

## Optimización de energía eléctrica y luminosa en laboratorios y aulas de aprendizaje, aplicación sustentable con luminarias de tecnología LED

José Reginaldo López Escobedo\*, Karmina Nicolás Javier, Francisco Garcia Reyes

Instituto Politécnico Nacional; CDMX, México;

\* Autor de correspondencia: ing\_jose\_lopez@hotmail.com

**Desarrollo Sustentable** (Optimización de procesos energéticos)

**Resumen:** Actualmente en el Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos No. 7 "Cauhtémoc" del Instituto Politécnico Nacional se presentan bajos niveles de iluminación en aulas y laboratorios. Esto podría afectar al desarrollo de diferentes actividades y generar un ambiente de aprendizaje desfavorable en los alumnos, además de propiciar fatiga ocular, cansancio, dolor de cabeza y estrés, considerando el riesgo de accidentes físicos en aulas o laboratorios que cuentan con sustancias o equipos de alto riesgo. Se presenta la necesidad de contar con un estudio técnico-científico de condiciones eficientes y sustentables de iluminación en aulas y laboratorios; así mismo no se cuenta actualmente con el uso adecuado y racional de la energía eléctrica, disminuyendo el aprovechamiento de la misma al contar con lámparas fluorescentes tubulares con balastro, las cuales actualmente generan un consumo mayor de energía eléctrica. El presente proyecto de investigación contempla una propuesta de solución a las diferentes problemáticas antes mencionadas con un sustento científico sólido en un marco teórico-práctico, desarrollando estrategias de solución de alto impacto. Se desarrollaron simulaciones virtuales de aulas y laboratorios utilizando el software DIALux con tecnología en iluminación avanzada, se diseñaron y desarrollaron prototipos de luminarias de alto rendimiento con tecnología LED, se contempló la utilización de sensores de presencia que apoyen al establecimiento de estrategias de optimización de energía eléctrica. En el presente estudio se pretenden impulsar tecnológicamente proyectos institucionales que busquen el cuidado del medio ambiente, para lo cual se realizaron memorias de estudio energéticas y análisis de costo-beneficio contemplando resultados con la finalidad de aplicar a corto plazo el proyecto de investigación en la Unidad Académica.

**Palabras clave:** Energía eléctrica, Aulas, sustentabilidad energética, iluminación.

## Optimization of electrical and light energy in laboratories and learning classrooms, sustainable application with LED technology luminaires

**Abstract:** Currently the Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos No. 7 "Cauhtemoc" of Instituto Politecnico Nacional presents low and inefficient lighting levels in classrooms and laboratories, this could affect the development of different activities and generate an unfavorable learning environment for students, in addition to causing eye fatigue, tiredness, headaches and stress, considering the risk of physical accidents in classrooms or laboratories with high-risk substances or equipment. There is a need to have a technical-scientific study of efficient and sustainable lighting conditions in classrooms and laboratories, likewise, the adequate and rational use of electrical energy is not currently counted, reducing its use by having fluorescent lamps tubular with ballast which currently generate a higher consumption of electrical energy. This research project carried out a solution proposal to the different problems mentioned above with solid scientific support in a practical theoretical framework, developing high impact solution strategies. Virtual simulations of classrooms and laboratories were developed using DIALux software with advanced lighting technology, prototypes of high-performance luminaires with LED technology were designed and developed, and the use of presence sensors was considered to support the establishment of energy optimization strategies. This study intended to technologically promote institutional projects that seek to care for the environment, energy study reports and cost-benefit analysis were carried out, contemplating results in order to apply the research project in the Academic Unit in the short term.

**Keywords:** Energy; Sustainability; Illumination; Technology; App.

### Introducción

Actualmente el ahorro de energía es indispensable para muchas empresas e instituciones y se ha empezado a implementar con diversos fines entre ellos, y principalmente para disminuir gastos en los costos que generan los excesivos usos de la energía eléctrica y disminuir el desgaste de los equipos utilizados para evitar posibles fallas.

El Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos No. 7 “Cuauhtémoc” del Instituto Politécnico Nacional presenta costos elevados de facturación de energía eléctrica. Asimismo, bajos e ineficientes niveles de iluminación en aulas y laboratorios. Esto podría afectar al desarrollo de diferentes actividades y generar un ambiente de aprendizaje desfavorable, atenuando la finalidad de lograr un aprendizaje significativo en los alumnos; propiciar una fatiga ocular, cansancio, dolor de cabeza y estrés, considerando el riesgo de accidentes físicos en aulas o laboratorios que cuentan con sustancias o equipos de alto riesgo.

Actualmente el uso de la electricidad es fundamental para realizar gran parte de nuestras actividades; gracias a este tipo de energía tenemos una mejor calidad de vida. Con tan solo oprimir botones obtenemos luz, calor, frío, imagen o sonido. Su uso es indispensable y difícilmente nos detenemos a pensar acerca de su importancia y de los beneficios al utilizarla eficientemente. El ahorro de energía eléctrica es un elemento fundamental para el aprovechamiento de los recursos energéticos; ahorrar equivale a disminuir el consumo de combustibles en la generación de electricidad evitando también la emisión de gases contaminantes hacia la atmósfera.

Nuestro país posee una gran cantidad de fuentes de energía. En México, la mayor parte de la generación de electricidad se realiza a través del petróleo, carbón y gas natural, impactando de manera importante el medio ambiente al depender de los recursos no renovables, como son los combustibles fósiles. Al utilizarlos se emite a la atmósfera una gran cantidad de gases de efecto invernadero, los cuales provocan el calentamiento global de la tierra, cuyos efectos se están manifestando y son devastadores. Ahorrar y usar eficientemente la energía eléctrica, así como cuidar el medio ambiente, no son sinónimo de sacrificar o reducir nuestro nivel de bienestar o el grado de satisfacción de nuestras necesidades cotidianas. Por el contrario, un cambio de hábitos y actitudes pueden favorecer una mayor eficiencia en el uso de la electricidad, el empleo racional de los recursos energéticos, la protección de la economía familiar y la preservación de nuestro entorno natural.

Muchas personas desconocen que buena parte del consumo de energía ocurre en forma de desperdicio, generalmente causado por el calentamiento de los cables de una instalación eléctrica. Este desperdicio acontece principalmente en circuitos mal dimensionados que trabajan sobrecargados en función del aumento de equipos eléctricos y electrónicos, del uso de materiales inadecuados, e incluso de la compra de productos de mala calidad. Un circuito mal dimensionado, o sea con tamaño de cable inferior al necesario, o el uso de productos y equipos fuera de las normas, son los principales factores que generan un desperdicio de energía de hasta 40% del consumo total de energía, y lo peor, pueden causar graves accidentes e incendios.

En cuanto a la luz o iluminación, la del sol es ideal para realizar todas nuestras actividades, pero no se puede contar con ella permanentemente, por lo que debemos complementarla o incluso sustituirla cuando las condiciones así lo exigen, por luz artificial. Afortunadamente, el avance tecnológico y las investigaciones sobre cómo incide la iluminación en los ambientes cerrados (fábricas, oficinas, escuelas) permiten que hoy las lámparas no solo cumplan con su función de iluminar, sino que también generen ahorros sustanciales en el consumo de energía eléctrica y además sean amigables con el medio ambiente. En la actualidad, casi todos los colegios utilizan sistemas de iluminación estándar.

La Norma Oficial Mexicana (NORMA Oficial Mexicana NOM-025-STPS, 2008), en lo referente a Niveles de Iluminación para tareas visuales y áreas de trabajo, y a las condiciones de iluminación en los centros de trabajo, establece que: “Los niveles mínimos de iluminación que deben incidir en el plano de trabajo, para cada tipo de tarea visual o área de trabajo” son los indicados en la siguiente Tabla 1.

Esto quiere decir, que la cantidad de luz emitida por metro cuadrado (luxes) para un aula debe ser de 300 luxes, y para laboratorios, 500 luxes; en definitiva, la NOM, establece las especificaciones necesarias por seguridad de la sociedad.

La figura 1 muestra de manera gráfica la comparación de ahorro energético vs. consumo eléctrico de diferentes tipos de lámparas, considerando las convencionales y las de última generación (OVASEN, 2020).

