor que la de los otros tipos de lámparas, pues está por encima de las 50 000 horas, posee mejor luminancia que las otras luminarias y estas permiten una mejor visión por tener mejor reproducción de colores.

Así mismo llega a la conclusión de que con el uso de las luminarias led, y alimentación solar fotovoltaica, se elimina la contaminación ambiental que producen los otros tipos de lámparas como el de vapor de mercurio y vapor de sodio.

Establece que los costos de mantenimiento de las luminarias leds son reducidos respecto a los otros tipos de lámparas y estas tienen mejor eficiencia energética porque no tienen pérdida de energía como lo tienen las de los sistemas convencionales.

Concluye respecto al punto de vista de la posibilidad de invertir en este proyecto que su recuperación es después de 17 años, 5 meses y 8 días el cual considera que es menor al tiempo de vida útil del sistema fotovoltaico (veinte años)

Así mismo (Lojano, 2014) en su tesis, para optar el Título de Ingeniero Eléctrico en la Universidad de Cuenca-Ecuador, propone en su objetivo general el poder analizar técnica y económicamente la tecnología leds para poder mejorar el sistema de alumbrado público de una arteria vehicular de la ciudad de Cuenca, además se propone analizar el consumo energético y las emisiones de gases de efecto invernadero.

Llega a las principales conclusiones:

Concluye que las lámparas de vapor de sodio generan ahorro energético en comparación con las lámparas de vapor de mercurio a alta presión

Menciona que en los últimos años el sistema de alumbrado público tuvo un impulso para la utilización de los leds en el alumbrado público, siendo más relevantes por el ahorro energético y la reducción de emisiones de gases para el efecto invernadero, y detalla que las ventajas de la utilización como son reducción del consumo de energía eléctrica, disminución de la polución lumínica, aumento del confort visual entre otros.

Concluye que la tecnología Led produce un ahorro de energía y de las emisiones de CO₂ del 51% que la convencional.

Deja establecido que la inversión para cambiarlas es significativa teniendo en cuenta que para una vida útil de 50 000 horas los precios son elevados (\$ 900 USD/cu) y no es factible su utilización

El autor no considera los costos relacionados al mantenimiento ya que se intuye que es mucho menor en las lámparas leds, respecto de las otras tecnologías y esta podría influir sumado al ahorro de energía que podría generar por su mejor eficiencia, para su implementación en forma masiva.

Según (Erráez, 2015) en su tesis titulada “Eficiencia Energética en el Alumbrado Público del Centro Histórico de Cuenca: Tele Gestión y Sustitución de Luminarias.” para optar el

Título de Ingeniero eléctrico en la Universidad de Cuenca-Ecuador, plantea un proyecto de telegestión y sustitución de luminarias de sodio por tecnología led en el Centro Histórico de Cuenca para mejorar su eficiencia, entre otras llega a las conclusiones siguientes:

“El consumo energético de las luminarias led se redujo un 22%, lo que genera un ahorro de USD 14846.36 anuales, pero se redujo el nivel de iluminación”.

Hace también un análisis financiero y determina que si se implementa las luminarias de sodio se tendría un costo de inversión de aproximadamente un millón de dólares menos que en las lámparas leds. Así mismo menciona que la empresa eléctrica se beneficiará con un ahorro de USD 4247.89 anuales si se implementa el sistema de iluminación con leds.

“Así mismo los costos de mantenimiento son de: USD. 65.103,99 para sodio y USD. 522.25 para led, es decir al implementar el nuevo sistema obtendremos un ahorro por mantenimiento de USD. 64581.74 en toda la vida útil de las luminarias (14 años) o USD. 4612.98 anuales.”

Respecto a la conclusión que señala que se reduce el nivel de iluminación y se tiene un ahorro, no lo considero acertado, por cuanto se debe tener similares valores de niveles de iluminación o en todo caso señalar que se cumplen los valores mínimos de iluminación determinados por las entidades reguladoras.

Antecedentes Nacionales

Según (Lozano Núñez, 2014) en su tesis para optar el grado académico de Maestro en la Universidad Nacional del Centro del Perú, realiza una investigación de diseño cuasi experimental donde trabajó los datos de niveles de iluminancia para cada una de las lámparas en estudio (Na, Leds y FLC), el tipo de investigación que considera es tecnológica, y el nivel de investigación es experimental.

Planteó como objetivo el optimizar el funcionamiento de las luminarias con lámparas ahorradoras y tener un alumbrado eficiente en las zonas rurales del Valle del Mantaro.

Entre las principales conclusiones que llega en este estudio demuestra que la eficiencia del alumbrado público es mayor en las lámparas leds cumpliendo los niveles mínimos de iluminación señalados por la Norma Técnica de Alumbrado Público del MEM y es factible el reemplazo de lámparas de sodio de 50 vatios por su equivalente de una lámparas con leds de 9.5 vatios teniéndose un ahorro por el bajo consumo de energía y tiempo de vida útil

De acuerdo al autor (Rodrigo, 2017) en su tesis titulada “Análisis Técnico – Económico para la Optimización del Sistema de Iluminación de la Av. Mártires 4 de Noviembre Aplicando Luminarias con Tecnología Led” para optar el título de Ingeniero Electricista en la Universidad del Altiplano- Perú, quién realiza la investigación cuyo diseño es descriptivo y aplicativo con el objetivo de realizar un análisis técnico y económico del sistema de iluminación de la Av. Mártires 4 de noviembre con luminarias leds; llega a las principales conclusiones y menciona que se tiene datos de niveles de iluminación mínimo de 19.50 lux y máximo de 44.85 lux. Con un índice de reproducción cromática de 70-80, el cual podría dar un ahorro mensual de 7134.95 soles y esta representa un ahorro del 56%

Realizó el análisis técnico económico óptimo del sistema de iluminación de la Av. Mártires 4 de noviembre aplicando luminarias de 112 vatios con tecnología led, donde se obtiene los datos óptimos de iluminación mínima de 19.50 lux, iluminación máxima de 44.85 lux, el índice de reproducción cromática (CRI) 70-80 un ahorro mensual de S/. 7134.95 soles respecto a la luminaria de 250 W de vapor de sodio representando un ahorro de 56 % a la empresa, estableciendo que el tiempo de recupero de la inversión es de 2.78 años.

En este trabajo el autor no considera los costos de mantenimiento que es fundamental para poder justificar la inversión en un tiempo menor, así mismo no considera respecto a los desechos que se dejarían de producir y sus efectos contaminantes.

1.5. Justificación de la investigación

Debido a que al Energía Asequible y no Contaminante es uno de los Objetivos de Desarrollo Sostenible para proteger nuestro planeta y poder garantizar que las sociedades en el futuro puedan disponer de más energía y utilizarlos convenientemente es que se plantea la tesis para poder viabilizar la implementación masiva de los leds en todas las empresas concesionarias del Perú, ya que ninguna de las empresas concesionarias, ha podido implementarlas, probablemente debido a que se desconoce sus ventajas respecto a las lámparas convencionales por poseer alta durabilidad es decir tiene un tiempo de vida útil mayor que las lámparas a vapor de mercurio, así mismo según catálogo de los fabricantes no tienen tubo que se pueda romper y duran aproximadamente de 50,000 a 100.000 horas; a su vez consumen poca energía en comparación a las de sodio, o mercurio.

Al tener un tamaño reducido los fabricantes utilizan varios Leds en un mismo dispositivo, esto depende de cuánto es el nivel de iluminación que se quiere conseguir, es decir las potencias que se pueden disponer varían en función del diseño y tipo de vía o uso que se va a destinar; básicamente depende de la altura de montaje, tipo de vía, potencia de la lámpara y nivel de iluminación en lux.

A la fecha su uso para exteriores, es decir alumbrado público no se ha venido aplicando, mientras que está en crecimiento para interiores de domicilios o centros comerciales ya que vienen en distintas potencias, Pero existe la preocupación ¿por qué no se puede implementar

su uso masivo para la iluminación de las vías públicas?, y por ello es que se analiza, el impacto que se genera con la inclusión masiva de estas unidades de alumbrado público. También debido a su bajo consumo de energía por generar una mínima cantidad de calor los leds resultaran con ventajas mayores respecto de los otros tipo de lámparas, sin embargo es sabido que su costo de inversión es alto por ello muchas empresas concesionarias no lo están aplicando por cuanto esta tecnología se descubrió en el año 1962, por Nick Holonyak

1.6. Limitaciones de la investigación

- No se considera el diseño de las luminarias, por cuanto este es un trabajo que tendrán que profundizar al futuro, así mismo cabe indicar que los fabricantes de luminarias continuamente van innovando sus diseños de luminarias.
- Se analizó los prototipos de lámparas en el Laboratorio de la Universidad Nacional del Centro del Perú, respecto al consumo energético, en cada caso (lámpara de mercurio, sodio y led) para determinar la opción más viable técnica y económica.
- Se analizó la labor de mantenimiento que realizan las empresas Concesionarias del alumbrado público con la utilización de la lámpara de mercurio, sodio y led respectivamente; y se hizo la comparación de costos para determinar cuál es la opción más viable.
- Se determinó, el impacto ambiental dentro de su ciclo de vida de las lámparas de mercurio, sodio y led.

1.7. Objetivos

Se planteó el objetivo general y tres objetivos específicos, según lo siguiente:

1.7.1. Objetivo general

Determinar en qué medida el consumo energético del alumbrado público con lámparas led impacta dentro de la jurisdicción de la Empresa Concesionaria Electrocentro S.A.

1.7.2. Objetivos específicos

- Determinar en qué medida se reduce el consumo energético del alumbrado público con lámparas de mercurio y sodio, respecto de las lámparas led; dentro de la jurisdicción de la Empresa Concesionaria Electrocentro S.A
- Determinar en qué medida se reduce los costos por mantenimiento del alumbrado público con lámparas de mercurio y sodio, respecto de las lámparas led; dentro de la jurisdicción la Empresa Concesionaria Electrocentro S.A.
- Determinar el impacto ambiental que causan las lámparas de mercurio y sodio, respecto de las lámparas led; en el alumbrado público, dentro de la jurisdicción de la Empresa Concesionaria Electrocentro S.A.

1.8. Hipótesis

Hipótesis General

El consumo energético del alumbrado público con lámparas led genera un impacto positivo al ambiente, dentro de la jurisdicción de la Empresa Concesionaria Electrocentro S.A.

Hipótesis Específicas

- La reducción del consumo energético del alumbrado público con lámparas de mercurio y sodio, respecto de las lámparas led; dentro de la jurisdicción de la Empresa Concesionaria Electrocentro S.A. es significativo.

- Los costos por mantenimiento del alumbrado público con lámparas de mercurio y sodio; respecto de las lámparas led; dentro de la jurisdicción de la Empresa Concesionaria Electrocentro S.A. se reducen significativamente.
- Las lámparas led causan menos impacto ambiental negativo, respecto de las lámparas de mercurio y sodio; en el alumbrado público dentro de la jurisdicción de la Empresa Concesionaria Electrocentro S.A .

Capítulo II: Marco teórico

2.1. Marco Conceptual

Lámpara de Descarga Eléctrica

De acuerdo a (Arias, 2015) menciona que “fue descubierto por Johann Bernoulli y Jean Picard quienes descubrieron que al agitar el mercurio, este producía luz está basado en el principio que consiste en la producción de luz a través de una descarga eléctrica sobre los gases nobles”.

Lámpara Led

De acuerdo a lo indicado por (Chanona, 2016)“ Es un dispositivo semiconductor (diodo) que emite luz de espectro reducido cuando se polariza de forma directa la unión PN del mismo y circula por él una corriente eléctrica”.

Figura 1

Lámpara Leds



Fuente: Elaboración propia

Características Eléctricas de las Lámparas Leds

(Lozano Núñez, 2014) en su tesis menciona que “Además de la polaridad, debemos conocer dos especificaciones eléctricas fundamentales para el correcto conexionado de los Leds (www.afinidadelectrica.com):

Forward Voltaje o VF: Es la tensión en polaridad directa de trabajo del Led y variará en función del color, de la intensidad luminosa y del fabricante. Se mide en Voltios.

Forward Current o IF: Es la intensidad de la corriente que circula por el Led.

Estos dos parámetros son los que se tiene en cuenta en caso se requiera para establecer el circuito de alimentación, y se solicitan al adquirir los Leds. Los valores “genéricos” de la siguiente tabla según el color y el brillo del Led buscado pueden ser tomados como referencia en caso se requiera cambio de algún Led por diferentes motivos:

Tabla 1

Valores de Tensión y Corriente de los Leds

LED	VF (VOLTIOS)	IF (AMPERIOS)
Rojo STD	1.5	0.015
Verde STD	1.8	0.015
Amarillo STD	1.8	0.015
Blanco	2.8	0.02
Amarillo Brillante	2	0.02
Verde Brillante	3	0.02
Azul Brillante	3	0.02
Rojo Brillante	2	0.02

Fuente: www.afinidadelectrica.com

Estas características probablemente las tengan en cuenta los diseñadores, dado que cuando se quiso ver qué tipo de circuito o conexionado tienen las lámparas leds no se pudo verificar, ya que venían sellado y protegido con una mezcla de un material que impedía ver que componentes tenían., tal como se puede apreciar en la figura siguiente:

Figura 2

Accesorios de Encendido Lámpara Led



Fuente: Elaboración propia

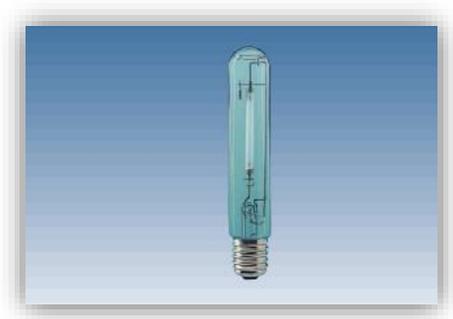
Para el presente estudio no es necesario conocer que componentes tiene en el interior el equipo de encendido de las lámparas leds, por cuanto nos interesa saber básicamente los datos de la potencia y el consumo de energía; Por ello es que se verificó que tiene una fuente de alimentación de 48 voltios con 12 lámparas leds en cada unidad agrupados convenientemente.

Lámpara de Sodio

Según (Lozano Núñez, 2014) indica que las “Lámparas a vapor de sodio de alta presión, se utilizan mayormente en la iluminación de vías públicas y exteriores, se compone de un tubo de descarga de óxido de aluminio sinterizado y recubierto por una ampolla exterior tubular transparente de vidrio duro, y se caracterizan por emitir una luz cálida, de agradable aspecto, con elevada eficiencia luminosa de 140 lm/vatio”

Figura 3

Lámpara de Sodio



Fuente: Catálogo Philips, (2013)

Su condición tubular clara hace que se la pueda utilizar en sistemas ópticos muy precisos, permite obtener haces concentrados o difusos, de acuerdo con la necesidad de cada caso, utilizando la luminaria adecuada.

En el mercado se encuentran lámparas con potencias de 50, 70 150, 250 y 400 vatios y su tiempo de vida útil es de un promedio de 15 000 horas, en la siguiente tabla se consideran las características más resaltantes.

Tabla 2

Características de la lámpara de sodio

Característica	Sodio Baja Presión	Sodio Alta Presión
Potencia (Watts)	18-200	35 – 1 000
Flujo Luminoso (lúmen)	2 000- 30 000	1 500 -150 000
Eficacia Luminosa	120-180	95 – 140
IRC	25	25 - 65
T° color (°K)	2 000 - 2 300	2 000 - 2 300
Vida Media (h)	12 000	15 000
Vida útil (h) 6h/día	16 000	24 000
T encendido (s)	7 - 12	2 -10

T reencendido (min)

1 - 15

3 - 7

Fuente: (eoi, 2013)

Luminaria

Según (Pulla Galindo, 2013) “Aparato de iluminación que distribuye, filtra o transforma la luz emitida por una o más bombillas o fuentes luminosas y que incluye todas las partes necesarias para soporte, fijación y protección de las bombillas, pero no las bombillas mismas y donde sea necesario, los circuitos”.

