

Lámparas y sistemas de iluminación con tecnología LED

Notas

Preparado por: Conuee.

25 de febrero de 2019

Definición

El término Diodo emisor de luz (LED, por sus siglas en inglés) se aplica, en el mundo de la iluminación, a una lámpara o diodo que funciona a partir de un semiconductor que emite luz en una o más longitudes de onda de colores cuando pasa corriente a través de él, siempre que sea polarizado correctamente (Fig. 1)¹.

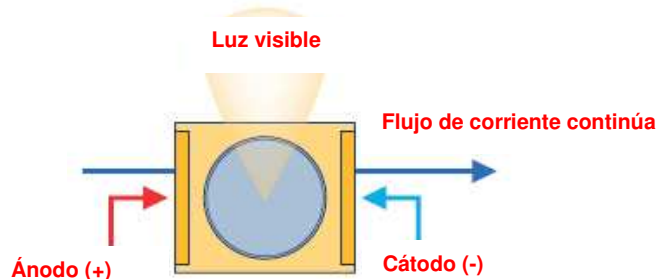


Figura 1. Funcionamiento de LED

La eficacia luminosa de los LED es la medida de su eficiencia energética y es definida como la relación del flujo luminoso total emitido por la(s) fuente(s) entre la potencia total consumida por el sistema, expresada en lumen por watt (lm/W).

Los LED de luz blanca se comercializan por primera vez en 1996 como dispositivos luminosos. La evolución de su rendimiento ha sido espectacular; pasando de un rendimiento de **5 lm/w** en sus inicios a los **150 lm/w** de hoy en día, aunque teóricamente los LED pueden alcanzar un valor de unos **260 lm/w**, con resultados en laboratorio, de **250 lm/w**. La mayor eficacia que se puede lograr en una lámpara incandescente es 10 veces menor.

En México, la eficacia luminosa mínima establecida en Normas Oficiales Mexicanas se ubica entre 55 y 70 lm/W (Tabla 1)-²

¹Fuente: Asociación Española de fabricantes de iluminación (ANFALUM). – Cómo seleccionar y comparar luminarias Leds para aplicaciones de alumbrado exterior. Enero 2010. <http://www.anfalum.com/pdf/ANFALUMCOMUNICA12.pdf>

Fuente: Dossier LED. Una nueva fuente de iluminación, tercera edición, octubre 2013. <https://docplayer.es/12466026-Dossier-led-una-nueva-fuente-de-iluminacion.html>

Fuente: Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Manual de iluminación vial. Carreteras, bulevares, entronques, viaductos, pasos a desnivel y túneles, 2015.

http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGST/Manuales/Manual_iluminacion/Manual_de_Iluminacion_Vial_2015.pdf

² NORMA Oficial Mexicana NOM-030-ENER-2016, Eficacia luminosa de lámparas de diodos emisores de luz (led) integradas para iluminación general. Límites y métodos de prueba. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/183748/NOM-030-ENER-2016.pdf>

Tabla 1. Eficacia luminosa mínima para lámparas de led integradas (omnidireccionales con forma de bulbo A, BT, P, PS y T) y ((lámparas de led integradas que no declaren la forma de bulbo) (no definido))

Intervalo de flujo luminoso total nominal (lm)	Eficacia luminosa mínima (lm/W)
Menor o igual que 325	55,00
Mayor que 325 y menor o igual que 450	65,00
Mayor que 450 y menor o igual que 800	65,00
Mayor que 800 y menor o igual que 1 100	70,00
Mayor que 1 100 y menor o igual que 1 600	70,00
Mayor que 1 600	70,00

Elementos y fabricación de un LED³

Un LED parte de un sustrato o base semiconductor sobre la que se aplicarán posteriormente el resto de los componentes.

Esta base es una oblea (wafer) de unos 15 cm de diámetro, normalmente de carburo de silicio o zafiro que se forma en una cámara a una alta temperatura y presión, y sobre la que se trabajan elementos distintos dependiendo de las características de la luz que se deseen conseguir:

- Nitruro de indio y galio (**InGaN**): para la luz azul.
- Fosfuro de aluminio, indio y galio (**AlInGaP**): para la luz cálida con tonos amarillos, naranja y rojos.
- Fosfuro de galio (**GaP**): para la luz amarilla y verde.

Se anota que, de acuerdo con el INEGI, México no cuenta con yacimientos geológicos de los elementos antes mencionados^{4 5}

Las altas temperaturas y la presión hacen que los elementos se licuen hasta convertirse en una solución. Para que no se escape el gas se utiliza una capa líquida de óxido de boro (**encapsulación líquida**).

Cuando los elementos están mezclados en una solución uniforme, se introduce una barra y se saca muy lentamente. La solución se va enfriando y las cristalizaciones se forman al final de la barra. Las obleas se limpian mediante un **proceso químico y ultrasónico**. Es muy importante que se elimine toda la suciedad y el polvo para obtener mejores resultados.

³ ¿Cómo se fabrica un LED? <https://www.goodworkint.com/como-se-fabrica-un-led/>

⁴Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), Minería, <https://www.inegi.org.mx/temas/mineria/>

⁵Fuente: Yacimientos Minerales en México, https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Aplicaciones_geologicas/Yacimientos-minerales-en-Mexico.html

Después viene el proceso de **epitaxia**,⁶ en el que se conforman las capas necesarias para el correcto funcionamiento del LED con estos materiales depositados.