Tabla 1. Niveles de iluminación

Tarea Visual del Puesto de Trabajo	Área de Trabajo	Niveles Mínimos de iluminación (luxes)
Distinción moderada de detalles: ensamble simple, trabajo medio en banco y máquina, inspección simple, empaque y trabajos de oficina.	Talleres: áreas de empaque y ensamble, aulas y oficinas.	300
Distinción clara de detalles: maquinado y acabados delicados, ensamble de inspección moderadamente difícil, captura y procedimiento de información, manejo de instrumentos y equipo de laboratorio.	Talleres de precisión: salas de cómputo, áreas de dibujo, laboratorios.	500



Figura 1. Comparación de ahorro energético vs. consumo eléctrico de diferentes tipos de lámparas.

## Materiales y métodos

El presente trabajo muestra una investigación tipo mixto de alcance experimental con un propósito aplicable. Con base en lo anterior se seleccionaron los siguientes métodos y técnicas de investigación:

- Histórico lógico.
- Analítico sintético.
- Inductivo-deductivo.
- Observación.
- Experimentación.
- Simulación aplicada

A continuación, se presentarán los métodos antes citados más definidos en el contexto de la propia investigación.

Primeramente, se estableció el método de análisis histórico-lógico. Permitted la sistematización de los principales aportes, progresos y contradicciones que emanan del proceso de construcción teórica del objeto de estudio a nivel científico y tecnológico, sobre elementos luminotécnicos de última generación que satisfacen necesidades de iluminación, y que se presentan a lo largo de la presente investigación.

Con base en el método antes mencionado se estableció el análisis y la síntesis que se utilizó en el estudio y valoración de las concepciones científicas y tecnológicas de luminarias y consumos energéticos, que sirvieron de marco teórico a la comprensión del proyecto luminotécnico.

Los procedimientos deductivos permitieron trabajar en el nivel de lo concreto pasando de los referentes y fundamentos inferidos del estudio teórico, así como formular los nuevos juicios y generalizaciones que se sintetizan a lo largo de la investigación, según la lógica de las tareas planificadas. Estos procedimientos facilitaron la delimitación, comprensión e integración de los fundamentos científicos y tecnológicos que se fueron revelando en el proceso investigativo y se sintetizan en la concepción del caso de estudio tomando como base el recibo de facturación de consumo energético de la unidad académica.

El método de observación fue un método crucial que se realizó durante el desarrollo de las diferentes actividades de la presente investigación, gracias este método se generó el indagar, discutir y concluir sobre el caso de estudio, así mismo permitió despejar dudas y encontrar una respuesta dependiendo de lo captado en el proceso y verificándolo respectivamente consumos energéticos y efectos fotométricos con luminarias propuestas, así como la representación gráfica de las mismas.

Con referencias a los métodos antes mencionados, se inició el método de experimentación, el cual permitió la creación de un andamiaje de conocimientos que permitieron establecer juicios de valor sobre la luminaria propuesta, considerando los diferentes valores luminotécnicos, permitiendo la simulación real que se constató con un software de última generación llamada DIALux, el cual demostró ser una herramienta muy potente para la evaluación y el análisis de los sistemas complejos; permitió anticiparse al proceso real, validarlo y obtener la mejor propuesta luminotécnica.

## Resultados y discusión

Se encontró que en el recibo de suministro de energía eléctrica la Unidad Académica, tiene un excesivo gasto energético de 218 kW generando un gasto económico facturable de \$114,204.97 pesos M.N. (Figura 2).

Se determinó el número de luminarias y lámparas en cada área, considerando su tipo, así mismo el nivel de iluminación promedio utilizando un luxómetro digital en cada área correspondiente (Tabla 2). En la Unidad Académica se tiene un total de 4,318 lámparas fluorescentes, las cuales no son ahorradoras de energía eléctrica (Figura 3).

Realizando una comparación de la tabla 1 que son valores de la Norma Oficial Mexicana (NORMA Oficial Mexicana NOM-025-STPS, 2008) y la tabla 2 de establecimiento de valores luminotécnicos de las lámparas utilizadas, se presenta que en la mayoría de las aulas de aprendizaje un nivel de iluminación menor a las recomendaciones y normatividades de iluminación para actividades educativas de 300 luxes. Encontrando la necesidad establecer luminarias que promuevan valores adecuados de iluminación para dichas actividades académicas.