Reactor o Balasto

De acuerdo a (Gutierrez Menéndez, 2012) “Los transformadores e inductores diseñados para operar a frecuencia de línea (balastos electromagnéticos) han sido utilizados para limitar la corriente en las lámparas de descarga de alta intensidad”.

Condensador

De acuerdo a (Estrella, 2013) viene a ser el “Componente necesario para el funcionamiento de lámpara de descarga para mejorar su factor de potencia”.

Eficiencia Energética de una Instalación

Según (Dorado, 2012) “La eficiencia energética de una instalación se define como:

$$\varepsilon = \frac{S \times E_m}{P}$$

Donde:

S : Es la superficie iluminada,

Em : Es la iluminación media en servicio de la instalación y

P : Potencia activa total instalada”

Esta es la fórmula tradicional que utilizaron los diferentes autores para determinar la eficiencia de las lámparas, en ella se puede observar que el factor mantenimiento y cambio de lámparas no es tomada en cuenta.

Mantenimiento del Alumbrado Público

Según (Encalada Espinoza, 2012) “El mantenimiento Correctivo en Instalaciones de Alumbrado Público consiste en la reparación de todas las averías. Las actuaciones habituales son: Sustitución de lámparas. Sustitución o reparación de las luminarias. Sustitución y/o ajuste del Sistema de programación y/o encendido”; sin embargo es preciso aclarar que existen otros tipos de mantenimiento como el preventivo, predictivo etc. los cuáles no se toman en cuenta en el estudio por cuanto estas condiciones abarcan a todo el sistema de alumbrado público por lo que solo se considerará la reposición de la lámpara en función del tiempo de su vida útil.

Vida Útil

Según (Núñez, Sistema de monitoreo y control de alumbrado público mediante una red de sensores RF., 2017) define que “Vida Útil Las lámparas utilizadas en alumbrado público tienen un tiempo de vida útil donde estas funcionan en ciclos de trabajo nominales hasta que su flujo luminoso este por debajo del 70 % del determinado por el fabricante”. Sobre este particular se tiene según su tesis (Núñez, Sistema de Monitoreo y Control del Alumbrado Público Mediante una Red de Sensores RF, 2017). En la tabla 3, se indica la Vida útil promedio de lámparas utilizadas en alumbrado público, de acuerdo a este autor.

Tabla 3-A

Tiempo de Vida útil de las lámparas

Tipo de luminaria	Vida útil (horas)
Fluorescentes	12 500
Luz de mezcla	9 000
Mercurio a alta presión	25 000

Halogenuros metálicos	11 000
Sodio a baja presión	23 000
Sodio a alta presión	23 000
LED	50 000

Fuente: (Núñez, Sistema de monitoreo y control de alumbrado público mediante una red de sensores RF., 2017).

Según el autor (León, 2014) el tiempo de vida útil de las lámparas lo establece según lo siguiente:

Tabla 3-B

Tiempo de Vida útil de Lámparas

Lámpara	Horas
Mercurio	10 000
Sodio	10 000 – 28 000
LEDS	> 50 000

Fuente: (León, 2014)

Entre los autores señalados líneas arriba respecto al tiempo de vida útil de las lámparas existe cierta diferencia, sin embargo, se puede afirmar que aun pasado el tiempo de vida útil de las lámparas, estas no se queman y por este motivo no se tiene un valor exacto o coincidencia de los diferentes autores, por lo que para el estudio se considera los valores más favorables para cada tipo de lámpara.

Residuo Contaminante

Según (Herrera, 2013) define como los “Materiales que han perdido valor o utilidad para sus propietarios y se convierten en un estorbo”, esto es perjudicial si se trata del mercurio que es contaminante.

Residuos Contaminantes de las Lámparas

(Chanona, 2016) Realiza el análisis para una muestra de 20 lámparas y su equipo de encendido e instalación y menciona como resultado:

“ Del brazo de la lámpara se obtiene un promedio de 754,240 Kg de hierro galvanizado.

De la Fotocelda que está conformada de materiales cerámicos, metálicos y plástico, se obtiene un promedio de 27,520 Kg

Del cabezote se obtiene materiales como el Aluminio inyectado de alta presión, polímeros sintéticos y cerámica, con un promedio de 264,000 Kg

Del reflector se obtiene un promedio de 46,400 Kg de aluminio anodizado.

Del refractor que puede ser de plástico, acrílico termoplástico o policarbonato termoplástico, se obtiene un promedio de 112,320 kg

Con respecto al Balastro que está diseñado de material cerámico, metálico y plástico se obtiene un promedio de 455,040 kg

La bombilla que está formada de silicato (vidrio, cuarzo y cerámica), metales (aluminio, acero, tungsteno, mercurio, plomo, Bario, Itrio) y polímeros naturales (carbono) se obtiene un promedio de todos estos materiales de 50,560 kg.

Esto significa que de las 320,000 lámparas se obtiene un promedio de 1,710,080 Kg de desechos sólidos. Los materiales de las lámparas pueden separarse para ser reciclados. En el caso de las bombillas se separa en partes: Ampolla, resistencia de arranque, soporte de montaje, tubo de descarga y casquillo. Al analizarse la Figura 16 que tiene los tipos de bombillas de descarga y la Figura 17 (del autor), muestra la Demanda de mercurio por usos finales, se puede comparar con los datos obtenidos en el laboratorio, donde se utiliza una muestra de 20 bombillos de vapor de mercurio de 175 w de alta presión.

Los pesos medios de una bombilla de vapor de mercurio de alta presión, y una bombilla de sodio de alta presión es de 300g

El peso medio de la bombilla de vapor mercurio de alta presión reportado en la Figura 16 es de 300 g. mientras que el obtenido en el laboratorio da un peso medio de 158 g. Aquí no se indica los vatios de la bombilla. En el bombillo de sodio de alta presión no indica la cantidad de sodio que tiene en promedio una bombilla de esta clase.

El bombillo de vapor de mercurio de alta presión y el bombillo de alta presión de sodio tienen los mismos materiales con diferente gramos/unidad. Y el material que tienen con la misma cantidad es el mercurio con 0.06 g/u. además el bombillo de sodio no contiene antimonio. Aquí no se indica los vatios de cada una de estas. Los bombillos fluorescentes de uso domiciliario y los bombillos de halogenuros metálicos también contienen mercurio en menor proporción que las que se utilizan en el alumbrado público.

Si se sustituyen las 320,000 lámparas de vapor de mercurio de alta presión se obtiene un promedio de 19,200 g de mercurio. Del total de la obtención del mercurio a nivel mundial el 55% es utilizado en el ramo eléctrico”

Esta medición hecha a la muestra nos da a entender que el proceso de cambio de las lámparas ya sea de sodio o mercurio por las lámparas leds, implica no solamente a la lámpara propiamente dicha, sino al soporte es decir al pastoral, abrazaderas, pernos tuercas etc, al equipo de encendido es decir a los reactores, condensador, ignitor, cabeza, acrílico base etc.

Estos materiales que ya no se utilizarían implica una disposición adecuada, sin embargo lo que propone el estudio es que se va a evitar estos desechos al optarse por la tecnología leds.

Capítulo III: Método

3.1. Método

Método General:

- Método científico

Métodos Específicos:

- Método Inductivo.- Ya que de la medición de un prototipo se podrá generalizar para los demás casos similares.
- Método explicativo.- Por cuanto se busca explicar, porque se tiene altos consumos de energía eléctrica en el servicio de alumbrado público y proponer la solución para reducirlo

3.2. Tipo de investigación

El tipo de investigación es cuantitativo

Nivel de Investigación, se consideró:

Investigación Predictiva.- Explica la ocurrencia de los hechos y permite predecir su comportamiento al futuro, se puede anticipar a los hechos y fenómenos de estudio;

Diseño: Cuasi - Experimental

X1 O1 X0 O2 X1 O3 X0 O4 X1 O5 X0 O6

Donde:

X1= Variable experimental aplicada

X0= Variable experimental no aplicada

On = Pruebas o mediciones, después de cada acción o no acción de X

3.3. Población y muestra

Población

No se considera la asignación al azar; se manipulará de manera intencional la variable independiente, en los prototipos de lámparas, para analizar si afecta a la variable dependiente.

Muestra

Se realizará el experimento con los equipos de las lámparas de: mercurio, sodio y leds designados.

Ámbito de Aplicación

Ayacucho, Huancavelica, Huancayo, Huánuco, Pasco, Selva Central, Tarma, Tingo María y el Valle del Mantaro.

3.4. Operacionalización de variables

Definición Conceptual de la variable: Consumo energético

El consumo energético es el costo total de energía para un proceso determinado. Enfocándonos en los hogares, el consumo energético está integrado por el consumo de energía eléctrica y de gas, de gasohol y biomasa, y también en transporte de particulares y público, que se concreta en el consumo de productos derivados del petróleo.

Para el presente estudio el consumo energético está relacionado al consumo de energía eléctrica por las lámparas de alumbrado público y sus accesorios de encendido. El concepto de consumo energético está inversamente relacionado a la eficiencia energética, de tal forma que según se incrementa el costo de energía por servicio de alumbrado público prestado, la eficiencia energética disminuye.

Tabla 4*Operacionalización de la Variable Independiente*

Variable independiente: Consumo energético del alumbrado público				
Definición conceptual	Dimensiones	Indicador	Técnicas	Instrumento
Consumo energético del alumbrado público.	Energía eléctrica consumida	MW-h por lámpara de Sodio.		Para todos los casos:
		MW-h por lámpara de Mercurio	Medición de cada tipo de lámpara	Vatímetro Voltímetro Amperímetro. Cosfímetro
Es la cantidad de energía eléctrica consumida por el equipo de iluminación, incluyendo sus accesorios de encendido.		kW-h por lámpara leds		Analizador de redes.
Considera también al Mantenimiento que nos indica que la vía debe estar iluminada de acuerdo a normas.	Mantenimiento del sistema de alumbrado público (Lámparas)	Frecuencia de Cambio de lámpara, de Sodio, Hg o Leds	Estimación del tiempo de vida útil de las lámparas.	Catálogos de fabricantes.

Fuente: Elaboración propia 2019.

Definición Conceptual de la Variable: Impacto positivo en el ambiente

Todas las fuentes de energía producen algún grado de impacto ambiental, se entiende por impacto ambiental negativo al conjunto de posibles efectos nocivos sobre el medio ambiente como consecuencia de obras u otras actividades, dejándose entender que el impacto positivo es cuando se producen efectos favorables al ambiente.

Tabla 5

Operacionalización de la Variable Dependiente.

Variable dependiente: Impacto positivo en el ambiente.				
Definición conceptual	Dimensiones	Indicador	Técnicas	Instrumento
Impacto positivo al ambiente. - Las lámparas en desuso, del alumbrado público no generan residuos tóxicos de mercurio o sodio al ambiente. Y tienen mayor tiempo de vida	Residuos tóxicos	Cantidad de Mercurio o sodio emitido por tipo de lámpara (Na, Hg ó leds)	Medición y/o observación de: Impacto ambiental de los tipos de lámpara ((Na, Hg ó leds))	Catálogos de fabricantes de lámparas

Fuente Elaboración propia 2019.

3.5. Instrumentos

Los instrumentos utilizados y las características del día de la medición fueron los siguientes:

- Día de la Medición : 19 Julio del 2019
- Lugar : Laboratorio de Mediciones de la UNCP-FIEE

- Hora : 10 horas
- Temperatura : 15 °C
- Instrumento : PQ-Box 200
- Marca : A Eberle
- Serie : 1350-002
- Precisión : < 1%
- Clase : A

Personal que participó en la medición:

- Ing. Cícero Peceros Oscoco (Jefe de Laboratorio FIEE)
- Mg. Dennys Carhuamaca Castro (Personal de Apoyo)
- Ing. John Lozano Jáuregui (Personal De Apoyo)
- Mg. Hugo Lozano Núñez (Tesisista)

Así mismo se tuvo en cuenta el Luxómetro del Laboratorio de Mediciones de la UNCP:

- Marca : Testoterm 0500 color negro
- Código UNCP : 78424
- Lugar de fabricación : Alemania
- Serie : 07869
- Tipo de instrumento : digital
- Precisión : $\pm 2\%$.
- Rango de medición : 0 a 100 000 lux
- Escalas : x1, x 10 y x 100

3.6. Procedimientos

Se realizó las mediciones en el laboratorio de la Universidad Nacional del Centro del Perú de los prototipos de lámparas de mercurio, sodio y leds según lo siguiente:

3.6.1 Procedimiento para la Determinación del Consumo Energético del Alumbrado Público.

Se consideró los equipos cada uno con sus respectivo equipo auxiliar de encendido en caso corresponda, considerándose los datos de lámpara según los fabricantes.

Lámparas de mercurio : 125 W

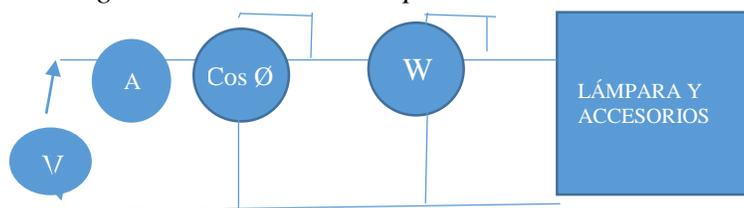
Lámpara de sodio : 50 W

Lámpara leds : 60 W

Medición de los parámetros de cada uno de los equipos de alumbrado público en el laboratorio, de acuerdo a la figura siguiente:

Figura 4

Diagrama de Conexionado para Medición



Fuente : Elaboración Propia

Donde:

W : Vatímetro

V : Voltímetro

A : Amperímetro

Cos Ø : Cosfímetro

W : Vatímetro

3.6.2 Cálculo del Consumo Energético por Tipo de Lámpara.

Esto se determinó para cada tipo de lámpara, según sus potencias de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\text{Potencia} = V * I * \text{Cos}\varnothing$$

Donde:

P = Potencia (Vatios)

V = Tensión (Voltios)

Cos \varnothing = Factor de potencia

Así mismo se tuvo en cuenta:

$$E = P * t$$

Donde:

E = Energia (kW-h)

P = Potencia (W)

T = Tiempo (horas)

Los cálculos se aplicaron a los datos proporcionados por la empresa concesionaria Electrocentro S.A. respecto de su parque de alumbrado, es decir al total de lámparas que utiliza la empresa en todas sus unidades se puede observar en la tabla 7, según lo siguiente:

Tabla 6*Parque de Alumbrado de Electrocentro S.A.*

Unidad	Tipo De Lámpara										
	<u>Incandescente</u>		<u>Mixta</u>	<u>Fluorescente</u>	<u>Mercurio</u>			<u>Sodio</u>			
	100 W	160 W	40 W	80	125	250	50	70	150	250	400
Ayacucho	2			1 263	363	27	10 917	24 722	415	7	
Huancavelica							4 667	8 629	324		
Huancayo	1		17	851	94		1 139	28 046	4 463	90	
Huánuco							10 496	15 018	748	8	
Cerro De Pasco	1			1 090	129	2	10 146	1 416	468	3	
Selva Central	12						6 884	17 401	919	15	
Tarma				881			2 107	12 845	910	14	
Tingo María							3 310	6 114			
Valle Del	1	126		3 096			976	20 205	1 107	16	2
Mantaro											
Total	17	126	17	7 181	586	29	50 642	134 396	9 354	153	2

Fuente: Electrocentro S.A. 2019

Se observa en la tabla 7, que la Empresa Concesionaria Electrocentro S.A. tiene en su parque de alumbrado un total de 17 lámparas incandescentes, 126 lámparas mixtas, 17 fluorescentes que de acuerdo al estudio realizado se podría asegurar que tienen menos eficiencia energética de las lámparas motivo del estudio es decir de las de 125 W de mercurio y de 50 W de sodio. Del cuadro anterior se tiene:

Lámpara de mercurio	:	586
Lámpara de sodio	:	50 642
Lámpara Leds	:	0

3.6.3 Cálculo del Costo del Mantenimiento por Tipo de Lámpara

Para los costos de reposición de una lámpara se tuvo en cuenta (Juicio de expertos, Ing. Fidel Medina Baquerizo e Ing. Venturo Aquino Espinoza):

- Utilización de grúa telescópica (incluido operador) a un precio de S/800,00 por día de trabajo (8 horas)
- Se puede realizar cambios de hasta 20 lámparas por día
- Apoyo de 01 técnico que tiene un sueldo de S/3000,00 mensual por 24 día de trabajo en un mes de 30 días, con estos datos se tiene que por día de trabajo realizado gana S/. 125.00

Según los datos anteriores, el procedimiento seguido es el siguiente:

- Costo de grúa para cambio de una lámpara: $S/ 800,00/20 = 40 S/ lámpara.$
- Costo de 01 técnico para el cambio de una lámpara = $S/125/20 = 6.25 S/lámpara.$
- Luego para determinar el costo total sería:
- Costo total (por lámpara)= (costo de grúa + costo de técnico +costo por lámpara)(N° de cambio de lámparas)

- El tiempo de vida útil de las lámparas determina el número de cambios en función al tiempo de vida útil de una lámpara de leds.

Los resultados se muestran en la tabla 15

3.6.4 Impacto Ambiental que Causan los Tipos de Lámparas

Para determinar el Impacto ambiental que causan las lámparas de mercurio, sodio y leds se hizo mediante la medición de la eficiencia energética del sistema de iluminación instalado, según lo siguiente:

- ✓ Determinación del tipo de alumbrado, según la clasificación vial.
- ✓ Medición y determinación del nivel de iluminación medio.
- ✓ Evaluación del vano.
- ✓ Determinación del nivel de Iluminación Medio
- ✓ Cálculo del factor de uniformidad media de iluminancia
- ✓ Cálculo de la eficiencia energética.
- ✓ Cálculo del equivalente de Tn de CO²

Determinación del Tipo de alumbrado según la clasificación vial

De acuerdo a la Norma Alumbrado de Vías Públicas (DGE-MEM, 2003), se tiene que el ingreso al campus de la UNCP es con vía pavimentada, vereda continua y tráfico motorizado reducido, el cual permite el acceso a los diferentes pabellones de las distintas facultades, por lo que se considera según la Tabla I de dicha Norma, como tipo de vía: Local Residencial 1, y le corresponde los parámetros siguientes:

Tipo de alumbrado	: IV.
Tipo de calzada	: Clara (por ser con pavimento rígido)
Nivel de Iluminancia Media	: 2 -5 lux, por tratarse de tipo de

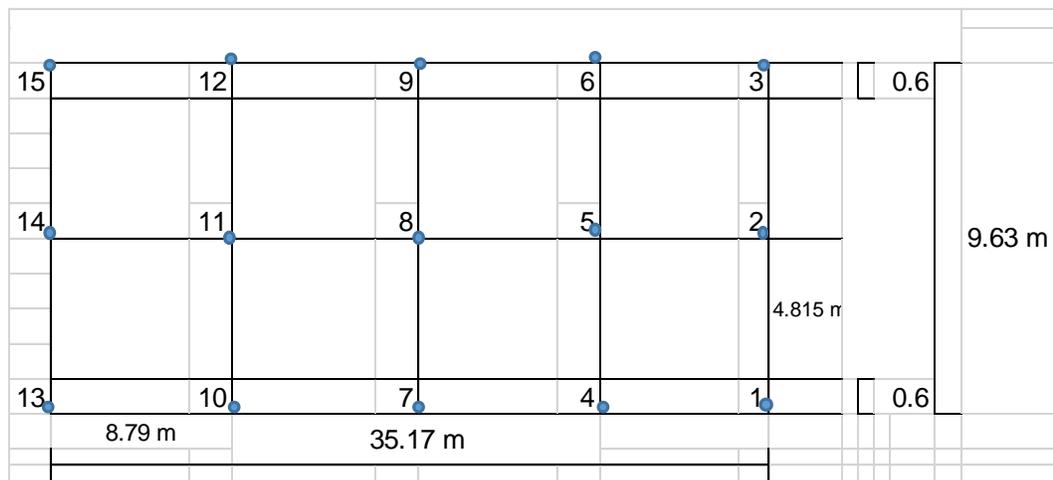
alumbrado IV.

Nivel de Uniformidad media de iluminancia: ≥ 0.15 (Según tabla IV)

Se realizó el marcado en el vano indicado, considerándose el método de los 15 puntos identificándose los puntos donde se realizaran las mediciones, según se indica en la siguiente figura:

Figura 5

Puntos de medición (Método de los 15 puntos)



Fuente: Elaboración propia 2019.

Con ello se determinó la superficie de la vía a iluminar, según lo siguiente:

$$S = l \times a$$

$$S = \text{Superficie (m}^2\text{)}$$

$$l = \text{Largo (m)}$$

$$a = \text{Ancho (m)}$$

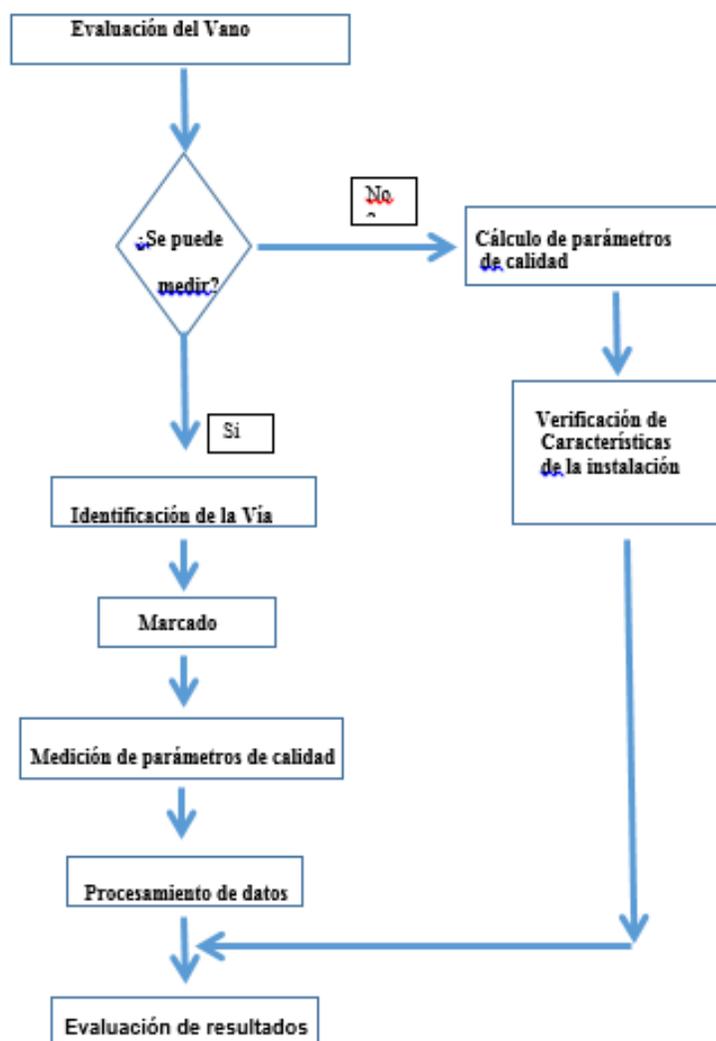
$$S = 35.17 \times 9.63 = 338.69 \text{ m}^2$$

Medición y determinación del nivel de iluminación medio

Se siguió el procedimiento que se indica a continuación:

Figura 6

Procedimiento de Medición de la Iluminancia



Fuente: Ministerio de Energía y Minas DGE 2003

Se identificó, la vía y el vano donde se realizaran las mediciones dentro de las instalaciones de la UNCP.

La misma que tiene las características siguientes:

Tabla 7*Características de la Vía y la Unidad de Alumbrado Evaluada*

Tipo de vía	Pavimentada
Longitud de vano	35.17 m
Ancho de vía	9.63 m
Altura de poste sobre la calzada	6.8 m
Longitud de pastoral	2.20 m
Ángulo de inclinación del pastoral:	15 °
Longitud de avance vertical del pastoral	0.40 m
Longitud de avance horizontal del pastoral	1.80 m
Tipo de vía	Urbano

Fuente: Elaboración propia 2019

La vía considerada está cerca al comedor universitario de la UNCP, y en ella se ha realizado las pruebas de las tres lámparas es decir de mercurio, sodio y leds, considerándose el mismo pastoral, postes, abrazaderas etc.

Determinación del nivel de Iluminación Medio

Se utilizó el luxómetro marca Testoterm 0500 de la Facultad de Ingeniería Eléctrica de la UNCP, así mismo se tuvo en consideración la validez de dicho instrumento en base a juicio de expertos. (Lozano Núñez, 2014).

Se consideró la siguiente fórmula:

$$E_m = (\sum_{i=1}^n E_i) / n$$

Donde:

E_m : Nivel de iluminación medio

E_i : Iluminación en un punto de medición

n : Número de puntos de medición

Cálculo del Factor de Uniformidad Media de Iluminancia

Se determinó según la fórmula siguiente, de acuerdo con (Hermoso, 2014)

$$U_m = E_{mín}/E_m$$

Donde:

U_m : Factor de Uniformidad media

$E_{mín}$: Nivel de iluminación mínimo

E_m : Nivel de iluminación medio

Cálculo de la eficiencia energética

De acuerdo a (Dorado, 2012) “La eficiencia energética de una instalación se define como:

$$\varepsilon = \frac{S \times E_m}{P}$$

Donde:

S : Es la superficie iluminada, (m^2)

E_m : Es la iluminación media en servicio de la instalación (lux)

P : Potencia activa total instalada (W)

Cálculo del Equivalente de Tn de CO₂

Para el cálculo del equivalente de Tn de CO₂ que se emite al ambiente por cantidad de energía eléctrica se consideró según (Ponce Carrasco, 2016) “La información referida al consumo eléctrico global (kWh) por 1000 se pasó a MWh, y luego se

multiplicó ese valor con el factor de emisión de 0,5470 tCO₂eq/MWh¹⁴, para obtener las emisiones en GEI expresadas en tCO₂eq”

3.7. Análisis de datos

Para el proceso de análisis de los datos se consideraron los valores de niveles de iluminancia obtenidos para cada tipo de lámpara producto de las mediciones según lo siguiente:

Tabla 8

Niveles de iluminación por punto- Lámpara de mercurio

Punto.	Hg
1	7
2	11
3	2
4	5
5	8
6	4
7	1
8	2
9	2
10	3
11	3
12	2
13	2
14	2
15	1

Fuente: Elaboración propia 2019

Se tuvo mayor nivel de iluminación en el punto dos de 11 lux y menor iluminación en los puntos 7 y 15 con un lux.

Tabla 9*Niveles de iluminación por punto- Lámpara de sodio*

Punto.	Na
1	3
2	1
3	1
4	1
5	3
6	1
7	2
8	3
9	2
10	3
11	2
12	1
13	1
14	1
15	2

Fuente: Elaboración propia 2019

Se tuvo mayores niveles de iluminación en los puntos uno, cinco y diez con tres luxes y se tuvo varios puntos con mediciones de un lux en los puntos dos, tres, cuatro, seis, 12,13 y 14 .

Tabla 10*Niveles de iluminación por punto- Lámpara de leds*

Pto.	LEDs
1	10
2	3
3	2
4	6
5	2
6	2
7	1
8	1
9	2
10	2
11	2
12	2
13	2
14	1
15	1

Fuente: Elaboración propia 2019

Se tuvo mayor nivel de iluminación en el punto uno con diez luxes, y los puntos más bajos fueron en los puntos siete, ocho 14 y 15 con un lux.

Capítulo IV: Resultados

Producto de las mediciones efectuadas en el Laboratorio de la Universidad Nacional del Centro del Perú, se tiene los resultados según lo siguiente:

4.1 Medición de Tensión, Potencia, Frecuencia y Corriente de las lámparas

Tabla 11

Medición de Tensión, Potencia, Frecuencia y Corriente

LÁMPARA	Tensión (V)	Cos Ø	Potencia (W)	Frecuencia (Hz)	Corriente (Amp)
Mercurio	220.7	0.996	143.00	60.01	0.650
Sodio	220.9	-0.936	59.48	59.97	0.287
Leds	221.5	-0.934	60.61	60.00	0.292

Fuente: Elaboración propia 2019

Se obtuvo mayor valor de la potencia de la lámpara de mercurio y accesorios con 143 W, deduciéndose que los accesorios de dicha lámpara tienen 18 vatios de potencia ya que la lámpara es de 125 vatios. De manera similar la potencia de la lámpara de sodio y accesorios da un valor de 59.97 vatios, deduciéndose que sus accesorios tienen una potencia de 9.97 vatios ya que la lámpara considerada es de 50 vatios. En el caso de las lámparas leds y equipo de encendido se tuvo que la potencia total fue de 60.61 vatios por lo que sus accesorios tienen 0.61 vatios .

Resultados del Consumo Energético por Tipo de Lámpara

Se observa en la siguiente Tabla:

Tabla 12*Consumo de Energía Unitario por Tipo de Lámparas*

Lámpara	Potencia lámp. + equipo encendido (W)	Tiempo uso por día. (horas)	Cos Ø	Energía por día (kW-h)	Energía	Energía
					(kW-h)/año*1	(MW-h)/t vida comparativo*2
Lámpara Mercurio 125 W	143	10	0.996	1.42	512.74	10682.10
Lámpara sodio 50 W	59.48	10	0.936	0.56	200.42	4175.49
Lámpara leds 60 W	60.61	10	0.934	0.57	203.80	4245.73

Fuente: Elaboración propia 2019; *1: Un año : 3600 horas, *2: 75 000 horas

En la Tabla 13 en lo que respecta a la medición de energía unitaria se tiene que la lámpara de mercurio tiene un consumo de energía de 1.42 kW-h por día, mientras que la de sodio tiene 0.56 kW-h por día y la lámpara leds tiene 0.57 kW-h, lo cual implica que la lámpara de mercurio y sus accesorios tendrá un consumo de energía de 10 682.10 MW-h, mientras que la de sodio tendrá un consumo de 4 175.49 MW-h y la lámpara leds tendrá un consumo de 4 245.73 MW-h. Todas ellas referidas al tiempo de vida considerado para la lámpara leds de 75 000 horas.

Tabla 13*Consumo de Energía por Tipo de Lámparas -Electrocentro S.A.*

LÁMPARA	ENERGÍA POR UNIDAD (kW-h)/año*	N° de lámparas (Electrocentro S.A.)	ENERGÍA (MW-h)/año*	AHORRO DE ENERGÍA POR CAMBIO A LEDS (MW-h)/año*
Lámpara Mercurio 125 W	512.74	586	300.47	181.04
Lámpara sodio 50 W	200.42	50642	10149.67	-171.17
Lámpara leds 60 W	203.80	0		

Fuente: Elaboración propia 2019; *1: Un año : 3600 horas

Respecto al parque de iluminación de Electrocentro S.A. en lo que se refiere al total de las lámparas de mercurio se tiene que las lámparas de mercurio tendrán un consumo por año de 300.47 MW-h y las de sodio 10 149.67 MW-h respectivamente este valor más alto de las lámparas de sodio se debe a que la Empresa Concesionaria Electrocentro S.A. tiene más unidades de alumbrado público con lámparas de sodio. No se realiza el cálculo de la energía con lámparas leds por no tener ninguna unidad con este tipo de lámpara, sin embargo para contemplar el ahorro de energía por cambio de las lámparas ya sea de mercurio o sodio por lámparas Leds se considera la misma cantidad ya sea para el caso de mercurio o sodio.