Se estableció un estudio luminotécnico de lámparas existentes, considerándose sus datos técnicos como: potencia eléctrica, flujo luminoso y curva de distribución luminosa para establecer que la propuesta cumpla con los requerimientos técnicos y normativos, (Figura 4).

La potencia consumida promedio en cuanto a las luminarias fluorescentes instaladas es de 138,176 watts en una hora, siendo 49,743,360 watts al mes, generando un gasto económico de \$47,753.63 pesos en facturación de energía eléctrica por iluminación, siendo un 42% de la facturación total de energía eléctrica.

Se determinó por medio de un estudio luminotécnico de lámparas propuestas, considerándose sus datos técnicos como: potencia eléctrica, Flujo luminosos y curva de distribución luminosa para establecer que la propuesta cumpla con los requerimientos técnicos del local y normativos, Figura 5.

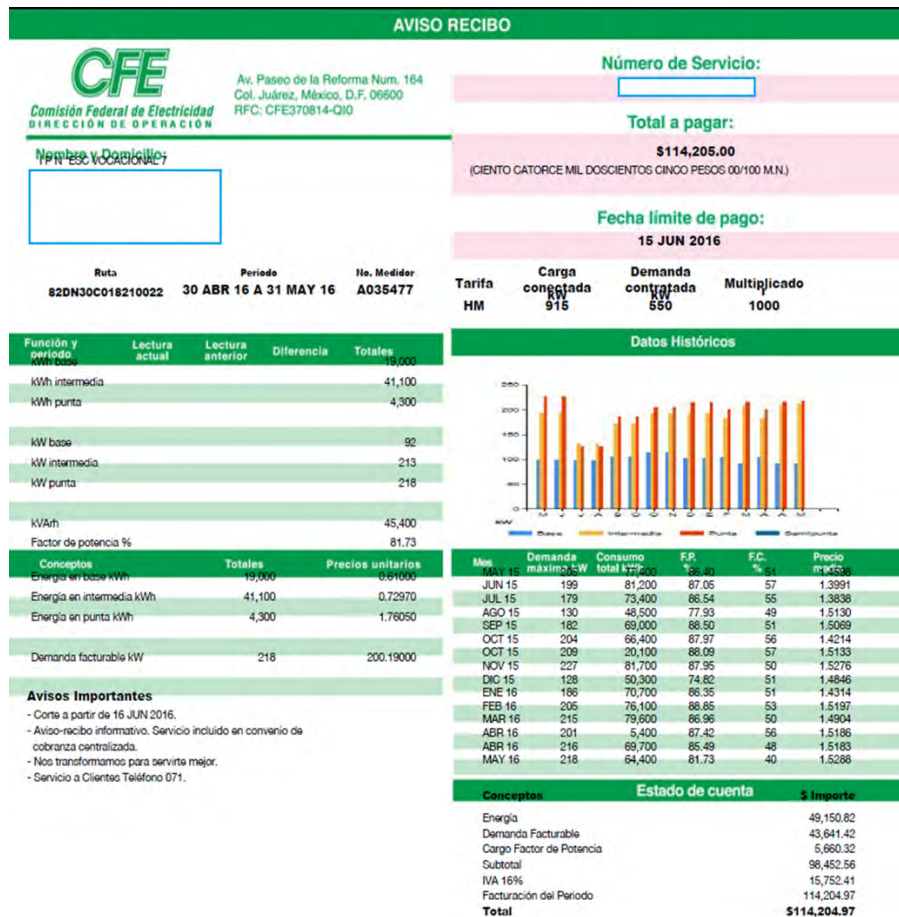


Figura 2. Factura de gasto energético.

Tabla 2. Establecimiento de valores luminotécnicos con base en áreas de uso.

Nombre	Núm. De Luminarias	Núm. De lámparas	Nivel de Iluminación (Promedio)
Edificio de Aulas	653	1306	123 lux
Edificio de laboratorios de computación y polifuncionales	268	536	200 lux
Edificio de laboratorios	319	15 LED 638 LED	211 lux
Edificio de Gobierno	248	8LED 496 24LED 45	132 lux
Acceso Principal	3	6	60 lux
Aeronáutica y Automotriz	72	76(*3) 144	300 lux
CELEX	75	150	136 lux
Soldadura Industrial	39	78	120 lux
Mantenimiento Industrial	103	15 206	111
Anexo Soldadura	104	43(*3) 208	115 lux
Instalaciones y Mantenimiento Eléctrico	155	310	117 lux
Construcción Generales	100	200	100 lux
	16	32	80 lux
Actividades Deportivas	4	16(*3) 8	200 lux



Figura 3. Obtención de datos luminotécnicos.

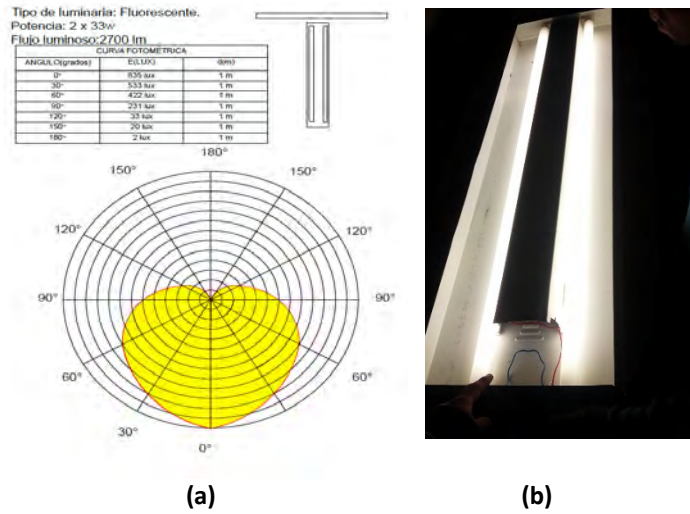


Figura 4. (a) Curva fotométrica, (b) lámpara existente.

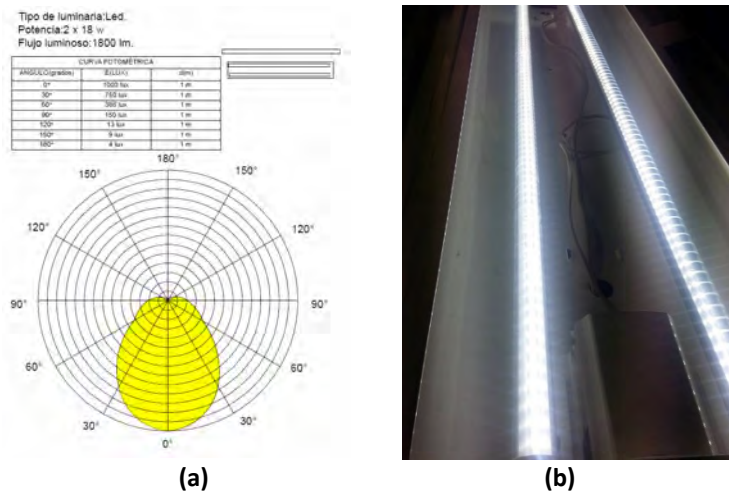


Figura 5. (a) Curva fotométrica, (b) lámpara propuesta.

Si se utilizan las lámparas de LED propuestas el consumo sería de 77,724 watts por hora, siendo 37,307 watts al mes, generando un gasto de \$26,861.41 pesos en iluminación con lámparas de LED, con base en lo anterior y considerando la propuesta de cambio de luminarias fluorescentes por LED se desarrollaría un ahorro de 43% de la energía consumida en iluminación que sería \$20,892 pesos al mes.

Se realizó la simulación de aulas y laboratorios” (Figura 6) con el uso eficiente de luminarias con tecnologías LED, utilizando el software DIALux que es un software gratuito diseñado para la creación de proyectos de iluminación.

Permite documentar los resultados obtenidos por medio de visualizaciones fotorrealistas, e incluye librerías de todos los fabricantes líderes a nivel mundial.