3.3. Resultados del Costo del Mantenimiento por Tipo de Lámpara

En la tabla 15 que se muestran los resultados del costo de mantenimiento por tipo de lámpara, se consideró el costo de alquiler de una grúa telescópica considerándose un promedio de 40 soles por cambio de lámpara, así mismo el costo unitario de un técnico por

lámpara en S/ 6.25 , el costo referencial del equipo son lámpara y el costo de lámpara, así mismo se consideró el tiempo de vida útil de una lámpara en días tomándose como referencia al tiempo de vida de las lámparas led en 75 000 horas, se consideró por ello que las lámparas de mercurio tendrían 3 cambios, las de sodio 2 por 1 de las lámparas led.

Lo señalado líneas arriba no fue considerado por otros autores e investigadores, pues ellos se guían de acuerdo a lo señalado por (Dorado, 2012) cuando determinan la eficiencia de las lámparas solamente tomando en cuenta los parámetros de la superficie iluminada, la iluminación media y la potencia activa total instalada es decir con los accesorios de encendido y no toman en cuenta la vida útil de las lámparas es decir los costos que implica su cambio.

Tabla 14*Resultados del Costo del Mantenimiento por Tipo de Lámpara*

Lámpara	Costo promedio			Costo de lámpara (C)	Tiempo de vida útil de lámpara*/dias	Número de cambios para 75,000 horas. (D)	Costo mantto- y lámpara S/ (A+B+C)*D
	Grúa Telescópica (A)	Técnico (01) (B)	Costo de equipo, sin lámpara				
Mercurio	40	6.25	165	15	2500	3	183.75
Sodio	40	6.25	195	25	3000	2	142.5
Leds	40	6.25	591	36	7500	1	82.25

Fuente: Elaboración propia 2019

3.4. Resultados de Costo de Energía por Tipo de Lámpara

Tabla 15

Costo de Energía por Tipo de lámpara

Lámpara	Energía por Unidad (kW-h)/año	Costo de Energía * (ctm. S/./kW.h)	Costo energía por lámp. (S./año)	Costo Energía Unitario por 75 000 horas	Costo Energía Referencia leds %
Mercurio	512.74	23.39	119.93	2508.58	251.59
Sodio	200.42	23.39	46.88	1042.94	98.34
Leds	203.8	23.39	47.67	1063.27	100

*:<https://www.osinergmin.gob.pe/Tarifas/Electricidad/PliegosTarifariosUsuarioFinal.aspx?Id=120000>

px?Id=120000

Fuente: Elaboración propia 2019

Para determinar el costo de energía por cada lámpara, se consideró los datos de la tabla 13, en lo que se refiere a la energía que se indica en la primera columna; así mismo se tuvo en cuenta el pliego tarifario de Osinergmin, y también se consideró como referencia al tiempo de vida útil de las lámparas led , donde se puede apreciar que el costo unitario de energía de la lámpara de mercurio de 2 508.58 es superior a la de sodio 1 042.94 y led 1 063.27 respectivamente, esto se debe a que a mayor potencia mayor consumo de energía.

3.5. Resultados de Costo de Mantenimiento y Energía por Tipo de Lámpara

Tabla 16

Resultados de Costo de Mantenimiento y Energía por Tipo de Lámpara

Lámpara	Costo de mantenimiento S/ por lámpara	Costo de energía S/ por lámpara	Costo de mantto. Y energía unitario por 75 000 horas
Mercurio	183.75	2508.58	2692.33
Sodio	142.5	1042.94	1185.44
Leds	82.25	1063.27	1145.52

Fuente: Elaboración propia 2019

Considerándose los parámetros del costo de mantenimiento y costo de energía se tiene en la tabla 17 que la lámpara de mercurio resulta S/2 692.33 la de sodio S/ 1 185.44 y las lámparas led S/ 1 145.52 , estos datos son considerados para un tiempo de vida útil referencial de las lámparas led.

3.6. Resultados de Mediciones de Niveles de Iluminancia.

Se realizó el análisis estadístico en función de los valores de niveles de iluminancia medidos para cada uno de los puntos y por tipo de lámpara, es decir mercurio, sodio y leds, de acuerdo a los resultados que se muestran en las tablas 9,10 y 11 anteriores. Para realizar la comparación de los tres tipos de lámparas, se realizó empleándose el diseño unifactorial para las comparaciones de los niveles de iluminación.

Después de correr el programa, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 17*Factores inter-sujetos*

	Etiqueta de valor	N
	1 Lámpara de Mercurio	15
Niveles de Iluminancia por Punto	2 Lámpara de Sodio	15
	3 Lámpara con Leds	15

Fuente: Elaboración propia 2019

En la tabla 18, se puede observar que se tuvo en cuenta 15 mediciones de cada tipo de lámpara y no se descarta ninguna medición.

Se determinaron los estadístico respectivos, específicamente la media para cada lámpara

Tabla 18*Variable Dependiente: Mediciones*

Niveles de Iluminancia por Punto	Media	Desviación estándar	N
Lámpara de Mercurio	3.67	2.89498745782	15
Lámpara de Sodio	1.80	.86189160737	15
Lámpara con Leds	2.60	2.38447358671	15
Total	2.69	2.30436564158	45

Fuente: Elaboración propia 2019

Para las 15 mediciones de cada tipo de lámpara, se determinó que la media del nivel de iluminación de las lámparas de mercurio, led y sodio es 3.67, 2.60 y 1.80 respectivamente.

Se obtuvo también los resultados de las comparaciones múltiples para lámparas:

Tabla 19*Comparaciones Múltiples Variable Dependiente*

	(I) Niveles de Iluminancia por Punto	(J) Niveles de Iluminancia por Punto	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
HSD Tukey	Lámpara de Mercurio	Lámpara de Sodio	1.8666666667	.81129591285	.067	-.1043716886	3.8377050220
		Lámpara con Leds	1.0666666667	.81129591285	.395	-.9043716886	3.0377050220
Bonfer roni	Lámpara de Sodio	Lámpara De Mercurio	-1.8666666667	.81129591285	.067	-3.8377050220	.1043716886
		Lámpara con Leds	-.8000000000	.81129591285	.590	-2.7710383553	1.1710383553
	Lámpara con Leds	Lámpara de Mercurio	-1.0666666667	.81129591285	.395	-3.0377050220	.9043716886
		Lámpara de Sodio	.8000000000	.81129591285	.590	-1.1710383553	2.7710383553
	Lámpara de Mercurio	Lámpara de Sodio	1.8666666667	.81129591285	.079	-.1564354847	3.8897688181
		Lámpara con Leds	1.0666666667	.81129591285	.587	-.9564354847	3.0897688181
	Lámpara de Sodio	Lámpara de Mercurio	-1.8666666667	.81129591285	.079	-3.8897688181	.1564354847
		Lámpara con Leds	-.8000000000	.81129591285	.989	-2.8231021514	1.2231021514
	Lámpara con Leds	Lámpara de Mercurio	-1.0666666667	.81129591285	.587	-3.0897688181	.9564354847
		Lámpara de Sodio	.8000000000	.81129591285	.989	-1.2231021514	2.8231021514

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 4.937.

En la primera columna de la tabla 20 se seleccionó dos procedimientos post hoc: La Diferencia Honestamente Significativa (HSD) de Tukey y el Método Bonferoni, en las siguientes columnas aparecen: los niveles de iluminancia por punto (I), los niveles de iluminación por punto con posibles combinaciones de dos en dos entre los niveles de iluminación de las lámparas de sodio, mercurio y leds (J); esta también la diferencia de medias de cada grupo (I-J), el error estándar de esas diferencias y el nivel crítico asociado a cada diferencia (Significación).

Se comprueba que el número de diferencias de medias halladas no es lo mismo con los dos métodos utilizados. Por lo tanto se puede concluir que todos los niveles de iluminancia comparados difieren significativamente; los niveles de iluminación de la lámpara de mercurio es mayor que la lámpara de leds y estas mayor que la de sodio

Los límites del intervalo de confianza de las últimas dos columnas permiten estimar entre que límites se encuentra la verdadera diferencia entre las medias de los grupos. En base a estos intervalos se puede también tomar la decisión por ejemplo en el caso de la lámpara de mercurio y la de sodio en la primera fila que sus promedios difieren significativamente desde el límite inferior -0.104 hasta el límite superior 3.837 .

En las comparaciones múltiples de dos en dos, se observa también que las diferencias de las medias por tipo de lámparas es significativo, por lo que se puede asegurar a un intervalo de confianza del 95% que se tienen diferencias significativas en los niveles de iluminación con las lámparas de mercurio, sodio y leds.

Tabla 20*Resultados de Student-Newman-Keuls Tukey*

	Niveles de Iluminancia por Punto	N	Subconjunto 1
Student-Newman-Keuls ^{a,b}	Lámpara de Sodio	15	1.8000000000
	Lámpara con Leds	15	2.6000000000
	Lámpara de Mercurio	15	3.6666666667
	Sig.		.067
HSD Tukey ^{a,b}	Lámpara de Sodio	15	1.8000000000
	Lámpara con Leds	15	2.6000000000
	Lámpara de Mercurio	15	3.6666666667
	Sig.		.067

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = 4.937.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 15.000.

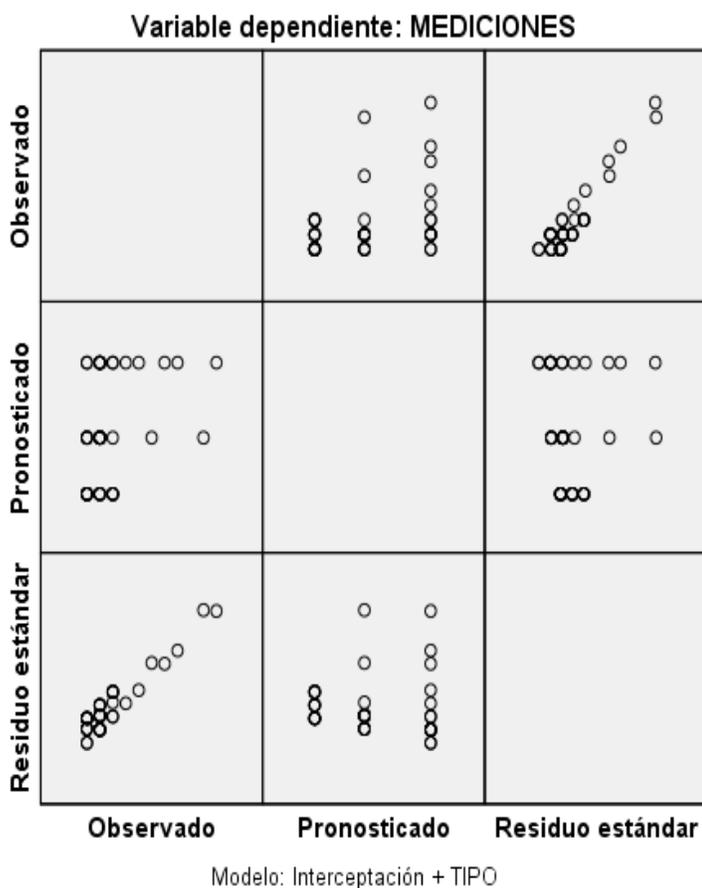
b. Alfa = .05

En los resultados de Student-Newman-Keuls, se puede observar que también existen diferencias significativas en las medias de los subconjuntos para las lámparas de mercurio 3.67), sodio (1.80) y leds 2.60)

Interpretación de los residuos

Figura 7

Interpretación de residuos



Fuente : Elaboración propia

Interpretación de residuos

En la figura 7, se observa que en la fila 3 y columna 2 no se tienen ningún aspecto que nos pueda inducir el incumplimiento de alguna hipótesis.

Se obtuvo el resultado de la prueba de igualdad de Levene de varianzas de error

Tabla 21

Prueba de Igualdad de Levene de Varianzas de Error

Variable dependiente: MEDICIONES			
F	df1	df2	Sig.
3.750	2	42	.032

Prueba la hipótesis nula que la varianza de error de la variable dependiente es igual entre grupos.

a. Diseño : Interceptación + Lámparas

Así mismo se obtuvo el resultado del contraste de hipótesis:

Tabla 22

Resumen de Contraste de Hipótesis

Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
La distribución de Niveles de Iluminación por Tipo de Lámpara es normal con la media 2.000 y la desviación estándar 0.83	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	.0001 ¹	Rechace la hipótesis nula
La distribución de Mediciones es normal con la media 2.689 y la desviación estándar 2.30	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	.0001 ¹	Rechace la hipótesis nula

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significancia es .05.

¹ Lilliefors corregido

Cálculo del Factor de Uniformidad de las lámparas.

Tomando en cuenta los valores obtenidos anteriormente (Tablas : 9,10 y 11), se obtiene como resultado los niveles de iluminancia mínimo, máximo, medio y el factor de uniformidad medio para cada tipo de lámpara, considerándose lo señalado en el capítulo anterior para el cálculo de los parámetros.

Tabla 23

Niveles de Iluminación y Factor de Uniformidad-Lámpara Mercurio

Parámetro	Valor
Nivel de Iluminancia Mínimo	1 lux
Nivel de Iluminancia Máximo	11 lux
Nivel de Iluminancia media	3.67 lux
Factor de Uniformidad medio	0.27

Fuente: Elaboración propia 2019

Tabla 24

Niveles de Iluminación y Factor de Uniformidad-Lámpara Sodio

Parámetro	Valor
Nivel de Iluminancia Mínimo	1 lux
Nivel de Iluminancia Máximo	3 lux
Nivel de Iluminancia media	1.80 luxes
Factor de Uniformidad medio	0.55

Fuente: Elaboración propia 2019

Tabla 25

Niveles de Iluminación y Factor de Uniformidad-Lámpara Leds

Parámetro	Valor
Nivel de Iluminancia Mínimo	1 lux
Nivel de Iluminancia Máximo	10 lux
Nivel de Iluminancia media	2.60 luxes

Factor de Uniformidad medio	0.38
------------------------------------	------

Fuente: Elaboración propia 2019

Cálculo de la Eficiencia Energética de las Lámparas.

Se determina la eficiencia energética para cada tipo de lámpara, de acuerdo a lo señalado en el ítem 3.6, mostrándose los resultados en las tablas siguientes:

Tabla 26

Eficiencia Energética-Lámpara Mercurio

Parámetro	Unidad	Valor
Superficie considerada (m2)	m ²	338.78
Nivel de iluminancia medio (lux)	lux	3.67
Potencia de unidad	w	143
Eficiencia energética	(m ² x lux)/w	8.69

Fuente: Elaboración propia 2019

Tabla 27

Eficiencia Energética-Lámpara Sodio

Parámetro	Unidad	Valor
Superficie considerada (m2)	m ²	338.78
Nivel de iluminancia medio (lux)	lux	1.8
Potencia de unidad	w	59.48
Eficiencia energética	(m ² x lux)/w	10.25

Fuente: Elaboración propia 2019

Tabla 28*Eficiencia Energética-Lámpara Leds*

Parámetro	Unidad	Valor
Superficie considerada (m²)	m ²	338.78
Nivel de iluminancia medio (lux)	lux	2.6
Potencia de unidad	w	60.61
Eficiencia energética	(m ² x lux)/w	14.53

Fuente: Elaboración propia 2019

De las tablas 27,28 y 29 se puede apreciar que la eficiencia energética de las lámparas led es 14.53 (m² x lux/ w) , el cual es superior a las lámparas de sodio, que tiene 10.25(m² x lux/ w) y a la lámpara de mercurio que tiene 8.69(m² x lux/ w)., muy a pesar que la lámpara de mercurio tiene mayor nivel de iluminancia media 3.67 lux, seguido por las lámparas led 2.6 lux y la lámpara de sodio que tiene 1.8 lux.

Determinación del Impacto Ambiental:

Con los datos determinados y tomando en consideración lo señalado anteriormente se determina el equivalente en Tn de CO₂ , del impacto que causan al ambiente las lámparas de mercurio, sodio y leds.

Tabla 29*Comparativo- Equivalente de Tn CO₂ - Tipo de Lámparas en Electrocentro S.A.*

Tipo de lámpara	Energía por Unidad (kW-h)/año*	N° de Lámparas (Electrocentro S.A.)	Energía (MW-h)/año*	Equivalente en Tn CO₂ por año.	Energía por Cambio a Leds (MW-h)/año*	Diferencia de Energía (MW-h)/año*	Equiv. Tn CO₂ que se dejaría de emitir al amb. con leds
Lámpara Mercurio 125 W	512.74	586	300.47	164.35	119.43	181.04	99.03
Lámpara sodio 50 W	200.42	50642	10149.67	5551.87	10320.84	-171.17	-93.63
Lámpara leds 60 W	203.80	0					

Fuente: Elaboración propia 2019

Como el impacto ambiental está directamente relacionado a la potencia y esta a su vez a la energía que consume la lámpara y sus accesorios de encendido, se obtiene los resultados que se indica en la tabla 30. El total de las lámparas de mercurio de la Empresa Electrocentro S.A. emite un equivalente de 164.35 Tn CO₂ al ambiente por año, mientras que las lámparas de sodio emiten 5551.87 Tn CO₂ y si se cambiaran a leds en el caso de las lámparas de mercurio se tendría una reducción de 99.03 Tn CO₂ por año, mientras que si se reemplaza las lámparas de sodio y equipo de encendido de 50 vatios por las lámparas leds con equipo de encendido de 60 vatios se tendría un incremento de 93.63 Tn CO₂ al ambiente por año.

Capítulo V: Discusión de resultados

La discusión de resultados se realizó para cada objetivo específico de acuerdo a los resultados encontrados producto de las mediciones de campo y laboratorio; considerándose para el consumo energético del alumbrado público, el costo de mantenimiento y el impacto ambiental que causan la lámparas de mercurio, sodio y leds respectivamente dentro de la Empresa Concesionaria Electrocentro S.A.

5.1.1 Respecto al consumo energético por tipo de lámpara

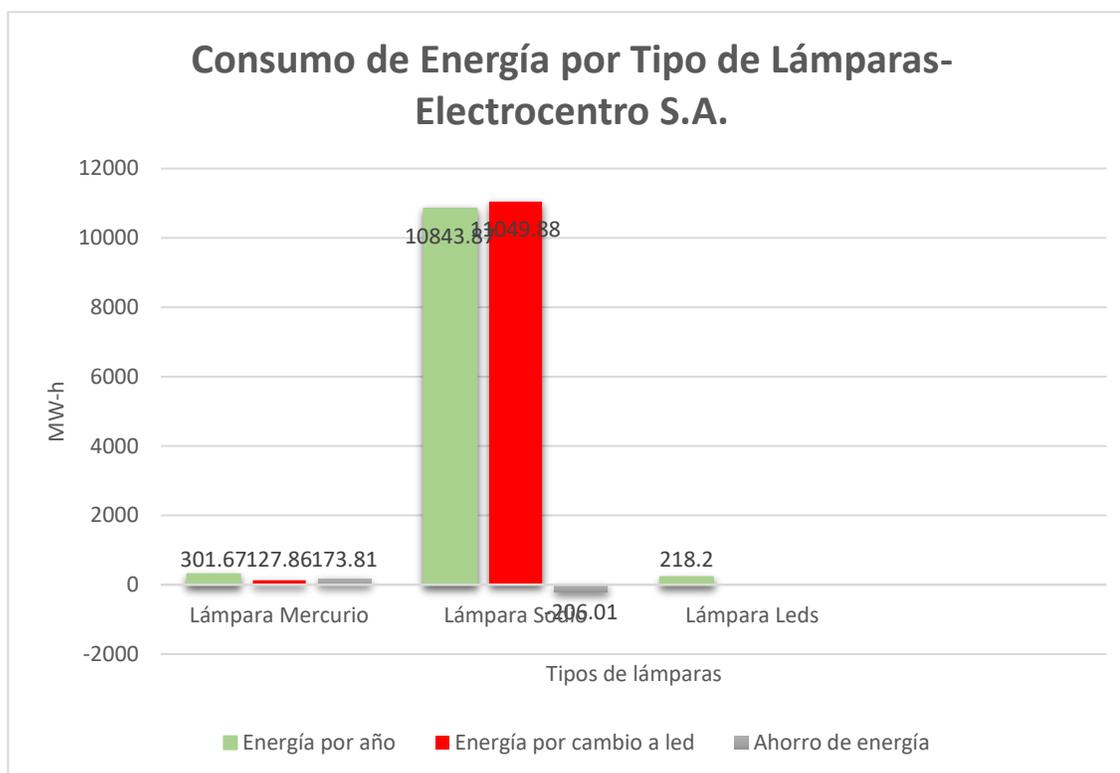
Se tuvo en cuenta lo indicado en la tabla siguiente:

Tabla 30*Discusión sobre Consumo de energía por tipo de lámparas-Electrocentro S.A.*

Lámpara	Potencia lámp. + equipo encendido (W)	Tiempo (horas)	Energía unitario (kW- h)/día	Energía unitario (kW- h)/año*1	% de Energía en base a lámpara led	N° lámparas	Energía total (MW- h)/año*1	Energía por cambio a leds (MW- h)/año*1	Energía ahorro por cambio a leds (MW- h)/año*1	Energía ahorro por cambio a leds (%)
Lámpara Mercurio 125 W	143	10	1.43	514.80	235.93	586.00	301.67	127.86	173.81	57.62
Lámpara sodio 50 W	59.48	10	0.5948	214.13	98.14	50642.00	10843.87	11049.88	-206.01	-1.90
Lámpara leds 60 W	60.61	10	0.6061	218.20	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Elaboración propia 2019; *1: Un año : 3600 horas (10 horas cada día) *2: 75000 horas = 7500 días

Figura 8

Consumo de Energía Unitario Electrocentro

Fuente : Elaboración propia 2019

De acuerdo a la tabla 31 y la figura 8 , la Empresa Electrocentro S.A. estaría reduciendo el consumo de la energía total solo en lo que respecta a las lámparas de mercurio de 301.67 MW-h/año a 127.86 MW-h/año si sustituyera las 586 lámparas de mercurio y las cambiara por lámparas led. En el caso de las lámparas de sodio para este tipo de vía no es adecuado por cuanto se incrementa el consumo de energía en 1.90% de su consumo actual.

Los datos de potencia de las lámparas (incluye el equipo de encendido) se tomaron de la tabla 12; basado en ella se determinó según la sexta columna de la Tabla 31 (Porcentaje de energía), que la lámpara de mercurio consumirá aproximadamente 135.93 % más que la

lámpara de leds y la lámpara de sodio consumirá 1.86 % menos que la lámpara de leds, tomándose como referencia el tiempo de vida en 75,000 horas de la lámpara con leds.

Tabla 31

Discusión sobre Costo de Energía por Tipo de lámpara

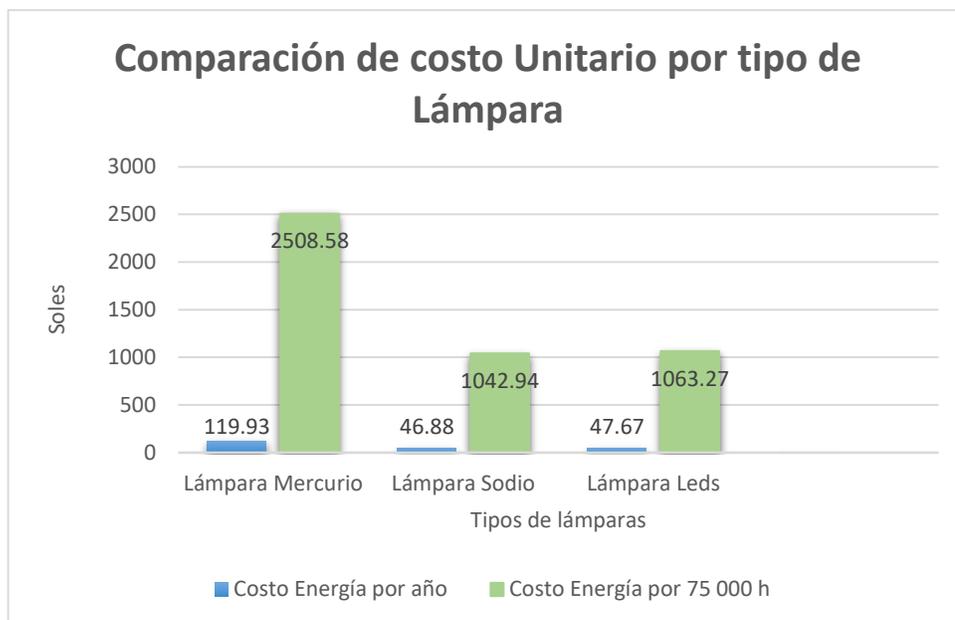
Lámpara	Energía por Unidad (kW-h)/año	Costo de Energía * (ctm. S./kW.h)	Costo por unidad (S./año)	Costo Energía Unitario S/. por 75 000 horas	Costo Energía Referencia leds %
Mercurio	514.84	23.39	119.93	2508.58	251.59
Sodio	214.13	23.39	46.88	1042.94	98.34
Leds	218.20	23.39	47.67	1063.27	100

Fuente: Elaboración propia 2019

*: <https://www.osinergmin.gob.pe/Tarifas/Electricidad/PliegosTarifariosUsuarioFinal.aspx?Id=120000>

Se toma como referencia al costo de la tarifa indicada considerándose solamente el costo por energía

De la Tabla 32 sexta columna (costo de energía) se puede observar que la lámpara de mercurio tendrá un costo por energía de aproximadamente 151.59% más que la lámpara led, (tomado ésta como referencia) y la lámpara de sodio consumirá 1.66 % menos que la lámpara de led, esto debido a que tiene menos potencia aun teniendo más número de reemplazos de lámparas por tiempo de vida útil en comparación con las lámparas led.

Figura 9**Costo de Energía Unitario**

Fuente : Elaboración propia 2019

De la figura 9, se puede apreciar que la lámpara de mercurio tiene un costo de energía unitario de S/ 119.93, la de sodio S/ 46.88 y la lámpara de leds S/47.67 por año; así mismo por el tiempo de vida útil de una lámpara leds, de 75 000 horas se tendría el costo de energía unitario de una lámpara de mercurio de S/2508.58, mientras que la lámpara de sodio tendría un costo unitario de S/1042.94 y la lámparas led tendría un costo unitario de S/1063.27

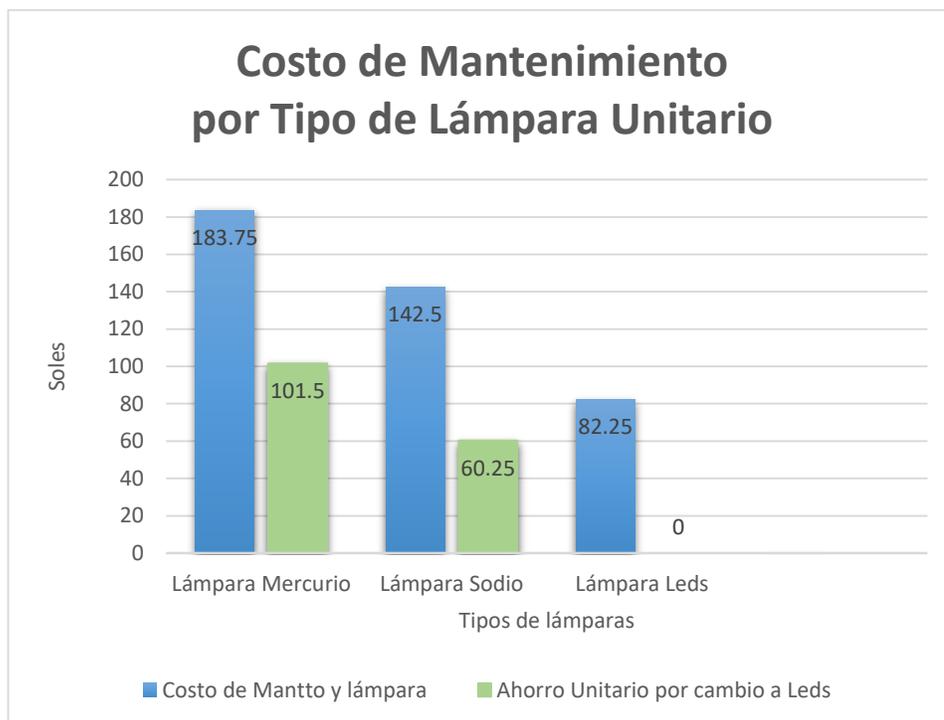
Tabla 32*Discusión sobre Costo de Mantenimiento por Tipo de Lámpara Unitario*

Lámpara	Costo promedio		Costo de equipo, incluido lámpara	Costo de lámpara (C)	Tiempo de vida útil de lámpara*/días	Número de cambios para 75,000 horas (D)	Costo Mantto- y lámpara S/ (A+B+C)*D	% de Costo Mantto. y lámpara, referencia lámpara leds
	Grúa Telescópica (A)	Técnico (01) (B)						
Mercurio	40.00	6.25	180.00	15.00	2500	3	183.75	223.40
Sodio	40.00	6.25	220.00	25.00	3000	2	142.50	173.25
Leds	40.00	6.25	627.00	36.00	75 00	1	82.25	100.00

* Tomado como referencia al tiempo de vida útil de las lámparas led.

Fuente: Elaboración propia 2019

De acuerdo a la tabla 33 ya que se observa que el costo unitario para el mantenimiento de la lámpara de mercurio tiene es de 183.75 soles; el cual representa un 123.40 % más que la lámpara de leds, así mismo en el caso de la lámpara de sodio se tiene un costo unitario de 142.5 soles el cual representa un 73.25 % más en referencia a las lámparas led

Figura 10*Costo por Mantenimiento y Tipo de Lámpara*

Fuente : Elaboración propia 2019

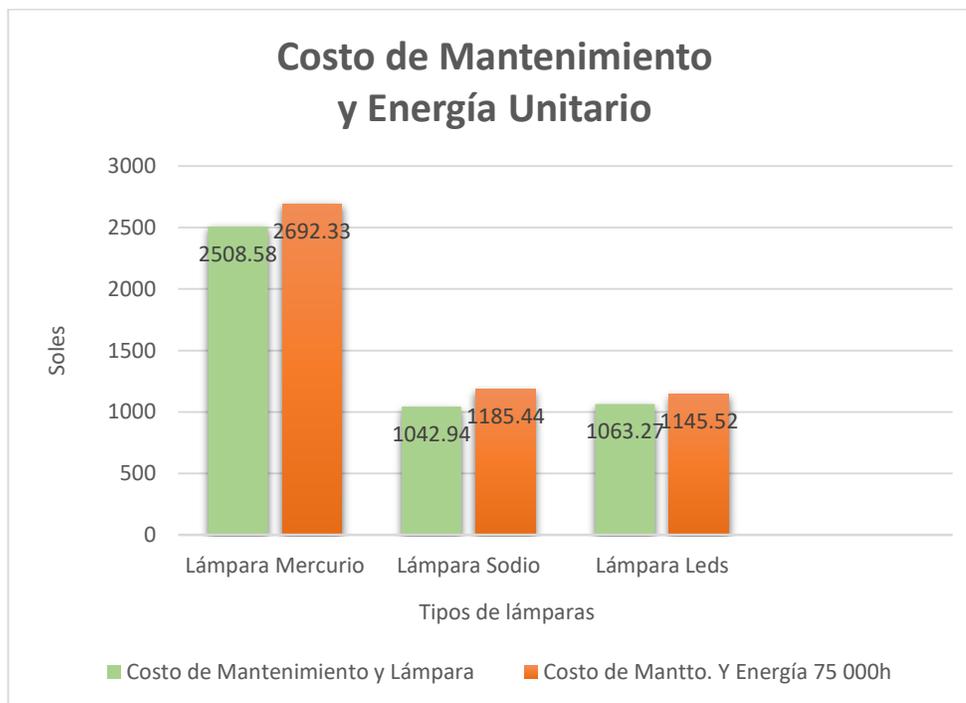
De acuerdo a la figura 10, se tiene que el costo por mantenimiento unitario de la lámpara de mercurio es S/183.75, en el caso de la lámpara de sodio es S/ 142.50 soles y para las lámparas led se tiene S/ 82.25. De acuerdo a estos resultados se podría tener un ahorro de S/ 101.55 por cada unidad en caso se cambien las lámparas de mercurio a Leds y si se cambia las lámparas de sodio a leds se tendría un ahorro de S/ 60.25 por unidad de lámpara. Según (FUERES, 2016), en su trabajo llega a la conclusión que los costos de mantenimiento de las luminarias leds son reducidos respecto a los otros tipos de lámparas y estas tienen mejor eficiencia energética porque no tienen pérdida de energía como lo tienen las de los sistemas convencionales, el mismo que se corrobora con los resultados de los análisis efectuados.