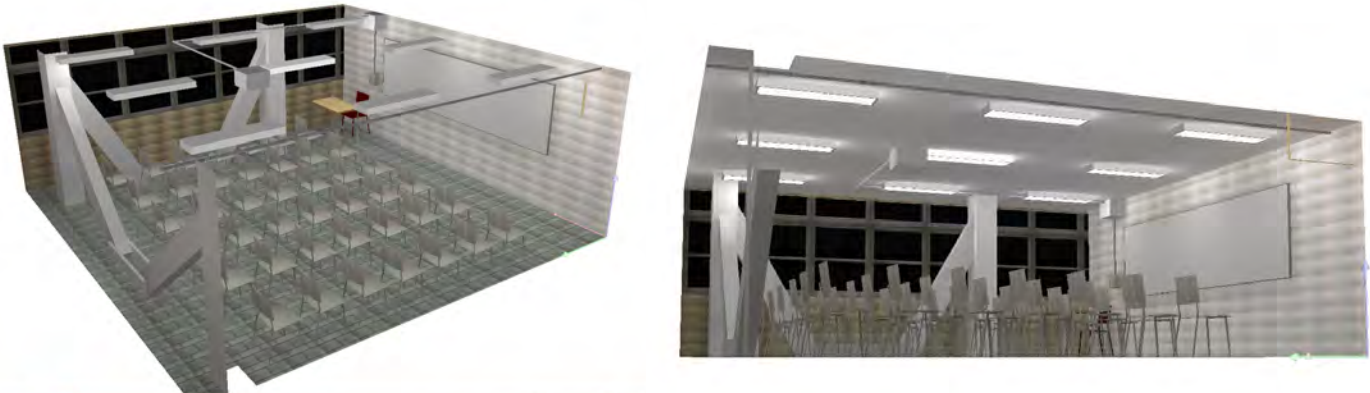


Figura 6. Simulación en software DIALux.

El uso del software DIALux permitió el establecimiento de valores técnicos de referencia de la luminaria propuesta como distribución lumínica y datos técnicos importantes como factor de mantenimiento, reflexiones, niveles de iluminación promedio por encima de los 300 luxes, etc.

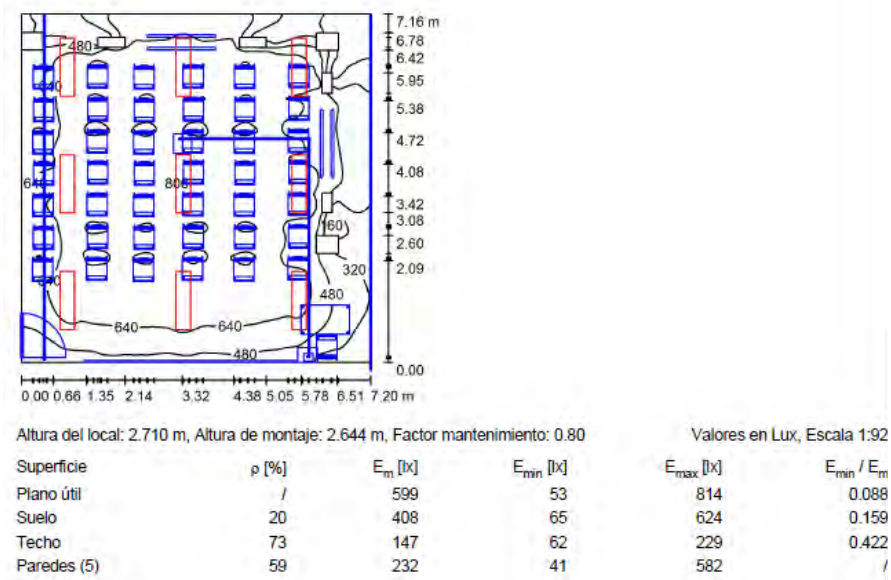


Figura 7. Datos técnicos de salida de software aplicado.

La lámpara que se propone de tecnología LED tiene las siguientes características técnicas necesarias para satisfacer la problemática y necesidad:

Tubo LED 1.20 Mts Philips T8 18 Watts, Modelo 460014, 18 Watts Philips, 120 cm de largo, terminado Difuso, Flujo Luminoso de 1850 Lumen, Luz Fría (4000 Kelvin), Voltaje: 110- 277 AC.

Uso en Interiores. La lámpara LED T8 Philips Endura garantiza una mayor calidad de Iluminación, lo que da mayor Confort. Sustituye la lámpara de 32 W Fluorescente. Vida útil promedio de hasta 40,000 horas.