Tabla 33*Discusión Costo de Mantenimiento y Energía Unitario(*)*

Lámpara	Costo de mantenimiento S/ por lámpara	Costo de energía S/ por lámpara	Costo de mantto. y energía unitario	% de Costo de mantto. y energía unitario.
Mercurio	183.75	2508.58	2692.33	235.03
Sodio	142.5	1042.94	1185.44	103.48
Leds	82.25	1063.27	1145.52	100

(*): Referencia a tiempo de vida de lámpara leds, 75 000 horas.

De acuerdo a la tabla 34, el costo de mantenimiento y energía unitario de la lámpara de mercurio es de 2692.33 soles; es decir su costo es más alto en energía y también en mantenimiento, le sigue la lámpara de sodio que tiene 1185.44 de costo por mantenimiento y energía unitario, y se puede observar también que las lámparas led tienen menor costo de mantenimiento y energía unitario 11.45.52; esto nos indica que si es factible económicamente cambiar las lámparas de mercurio por leds, así mismo cambiar las lámparas de sodio por lámparas led.

Figura 11*Costo de Mantenimiento y Energía Unitario*

Fuente : Elaboración Propia

De acuerdo a la figura 11, el costo de Mantenimiento y Energía Unitario de la lámpara de mercurio tiene es de 2692.33 soles; el cual representa un 135.03 % más que la lámpara de leds, así mismo en el caso de la lámpara de sodio se tiene un costo unitario de 1185.44 soles el cual representa un 3.48 % más que la lámpara de leds, por lo que se asegura que el cambio de lámparas de mercurio a lámparas led resulta económico, así mismo el cambio de las lámparas de sodio a lámparas leds es también económico para la empresa Electrocentro S.A.

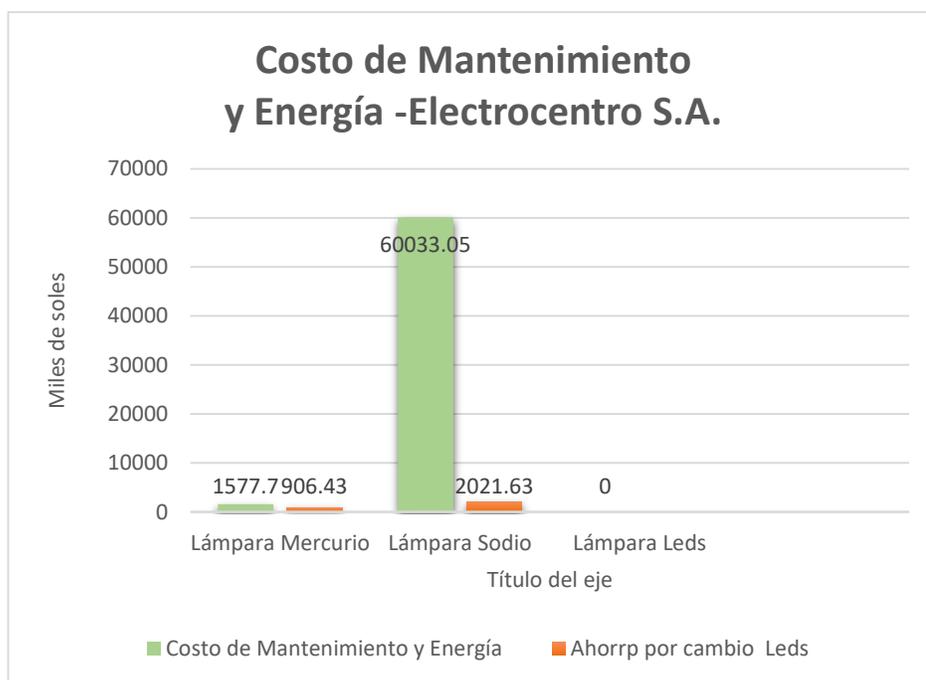
5.1.2 Discusión sobre Costo de Mantenimiento y Energía Electrocentro S.A.

Tabla 34*Discusión sobre Costo de Mantenimiento y energía Electrocentro S.A*

Lámpara	Número de Lámparas Electrocentro S.A.	Costo de mantto. Y energía unitario (*)	Costo de mantto. y energía Electrocentro S.A.	Ahorro Costo de mantto. y energía con Leds Electrocentro S.A.
Mercurio	586	2692.33	1577705.38	906430.66
Sodio	50642	1185.44	60033052.48	2021628.64
Leds	0	1145.52		

(*) Referencia tiempo de vida lámparas leds 75 000 horas

También según los datos de la tabla 35, el costo de Mantenimiento y Energía de las lámparas de mercurio en Electrocentro es de 1 577 705.38 soles; y si se cambiara a lámparas led se tendría un ahorro de 906 430.66 soles (diferencia de costo unitario de mercurio menos costo unitario de led por número de lámparas); así mismo en el caso de la lámpara de sodio se tiene un costo de mantenimiento de 60 033 052.48 soles y de cambiarse a lámparas led se tendría un ahorro de 2 021 628.64 soles, los cuáles se indican en la figura 12.

Figura 12*Costo Por Mantenimiento y Energía - Electrocentro S.A*

Fuente : Elaboración propia 2019.

Según se puede apreciar en el figura 12 el costo de mantenimiento y energía mas relevante es en las lámparas de sodio y de cambiarse a leds se tendría un ahorro de S/2 021 628.64 , mientras que si se cambia las lámparas de mercurio a leds se tendría un ahorro de S/ 906 430.66

5.1.3 Discusión sobre Impacto Ambiental.

Tabla 35*Discusión Niveles de Iluminación*

Punto.	Hg	Na	LEDs
1	7	3	10
2	11	1	3
3	2	1	2
4	5	1	6
5	8	3	2
6	4	1	2
7	1	2	1
8	2	3	1
9	2	2	2
10	3	3	2
11	3	2	2
12	2	1	2
13	2	1	2
14	2	1	1
15	1	2	1
Em	3.67	1.80	2.60
Emin	1	1	1
Máximo	11	3	10

Fuente: Elaboración propia 2019

En base a la tabla 36, se observa que la lámpara de mercurio tiene mayor nivel de iluminación medio (3.67 lux) esto se debe a que se tiene en el análisis una lámpara de 125 W de potencia, la lámpara leds de 60 W tiene (2.6 lux) y la lámpara de sodio de 50W (1.8 lux); respectivamente, así mismo tienen valores de niveles de iluminación máximo diferenciados.

Según (Erráz, 2015), llega a la conclusión en su investigación, donde señala que se reduce el nivel de iluminación con las lámparas leds y se tiene un ahorro, sin embargo se debe tener similares valores de niveles de iluminación o en todo caso señalar que se cumplen los

valores mínimos de iluminación determinados por las entidades reguladoras principalmente de acuerdo al tipo de vía.

De acuerdo a (Rodrigo, 2017) entre sus principales conclusiones que llega a mencionar que se tiene datos de niveles de iluminación mínimo de 19.50 lux y máximo de 44.85 lux con las lámparas leds, en la Avenida motivo de su estudio ya que considera una lámpara de mayor potencia.

Evaluación de Resultados de Niveles de Iluminación con respecto a la Norma 013-2003-EM/D

Tabla 36

Evaluación de Resultados de Niveles de Iluminación.

Parámetro	lámpara Mercurio	lámpara sodio	Lámpara Leds	NORMA *
Em (lux)	3.67	1.8	2.6	2 - 5
E_{min} (lux)	1	1	1	
E_{max} lux)	11	3	10	
Um	0.27	0.56	0.38	> 0.15

Norma Técnica DGE: Alumbrado de Vías Públicas en zonas de concesión

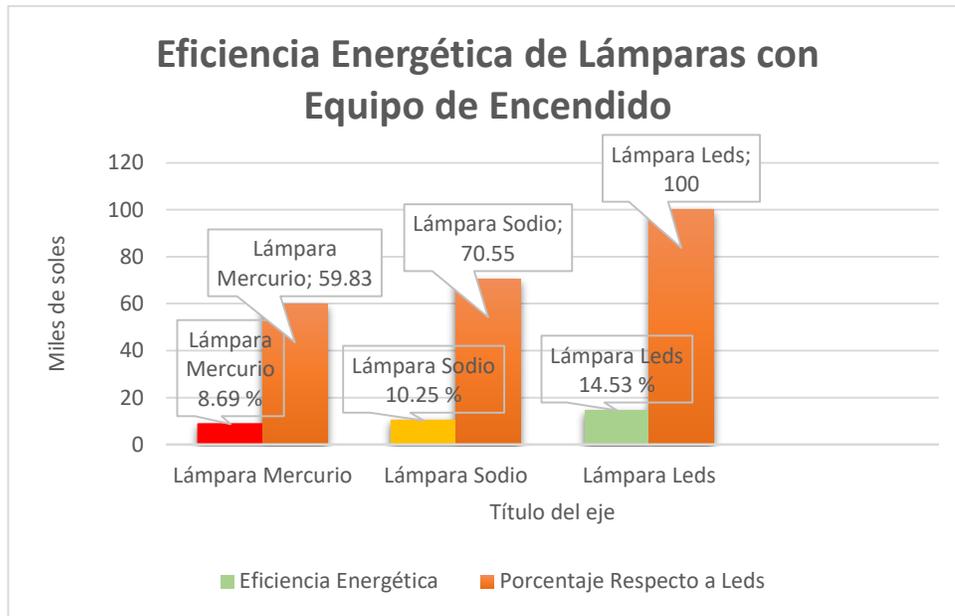
De la tabla 37 la iluminancia media de acuerdo a la Norma debe ser de 2 a 5. (Tabla II de la Norma (DGE-MEM, 2003) la lámpara de mercurio y la de leds cumplen lo estipulado en la Norma Técnica de Alumbrado de Vías Pública - DGE aprobada con R.M.013-2003-EM/D, mientras que la lámpara de sodio no cumple por lo que su uso no deberá darse bajo este tipo de vías; así mismo también según la indicada Norma (DGE-MEM, 2003) los tres tipos de lámparas cumplen con lo establecido en dicha norma en lo que se refiere a Uniformidad de Iluminancia (Tabla IV "Uniformidad Media de Iluminancia").

Tabla 37*Discusión Sobre Eficiencia Energética de Lámparas con equipo de encendido*

Parámetro	Unidad	Mercurio	Sodio	Leds
Superficie considerada	m2	338.69	338.69	338.69
Nivel de iluminancia medio	lux	3.67	1.8	2.6
Potencia de equipo	w	143	59.48	60.61
Eficiencia energética	(m2 x lux)/w	8.69	10.25	14.53
Eficiencia energética % respecto a leds	%	59.83	70.55	100.00

Fuente: Elaboración propia 2019

De acuerdo a la tabla 38, es necesario precisar que no es necesario analizar potencias iguales de lámparas para determinar su eficiencia energética por cuanto están referidos para la prueba dentro del mismo área de cobertura y bajo las mismas condiciones de ubicación, (altura, distancia entre vanos etc.) obteniéndose que la lámpara con leds tiene una eficiencia de 14.53, mientras que la lámpara de sodio 10.25 y la lámpara de mercurio que tiene 8.69. Si se toma como referencia a las lámparas led, a un 100%, la lámpara de sodio tiene 70.55% y la de mercurio 59.83%, según se indica en la figura13.

Figura 13*Eficiencia Energética de Lámparas*

Fuente : Elaboración propia 2019

(Lojano, 2014), Concluye en su tesis, que la tecnología Led produce un ahorro de energía y de las emisiones de CO₂ del 51% que la convencional y haciendo un comparativo con los datos obtenidos en la tabla 38, se observa que la eficiencia energética de la lámpara de leds tomado como referencia a un 100% supera a la de mercurio que llega a tener 59.83% , así mismo a la lámpara de sodio que llega a tener 70.55 % de eficiencia.

Según (Rodrigo, 2017) establece en su trabajo del cambio de lámparas de sodio por leds que el cual podría dar un ahorro mensual de 7134.95 soles y esta representa un ahorro del 56%.

De los resultados obtenidos por los diferentes autores es necesario señalar que para tener comparativos que se aproximen se debe realizar bajo las mismas características de la vía en estudio, es decir que para el análisis de la eficiencia energética se debe tener similar área de cobertura ya que de lo contrario diferirán los valores hallados. En el caso del estudio realizado se tuvo en consideración lo mencionado por cuanto las comparaciones se dan para similar área de iluminación e instalación de las unidades de alumbrado.

El mismo autor no considera los costos de mantenimiento, lo que se realiza en el presente estudio tomando como referencia al tiempo de vida útil de las lámparas leds

Según (Vela Martins, 2015) afirma que “Que la tecnología de iluminación con leds es eficiente energéticamente y tiene características lumínicas aceptables...”, lo que concuerda con los valores obtenidos de las mediciones unitarias de las lámparas.

5.1.4 Respecto al impacto ambiental por tipo de lámpara

Tabla 38

Comparativo- Equivalente de Tn CO₂ - Tipo de Lámparas en Electrocentro S.A.

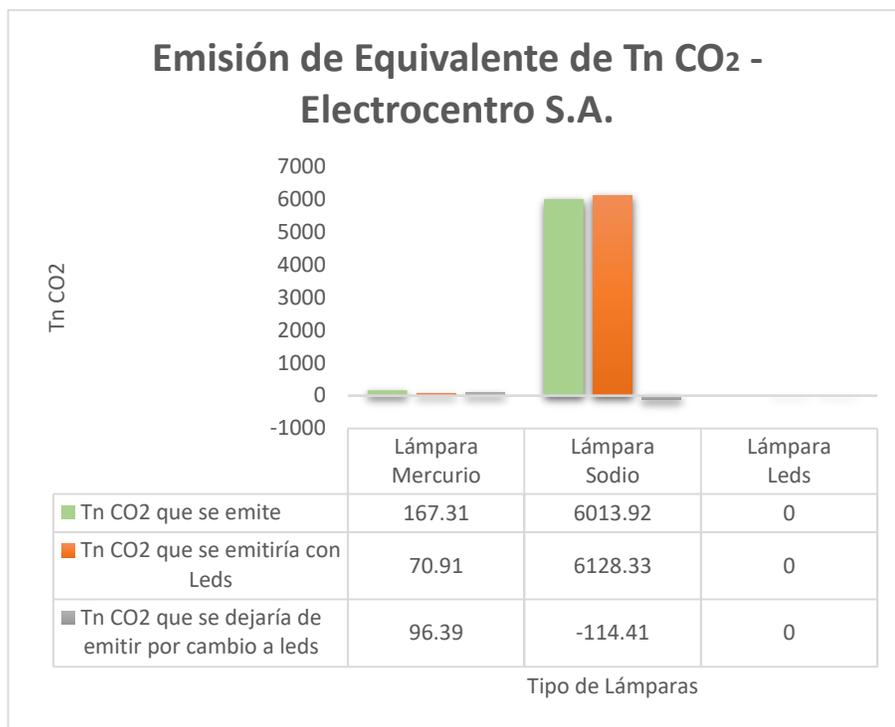
Lámpara	Energía por Unidad (kW-h/año*	N° de Lámparas (Electrocentro S.A.)	Energía (MW-h)/año*	Energía por Cambio a Leds (MW-h)/año*	Emisión Actual de Tn CO₂	Emisión de Tn CO₂ por cambio a Leds/año	Tn CO₂ que se dejaría de emitir/año
Lámpara Mercurio 125 W	521.95	586	305.86	129.64	167.31	70.91	96.39
Lámpara sodio 50W	217.1	50642	10994.38	11203.53	6013.92	6128.33	-114.41
Lámpara leds 60W	221.23	0					

Fuente: Elaboración propia 2019

Así mismo de acuerdo a la tabla 39, se puede apreciar que la lámpara de mercurio están emitiendo 167.31 tnCO₂eq equivalente de dióxido de carbono al ambiente, y las lámparas de sodio están emitiendo 11 203.53 tnCO₂eq

Figura 14

Emisión de Equivalente de Tn CO₂ - Electrocentro S.A.