Las lámparas LED T8 Philips Endura logra una reproducción más natural de los colores, influye positivamente en el comportamiento y la atención. Además, tiene gran variedad de aplicaciones: Iluminación comercial. Iluminación general, iluminación de oficinas. También es ideal para la iluminación industrial, presentando un costo en mayoreo de \$ 200.00 aproximadamente.

## Conclusiones

El desarrollo del estudio luminotécnico de comparación de lámparas fluorescentes y lámparas de LED determinó una buena opción de sustitución, ya que la medición de longitud permite un mayor nivel de iluminación, aunque es más puntual la curva fotométrica y es aceptable el cambio. La simulación de aulas y laboratorios con el uso eficiente de luminarias con tecnologías LED, utilizando el software DIALux permitió visualizar la tendencia favorable de tomarse en cuenta esta opción de lámpara LED, podrá proporcionar la calidad de iluminación necesaria y optimización energética.

La potencia consumida promedio en cuanto a las luminarias fluorescentes instaladas es de 138,176 watts en una hora, siendo 49,743,360 watts al mes, generando un gasto económico de \$47,753.63 pesos en facturación de energía eléctrica por iluminación, siendo un 42% de la facturación total de energía eléctrica. En este momento, si utilizamos las lámparas de LED propuestas el consumo sería de 77,724 watts por hora, siendo 37,307 watts al mes, generando un gasto de \$26,861.41 pesos en iluminación con lámparas de LED, con base en lo anterior y considerando la propuesta de cambio de luminarias fluorescentes por LED se desarrollaría un ahorro de 43% de la energía consumida en iluminación que sería \$20,892 pesos al mes.

## Bibliografía

- Alejandro, S. (2012). La importancia de los prototipos. Periódico DATOS SUR, pág. 521.
- Centro Coordinador Convenio Basilea-Centro Regional Convenio de Estocolmo para América Latina y Caribe. (1 de Julio de 2016). Obtenido de <http://www.ccbasilea-crestocolmo.org.uy/es/mercurio/proyecto/preguntas-frecuentes/>
- GreenFacts. (2016). Ec.Europa. Obtenido de <http://copublications.greenfacts.org/es/mercurio-lamparas-bajo-consumo/mercurio-lamparas-bajo-consumo-greenfacts.pdf>
- GREENPEACE. (2016). GREENPEACE. Obtenido de <http://www.greenpeace.org/mexico/Global/mexico/report/2009/3/mercurio.pdf>
- High Lumen. (2013). High Lumen. Obtenido de <http://www.highlumen.com/la-iluminacion-en-el-aula-de-clases/>
- Iluminación LEDya.com. (2011). Obtenido de <http://iluminacionledya.com/>
- Iluminet. (2011). La correcta iluminación beneficia el rendimiento escolar. Iluminet revista de iluminación online, 1. Obtenido de <http://www.iluminet.com/la-correcta-iluminacion-beneficia-el-rendimiento-escolar/>
- Javier, A. (2011). Nuevo decreto: pocas luces al decidir cómo ahorrar energía. EL MUNDO. Obtenido de <http://www.elmundo.es/blogs/elmundo/cosmos/2011/03/04/nuevo-decreto-pocas-luces-al-decidir.html>
- Merino, P. P. (2013). Definición.De. Obtenido de <http://definicion.de/prototipo/>
- Norma Oficial Mexicana. (2008). NOM-025-stps-2008. Condiciones de iluminación en los centros de trabajo. México.
- OVASEN. (2020). Obtenido de Lámparas LED; 13 preguntas y respuestas necesarias antes de comprar: <https://ovacen.com/lamparas-led/>
- PHILIPS. (2016). PHILIPS Iluminación. Obtenido de <http://www.lighting.philips.com.mx/home>
- Ramírez, A. V. (2008). SCIELO PERÚ. Obtenido de [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=s1025-55832003000200006&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=s1025-55832003000200006&script=sci_arttext)
- VNIVERSITAT DE VALENCIA. (2016). Obtenido de <http://www.uv.es/uvweb/servicio-prevencion-medio-ambiente/es/medio-ambiente/area-medio-ambiente/-quieres-reciclar-/tubos-fluorescentes-lamparas-mercurio-1285904902002.html>