Fuente : Elaboración Propia 2019

En la figura 14, se puede apreciar que la lámpara de mercurio están emitiendo 167.31 tnCO₂eq equivalente de dióxido de carbono al ambiente, y si se cambian a lámparas led (que emitirían 70.91 tnCO₂eq) se estaría dejando de emitir 96.39 tnCO₂eq equivalente de dióxido de carbono al ambiente.

5.1.5 Respecto a la contrastación de hipótesis

Se tuvo en cuenta lo siguiente:

Hipótesis alternativa:

El consumo energético del alumbrado público con lámparas led genera un impacto positivo al ambiente (H₁).

Hipótesis nula :

El consumo energético del alumbrado público con lámparas led no genera un impacto positivo al ambiente. (H_0).

Tabla 39

Mediciones- Contrastación de Hipótesis

	Niveles de Iluminancia por Punto	N	Subconjunto 1
Student-Newman-Keuls^{a,b}	Lámpara de Sodio	15	1.8000000000
	Lámpara con Leds	15	2.6000000000
	Lámpara de Mercurio	15	3.6666666667
	Sig.		.067
HSD Tukey^{a,b}	Lámpara de Sodio	15	1.8000000000
	Lámpara con Leds	15	2.6000000000
	Lámpara de Mercurio	15	3.6666666667
	Sig.		.067

Fuente: Elaboración propia 2019

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 4.937.

Utiliza tamaño de la muestra de la media armónica = 15.000.

Alfa = .05

En la tabla 40 se puede observar que los resultados de Student-Newman-Keuls, que existen diferencias significativas en las medias de los subconjuntos para las lámparas de mercurio, sodio y leds respecto a los niveles de iluminación.

El mismo resultado se tiene al utilizar el método de HSD Tukey, donde se muestran niveles de iluminancia medias de las lámparas con diferencias significativas.

Así mismo se determina en base a estas medias de iluminación la eficiencia energética de las lámparas según se indica en la tabla 38 según lo siguiente; mercurio (8.69), sodio (10.25) y leds (14.53), por lo que se llega a aceptar la hipótesis alternativa: el consumo energético del alumbrado público con lámparas led genera un impacto positivo al ambiente (H_1). Por cuanto se estaría dejando de emitir al ambiente 96.39 Tn de CO₂ si la Empresa Electrocentro S.A. cambiara sus lámparas de mercurio a lámparas led

Según el autor (Pacheco, 2010) en su tesis no cuantifica la cantidad de mercurio que se tiene en cada lámpara de vapor de mercurio, la misma que se puede evitar con el uso de las lámparas leds, debido a que no se cuenta con estudios de tesis respecto a la cantidad de mercurio en las lámparas de mercurio, es que se recurrió al dato de los fabricantes (OSRAM, 2019) donde establece que la cantidad de mercurio para una lámpara de 400 w es de 63.2 mg. por lo que se toma como referencia y estableciéndolo proporcionalmente en función de la potencia se estima que una lámpara de mercurio de 125 vatios tiene aproximadamente 19.75 mg de mercurio. Y de acuerdo al parque de iluminación de Electrocentro S.A. tiene 586 lámparas de mercurio y se podría afirmar que se dejaría de emitir 11 573.5 mg de mercurio al ambiente.

Capítulo VI: Conclusiones

- ✓ El impacto de las lámparas leds al ser utilizadas en forma masiva tendrá un impacto positivo en nuestro medio ambiente ya que se ha demostrado que son más eficientes pues tiene 14.53, mientras que la lámpara de sodio tiene 10.25 y la de mercurio tiene 8.69 de eficiencia, según se indica en la tabla 38 y debido a ello tendrá menos consumo de energía y costo por mantenimiento.
- ✓ El consumo energético del alumbrado público, en el ámbito de la Empresa Electrocentro S.A. según el resultado de la tabla 31, se reduciría de 301.67 (MW-h)/año a 127.86 (MW-h)/año con la implementación de las lámparas led de 60 W en reemplazo de las lámparas de vapor de mercurio de 125 W, el cual implica un ahorro de 173.81(MW-h)/año (57.62, %) menos que su consumo actual; en el caso de la lámpara de sodio se tiene un incremento de 1.90 % .
- ✓ Los costos de mantenimiento unitario del servicio de alumbrado público en la Empresa Electrocentro S.A., en el caso de lámparas de mercurio S/183.75 y sodio S/ S/142.50 , de acuerdo a los resultados indicados en la tabla 33 se reducirían a S/ 82.25 al cambiarse a lámparas leds.
- ✓ El impacto ambiental que causan las lámparas led, mercurio y sodio utilizadas en el alumbrado público, en la Empresa Concesionaria Electrocentro S.A de acuerdo a los resultados indicados en la tabla 39, se tiene que las lámparas de mercurio emiten 167.31 Tn CO₂ y si se cambian a lámparas leds emitirían 70.91 Tn CO₂ , dejándose de emitir 96.39 Tn CO₂ por lo que el impacto que causa al ambiente es positivo, mientras que al cambiarse las lámparas de sodio de 50 W por las lámparas de led de 60 W, se incrementaría en 114.41 Tn CO₂ , esto por tener mayor potencia que la

lámpara led. Así mismo Electrocentro S.A. tiene 586 lámparas de mercurio y se podría afirmar que se dejaría de emitir 11 573.5 mg de mercurio al ambiente.

Capítulo VII: Recomendaciones

- ✓ Realizar el cambio de las lámparas de mercurio y sodio, y otras de menor eficiencia que se utilizan en el parque de alumbrado de Electrocentro S.A. puesto que la inversión que se realizaría tendría resultados positivos en cuanto se refiere al mantenimiento que realizan y la mejora de imagen de la empresa por cuanto se tendría mayor área de cobertura de iluminación en beneficio de la población.
- ✓ Profundizar el estudio y propuesta por cuanto no se tiene un estudio que evalúe el tiempo de vida útil de las lámparas leds, por cuanto se tomó como referencia los datos de otros investigadores, que también consideraron los datos proporcionados por fabricantes.
- ✓ Realizar el cambio de lámparas del servicio de alumbrado público (Incandescentes, mixtas, vapor de mercurio, y sodio) a lámparas led, en forma gradual en la Empresa Concesionaria Electrocentro S.A., estos cambios deben realizarse por bloques o zonas y no unitariamente como se viene haciendo en función de que se cumpla su vida útil.
- ✓ El impacto ambiental que causan las lámparas de mercurio y sodio utilizadas en el alumbrado público son más perjudiciales al ambiente y a la vez son menos eficientes; por lo que se recomienda sean reemplazadas por las lámparas leds, en el menor plazo posible.
- ✓ Al Ministerio de Energía y Minas, Osinergmin y las entidades involucradas en el servicio de alumbrado público que brinda las empresas concesionarias; solicitar la inclusión de un artículo dentro de la Ley de Concesiones Eléctricas 25844, que tome en cuenta la eficiencia y área de cobertura del servicio del alumbrado público.

Capítulo VIII: Referencias Bibliográficas

- Agency, I. E. (2019). *<https://www.iea.org/newsroom/news/2019/august/three-priorities-for-energy-technology-innovation-partnerships.html>*.
- Águas, S. I. (2009). *Design de Candeeiros de Iluminacao Pública*. Barcelona-España: Universidad de Barcelona-Facultad de Bellas Artes.
- Arias, S. L. (2015). *Iluminación y Alumbrado Público*. Colombia: Tesis-Mestría, Universidad Nacional de Colombia.
- Blanco, M. J. (2015). *Las Energías Renovables: ¿Es posible hablar de un Derecho Energetico Ambiental?* Lima Perú: Universidad del Norte.
- Chanona, J. C. (2016). *Uso de Nuevas Tecnologías de Alta eficiencia y Menor Costo, Como Alternativa de Cambio al uso de Lámparas de Vapor de Mercurio en el Alumbrado Público*. Quetzaltenango-Guatemala: Tesis Universidad de San Carlos de Guatemala .
- DGE-MEM. (14 de Enero de 2003). Norma Técnica DGE . "*Alumbrado de Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución*". Lima, Lima, Lima: MEM.
- Dorado, J. F. (2012). *Desarrollo de un Algoritmo de Propagación de Flujo Luminoso para un Dispositivo Fotométrico Móvil con Capacidad de Discretización Angular*. Catalunya - España: Tesis doctoral- Universidad Politécnica de Catalunya.
- Encalada Eza, O. J. (2012). *Plan Piloto de Telegestión para el Control de Alumbrado Público para la Vía Cuenca-Descanso*. Cuenca - Ecuador: Tesis Universidad de Cuenca.
- Erráez, L. L. (2015). *Eficiencia Energética en el Alumbrado Público del Centro Histórico de Cuenca: Telegestión y Sustitución de Luminarias*. Cuenca- Ecuador: Tesis- Título Universidad de Cuenca.

- Estrella, P. F. (2013). *Estudio de Lámparas Led para Alumbrado Público y Diseño de un Sistema Scada con Control Automático ON/OFF*. Quito- Ecuador: Tesis- Universidad Politécnica Salesiana.
- Flores, F. G. (2016). *Factibilidad del Sistema de Alumbrado Público Empleando Luminarias led y Alimentación Ssolar Fotovoltaica*. Quito - Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito.
- Gutierrez Menéndez, A. M. (2012). *Implementación de un Balastro Electrónico con Microprocesador PIC para Lámparas de Sodio de Alta Preción*. Research Gate.
- Hermoso, O. M. (2014). *Hacia La Gestión Eficiente de los Servicios de Alumbrado Público: Resultados de los Estudios Comparativos sobre Eficiencia Energética Y Lumínica Aplicados a las Nuevas Tecnologías en Iluminación Urbana*. Málaga España: Tesis Universidad de Málaga- España.
- Herrera, C. T. (2013). *Elaboración de un Procedimiento Técnico para el Manejo de los Desechos Sólidos de las Lámparas de Mercurio del Alumbrado Público*. San Carlos- Guatemala: Tesis - Facultad de Ingeniería-Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Lojano, e. (2014). *Mejoramiento del sistema del alumbrado público de una arteria de circulación vehicular de la ciudad de Cuenca mediante la sustitución por tecnología LED (Light Emitting Diode)*. Cuenca - Ecuador: Tesis Universidad de Cuenca Facultad de Ingeniería Eléctrica.
- Lozano Núñez, H. R. (2014). *Luminarias con Lámparas Ahorradoras y Eficiencia del Alumbrado Público en el Valle del Mantaro*. Huancayo- Perú: Tesis - Universidad Nacional del Centro del Perú- Facultad de Ingeniería Eléctrica.
- Luis, R. J. (2103). *La política Energética de la Unión Europea: la constucción del mercado interior de la electricidad*. Zaragoza-España: Tesis-Universidad de Zaragoza.
- Manzano, E. (2017). *Eficiencia y Mantenimniento de Luminarias Led en Alumbrado Público*. Editores.
- MEM. (1992). *Ley de Concesiones Eléctricas 25844*. Lima Perú: MEM.

- Menéndez, A. M. (2012). Implementación de un Balasto Electrónico con Microprocesador PIC para Lámparas de Sodio de Alta Presión. *Researchgate*.
- N°078-2007-OS/CD, O. (2007). *Público, Procedimiento de Supervisión de la Operatividad del Servicio de Alumbrado*. Lima - Perú: MEM - DGE.
- Núñez, N. F. (2017). *Sistema de Monitoreo y Control de Alumbrado Público Mediante una Red de Sensores RF*. Ambato Ecuador: Tesis, Universidad Técnica de Ambato.
- Ormazabal Jordana, J. M. (2017). *La Sostenibilidad Energética en la Unión Europea. Aproximación a su Desarrollo en Dinamarca, Alemania y España*. País del VAsco - España: Tesis- Universidad del País Vasco.
- OSRAM. (19 de Agosto de 2019). *Hoja De Datos Del Producto*.
- Pacheco, I. L. (2010). *Tratamiento Primario Desechos de las Lámparas de Vapor de Mercurio de Alta Presión del Alumbrado Público en las Municipalidades De Guatemala*. Guatemala: Tesis- Maestría- Universidad San Carlos Guatemala- Facultad De Ingeniería.
- Parra, L. R. (2013). *La política Energética en la Unión Europea : la Construcción del Mercado, Criterios de la Electricidad*. Zaragoza España: Tesis Universidad Zaragoza.
- Ponce Carrasco, R. R. (2016). *Determinación de la Huella de Carbono del Contry Club El Bosque- Sede Chosica*. Lima-Perú: Tesis Universidad Nacional Agraria La Molina-Facultad de Ciencias Forestales.
- Prado, D. G. (2014). *Modelo para Evaluar la Seguridad Energética en los Países de Latinoamérica*. Lima- Perú: TESIS - UNI.
- Pulla Galindo, G. S. (2013). *"Evaluación Energética del Alumbrado Público en la Ciudad de Cuenca"*. Cuenca Ecuador.
- Rodrigo, J. H. (2017). *Análisis Técnico – Económico para la Optimización del Sistema de Iluminación de la Av. Mártires 4 de Noviembre Aplicando Luminarias con Tecnología Led*. Puno- Perú: Tesis -Titulo- Universidad Nacional Del Altiplano Fac. Ing. Mecánica, Eléctrica, Electrónica y Sistemas.

- Sepúlveda, R. G. (2012). *Análisis De Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Público. Indicador PM2*. Málaga España: Universidad de Málaga-ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR Dpto. Expresión Gráfica, Diseño y Proyectos Área de Proyectos de Ingeniería.
- Tapia, V. M. (2013). *Evaluación Energética del Alumbrado Público en la Ciudad de Cuenca*". Cuenca - Ecuador: Tesis-Maestría- Universidad de Cuenca.
- Valdez, P. A. (2014). *El Led y su Mercado en Chile*. República Metropolitana CHile: Tesis Universidad Academia del Humanismo Cristiano.
- Vela Martins, N. (2015). *Los Planes de Luz: una metodología aplicable a los proyectos de iluminación urbana. Madrid-España: Universidad Politécnica de Madrid*. Madrid España: Tesis Universidad POLITécnica de Madrid.

Anexo a: Solicitud- Electrocentro S.A. para realización de estudios.



SOLICITO: APOYO PARA DESARROLLO DE TESIS.

**SEÑOR GERENTE REGIONAL DE ELECTROCENTRO S.A.
SG.**

HUGO RÓSULO LOZANO NÚÑEZ, Docente Ordinario Asociado a dedicación exclusiva en la categoría, adscrito a la Facultad de Ing. Eléctrica y Electrónica de la UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ, identificado con DNI N° 19839385, con domicilio legal en APROVI - UNCP Mz. "C" lote 14 Huancayo – Región Junín; ante Ud. me presento y expongo:

Que, deseando desarrollar el trabajo de Investigación intitulado "CONSUMO ENERGÉTICO DEL ALUMBRADO PÚBLICO CON LÁMPARAS LED Y SU IMPACTO EN EL AMBIENTE", recorro a su despacho para solicitar su apoyo respecto a lo siguiente:

1. Facilitar base de datos de los tipos de lámparas, que utiliza la empresa en todo su ámbito de concesión.
2. Proporcionar 02 Unidades de Alumbrado público que estaban instaladas en la Av. Real y Jr. Ica para verificar las pruebas de consumo energético y de niveles de iluminación

El suscrito se compromete a entregar un ejemplar del estudio a realizar para solucionar el problema de:

¿En qué medida el consumo energético del alumbrado público con lámparas led impacta en el ambiente?, así mismo los problemas específicos:

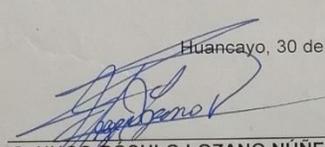
1. ¿En qué medida se reduce el consumo energético del alumbrado público tradicional, con lámparas led?
2. ¿En qué medida se reduce los gastos por mantenimiento del alumbrado público tradicional con lámparas led?
3. ¿En qué medida el consumo energético del alumbrado público con lámparas led, reduce la emisión de residuos de mercurio y sodio.

Para tal efecto cumplo con los derechos de pago de trámite administrativo.

POR LO EXPUESTO:

Recorro a Ud. Señor Gerente a fin de que pueda ordenar a quién corresponda se atienda mi solicitud.

Huancayo, 30 de abril de 2018


MG. HUGO RÓSULO LOZANO NÚÑEZ
DNI N° 19839385

CORRELATIVO



"AÑO DE LA LUCHA CONTRA LA CORRUPCIÓN E IMPUNIDAD"

Huancayo, 04 JUN 2019

GT - 2/3 - 2019

Señor:

HUGO ROSULO LOZANO NUÑEZ

Urbanización Aprovi UNCP, Mz "C", Lote 14 - Huancayo.

Docente Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica - UNCP

CIUDAD

Asunto : **INFORMACION DE ALUMBRADO PÚBLICO, PARA TRABAJO DE INVESTIGACION SOBRE CONSUMO ENERGÉTICO DE ALUMBRADO PUBLICO CON LUMINARIAS LED.**

Referencia : Solitud S/Nº del 02.05.2019

De mi consideración:

Es grato dirigirme a usted para saludarlo y en atención al documento de la referencia sobre información de Alumbrado Público, poder manifestarle lo siguiente:

Respecto a la información del parque de Alumbrado Público, se adjunta al presente resumen por cada tipo y potencia de lámpara (Anexo N° 01).

Con respecto a las dos (02) Unidades de Alumbrado Público, contamos con dos luminarias tipo LED que se utilizaron Calle Real, sin embargo estas presentan problemas de funcionamiento, que podremos entregárselos a préstamo para que puedan revisarlo y evaluar si les pueda ser de utilidad.

Sin otro particular, es propicia la oportunidad para hacerle llegar las muestras de mi especial deferencia y consideración.

Atentamente,

Ing. Luis Bravo De la Cruz
Gerente Técnico
ELECTROCENTRO S.A.

RSQVCEM
C.C.: GTD, Archivo.
1873
S. J. Alvarado 641
Huancayo - Perú

Anexo b: Fotografías de Pruebas en Laboratorio



Medición de la potencia de las lámparas, tensión, y Corriente. Ultima foto inferior derecha, para verificar la tensión de la fuente de alimentación de lámpara con Leds.

Anexo c: Resultados Medición: Potencia de cada tipo de lámpara

	L1	L2	L3	Total
S [VA]	86.93	86.71	0.209	152.6
Q [VAR]	54.26	43.38	0.208	53.22
P [W]	+67.92	+75.08	+0.020	+143.0
D [VAR]	26.06	25.48	0.176	51.71
PF	0.781	0.866	0.094	0.937
cos phi	+0.819	-0.905	+0.177	+0.996

Medición de la Potencia de la Lámpara de mercurio.

	L1	L2	L3	Total
S [VA]	41.53	41.52	0.199	75.01
Q [VAR]	22.39	34.17	0.187	46.97
P [W]	+34.98	+23.57	-0.070	+58.48
D [VAR]	21.32	21.04	0.156	42.51
PF	0.842	0.568	-0.352	0.780
cos phi	+0.981	-0.657	-0.566	-0.946

Medición de la Potencia de la Lámpara de sodio.

	L1	L2	L3	Total
S [VA]	37.98	37.47	0.110	65.45
Q [VAR]	29.53	7.375	0.110	24.68
P [W]	+23.87	+36.73	+0.006	+60.61
D [VAR]	4.241	4.181	0.109	8.531
PF	0.629	0.980	0.054	0.926
cos phi	-0.632	+0.987	-0.512	-0.934

Medición de la Potencia de la Lámpara de leds

Medición de las Tensiones

	L1	L2	L3	N
U [%]	2.831	3.059	3.006	41.29
I [%]	51.95	51.98	40.85	41.35
	L12	L23	L31	
[V]	221.1	222.2	220.7	
[Wh]	2.493	2.077	-0.009	4.561
[VARh]	0.942	-1.694	0.008	-0.743

Resultados de medición de tensiones.

Anexo d: *Fotografías de Pruebas en campo*



Lugar donde se instalaron los equipos de las lámparas de mercurio, sodio, y leds, para la medición del nivel de iluminación.



Ubicación de los puntos donde se hizo la medición de los niveles de iluminación, a lo ancho de la vía.



Ubicación de los puntos para la medición a lo largo del vano y en la foto del lado derecho la medición con el luxómetro de los niveles de iluminación para cada tipo de lámpara.



← Personal que participó en la instalación de los equipos de iluminación, para las mediciones de los niveles de iluminación por cada tipo de lámpara

Anexo e: Documento de pruebas expedido por Jefe de Laboratorio de la UNCP



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA



INFORME N° 12-LAB. FIEE

AL : MG. HUGO RÓSULO LOZANO NÚÑEZ
DEL : JEFE DE LABORATORIO DE MEDICIONES DE LA FIEE
ASUNTO : RESULTADO DE MEDICIONES DE LÁMPARAS
FECHA : Huancayo, 24 de julio del 2019.

Mediante el presente le saludo cordialmente, así mismo aprovecho de la oportunidad para remitirle el resultado de las mediciones de los equipos proporcionados por su Ud. (Lámpara y equipo de encendido de Sodio, Mercurio y leds), según lo siguiente:

I ASPECTOS GENERALES:

DÍA DE LA MEDICIÓN : 19 julio del 2019
LUGAR : LABORATORIO DE MEDICIONES DE LA UNCP-FIEE
HORA : 10 HORAS
TEMPERATURA : 15 °C
INSTRUMENTO : PQ-Box 200
MARCA : a eberle
SERIE : 1350-002
PRECISIÓN : < 1%
CLASE :A

Personal Que Participó En La Medición:

- Ing. Cícero Peceros (Jefe De Laboratorio Fiee)
- Mg. Dennys Carhuamaca Castro (Personal De Apoyo)
- Ing. John Lozano Jauregui (Personal De Apoyo)
- Mg. Hugo Lozano Núñez (Tesisista)

II RESULTADOS DE LAS MEDICIONES:

2.1 RESULTADOS DE MEDICIÓN (Lámpara de Sodio- Philips):

LÁMPARA	TENSIÓN (V)	COS Ø	POTENCIA (W)	FRECUENCIA (Hz)	CORRIENTE (AMP)
Sodio	220.9	-0.936	59.48	59.97	0.287



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA



2.2 RESULTADOS DE MEDICIÓN (Lámpara de mercurio - Osram)

LÁMPARA	TENSIÓN (V)	COS Ø	POTENCIA (W)	FRECUENCIA (Hz)	CORRIENTE (AMP)
Mercurio	220.7	0.996	143.00	60.01	0.650

2.3 RESULTADOS DE MEDICIÓN (Lámpara de Leds WitsLight Co):

LÁMPARA	TENSIÓN (V)	COS Ø	POTENCIA (W)	FRECUENCIA (Hz)	CORRIENTE (AMP)
Leds	221.5	-0.934	60.61	60.00	0.292

Sin otro en particular, me despido de Ud.

Atentamente,

Ing. Cicero Miguel Peceros Oscco

DNI N° 46910953

JEFE DE LABORATORIO DE MEDICIONES DE LA FIEE

Anexo f: Catálogo de instrumentos utilizados

We take care of it

Cable connecting set for external current clamps

⚠ Damage to the device from external current clamps

- ⚡ Do not use clamps with A or mA output
- ⚡ Avoid input voltages at the current inputs greater than 30 V

Caution

i Power conversion factor
 ⚙ Current conversion correction factor, the default is 1 A/10 mV

5. Intended use

The product is exclusively for the measurement and evaluation of voltages and currents.

6. Description

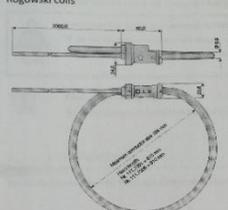
The Network Analyzer PQ-Box 200 is suitable for analysis in low, medium and high-voltage networks. It meets all the requirements of the measurement equipment standard IEC61000-4-30 class A.

Functions:

- Voltage quality measurements according to EN50160, IEC61000-2-2 and IEC61000-2-4 for low and medium voltage networks
- Fault recorder functions
- Load analysis; energy measurements
- Ripple control signal analysis
- Transient analysis

a-eberle

Rogowski coils



Model 111.7006
 6000 A measurement range
 ⚙ Adjustment of the power converter factor to x2

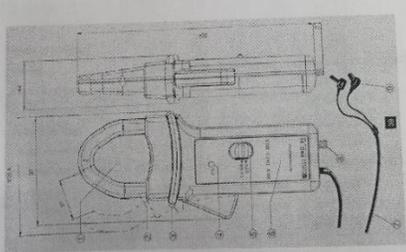
Model 111.7001/6	111.7001 Pro Flex 3000 4"	111.7006 Pro Flex 6000 4"
Model	111.7001 Pro Flex 3000 4"	111.7006 Pro Flex 6000 4"
Current range	3,000 A AC RMS	6,000 A AC RMS
Measurement range	0-3300 A AC RMS	0-6,600 A AC RMS
Output voltage	85 mV / 1000 A	42.5 mV / 1000 A
Frequency range	1 Hz to 20 kHz	10 Hz to 20 kHz
Isolation voltage type	600 V AC / DC CAT IV	600 V AC / DC CAT IV
Accuracy (20°, 50 Hz)	$\pm 50 \text{ A}/0.1\% \text{ of the full scale value}$ 50-3000 A/1.5% of the measured value	$\pm 100 \text{ A}/0.1\% \text{ of the full scale value}$ 100-6000 A/1.5% of the measured value
Angle error (45-65 Hz)	$\pm 50 \text{ A}/2.5^\circ$ 50-3000 A/1°	$\pm 100 \text{ A}/2.5^\circ$ 100-6000 A/1°
Position accuracy	$\pm 50 \text{ A}/0.2\% \text{ of the full scale value}$ 50-3000 A/1.5% of the measured value	$\pm 100 \text{ A}/0.1\% \text{ of the full scale value}$ 100-6000 A/1.5% of the measured value
Long Rogowski coils	610 mm	910mm
Connecting cable lengths	2m	2m

Page 13

We take care of it

Model 111.7020	AC/DC 60 A	AC/DC 600 A
Measurement range	AC/DC 60 A	AC/DC 600 A
Current range	60 A AC/DC RMS	600 A AC/DC RMS
Measurement range	200 mA to 60 A RMS	0 to 600 A RMS
Output voltage	10 mV/A	1 mV/A
Frequency range	DC to 10 kHz	DC to 10 kHz
Isolation voltage type		
Accuracy	$\pm 0.5-40 \text{ A}/\pm 1.5\% \pm 5 \text{ mV}$ -40-60 A/1.5%	$\pm 0.5-100 \text{ A}/\pm 1.5\% \pm 1 \text{ mV}$ -100-400 A/2% -400-600 A(DC only)/2.5%
Angle error	-10-20 A/3° -20-40 A/2.2°	-10-300 A/2.2° -300-400 A/1.5°

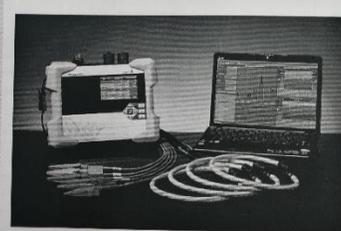
i 600 A Measurement range (AC/DC)
 ⚙ Adjustment of the power converter factor to x10



Model AC/DC current clamp 111.7020

a-eberle

Operating Manual
 Network Analyzer / Transient Recorder
 PQ-Box 200
 Power-Quality Evaluation Software



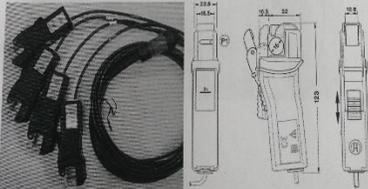
4.2 Accessories

Current clamps

Model 111.7015

Measurement range	20 A measurement range	200 A measurement range
Current range	23 A AC RMS	200 A AC RMS
Measurement range	100 mA to 23 A RMS	5 A to 200 A RMS
Output voltage	10 mV/A	1 mV/A
Frequency range	40 Hz to 20 kHz	40 Hz to 20 kHz
Isolation voltage type	600 V AC	600 V AC/DC
Accuracy	100 mA: 10 A/1.5 % of the measured value 10-10 A/1 % of the measured value >20 A/0.5 % of the measured value	10-40 A/±2 % of the measured value 40-100 A/±1.5 % of the measured value 100-200 A/±1 % of the measured value
Angle error	100 mA-10 A/0.5 ° 10-20 A/0.5 ° >20 A/0.5 °	10-40 A/±2 ° 40-100 A/±1.5 ° 100-200 A/±1 °

 **200 A Measurement range (111.7015)**
* Adjustment of the power converter factor to x10



Model 111.7015

Page 11

We take care of it

4. Technical Data

4.1 PQ-Box 200

Voltage range of the voltage measurement channel L1, L2, L3, N, E	0-500 V AC (700 V DC) Phase-Ground (L-E) 0-830 V AC (1000 V DC) Phase-Phase (L-L)
Voltage range AC adapter	100-240 V AC / 15 V DC output
Voltage range of the current measurement channel	700 mV RMS; 1000 mV DC 330 mV AC 1000 mV RMS; 1400 mV DC
- Mini current clamps / Adapter connection set	
- Rogowski coils	
- AUX input	
micro SD card memory	1 GB standard / up to 32 GB optional
Interfaces	
- USB 2.0	Communication
- TCP/IP	Communication
- RS232	DCF77 connection or GPS synchronisation unit
Display	Illuminated
Dimensions	242 x 181 x 50 mm
Power consumption	10 VA
Protection class	IP65 rated enclosure
Measurement methods	IEC 61000-4-30; class A
Temperature range	Operation: -20 °C ... 60 °C Storage: -30 °C ... 70 °C
USV	Li ion battery (bridging 6 Std.)
Insulation category	CAT IV / 300V L-E (CAT III/ 600 V L-E)
Frequency accuracy	±/-10 mHz
Converter	24 Bit A/D
Input impedance of the voltage measurement channel	1 MΩ
Accuracy	
Voltage measurement channel	< 0.1 % for 10 % to 150 % of the nominal voltage
Current measurement channel	
- 0.85 mV ≤ Ue < 5 mV	0.01 % of final value
- 5 mV ≤ Ue < 50 mV	1 % of the measured value
- 50 mV ≤ Ue ≤ 700 mV	0.2% of the measured value

Page 10