A continuación, la oblea se divide en rectángulos diminutos, que son los propios chips. Estos chips pasan por rigurosas pruebas de calidad para comprobar que la intensidad, el color y el brillo de la luz es la requerida.

LED unitaria

El LED y su correspondiente circuito eléctrico se encapsulan en una carcasa plástica, de diversos materiales como resina epóxica o cerámica. Este encapsulado consiste es una especie de cubierta sobre el dispositivo y en su interior puede contener uno o varios LED (Figura 2).

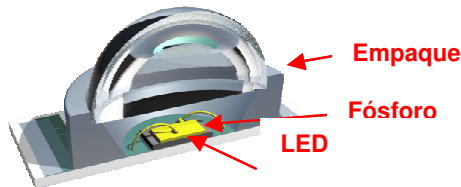


Figura 2. Estructura de un componente LED

Una lámpara LED se conforma por los siguientes componentes⁷ (Figura 3):

- **Lente:** Diseñado para innumerables aplicaciones y diferentes necesidades, y fabricado de vidrio óptico con alta refracción.
- **Disipador de calor:** El rendimiento del LED depende en buena medida de la gestión térmica y los disipadores de calor proporcionan una guía para llevar el calor fuera de la fuente LED; fabricado comúnmente de cobre, aluminio y termoplásticos.
- **Interfaz térmica:** Proporciona una transferencia térmica eficiente, incluyendo la vinculación de disipadores de calor, esparcidores de calor, transistores de potencia, entre otros, y fabricado con adhesivo acrílico de alto rendimiento con partículas de cerámica altamente conductivas para una interfaz térmica extremadamente fiable y fácil de usar.
- **Driver electrónico:** Dispositivo electrónico que regula el flujo de electricidad asegurando que un LED o una serie de LED se alimenta siempre con el voltaje y la corriente adecuada independiente de los cambios constantes en las propiedades eléctricas de los LED.

⁶ La **epitaxia** es un método de deposición cristalino en el que se consigue crecer finas capas de material sobre un sustrato.

⁷Fuente: Havells, Departamento de Producto. Principios básicos de iluminación.

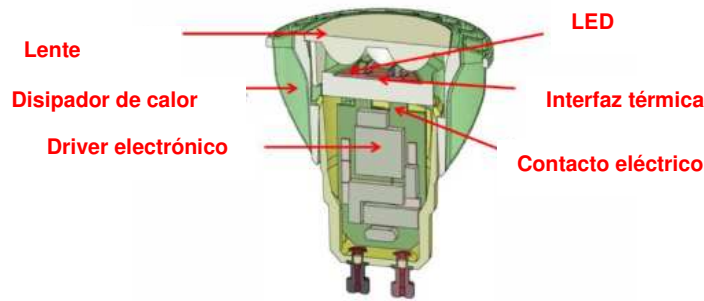


Figura 3. Diseño y componentes de una lámpara LED

Para su integración, se han establecido dos tipos de montaje en una placa de circuito impreso:

- **Tecnología de montaje en superficie (SMD, por sus siglas en inglés):** El LED es pre montado en cápsulas y esta unidad es soldada a la placa del circuito impreso como una única pieza (Figura 4).



Figura 4. Montaje SMD.

- **Tecnología Chip on Board (COB, por sus siglas en inglés):** Los componentes del LED son soldados a la placa del circuito impreso además de contar con más diodos⁸ (Figura 5).



Figura 5. Montaje COB.

LED como sistema

Los LED pueden integrarse en arreglos más sofisticados que una simple lámpara y pueden componerse en un conjunto de dispositivos que se instalan para producir efectos luminosos tanto prácticos como decorativos. Con la iluminación se pretende conseguir un nivel de iluminación o iluminancia (medido en lux) adecuado al uso que se quiere dar al espacio iluminado^{9, 10}.

Los elementos de un sistema LED son.

- **Módulo LED:** Se conforma por uno o varios LED individuales instalados adecuadamente sobre un circuito impreso con la posibilidad de incluir o necesitar

⁸Fuente: SunMaster Solar Light Manufacturer, 2019, Diferencia entre luminarias LED COB y LED SMD, <https://es.solarlightsmannufacturer.com/que-es-cob-led-que-es-un-smd-led/>

⁹Fuente: Julio Alfredo Cortés Rodríguez, agosto de 2009, "Diseño y construcción de un sistema de alimentación para un arreglo Rgb de tres Led de potencia" (Tesis de pregrado), Universidad Tecnológica de la Mixteca.

¹⁰Fuente: Dossier LED. Una nueva fuente de iluminación, tercera edición, octubre 2013. <https://docplayer.es/12466026-Dossier-led-una-nueva-fuente-de-iluminacion.html>

Fuente: Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Manual de iluminación vial. Carreteras, boulevares, entronques, viaductos, pasos a desnivel y túneles, 2015. http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGST/Manuales/Manual_iluminacion/Manual_de_Iluminacion_Vial_2015.pdf

otros elementos como disipadores térmicos, sistemas ópticos o fuentes de alimentación, el arreglo de montaje puede ser SMD o COB.

- **Luminaria (carcasa, cuerpo):** Incorpora el LED como fuente de luz y que determina condiciones de funcionamiento, rendimiento, vida, entre otros.
- **Driver electrónico:** Elemento auxiliar básico para regular el funcionamiento de un sistema Led que adecua la energía eléctrica de alimentación recibida por la luminaria a los parámetros exigidos para un correcto funcionamiento del sistema.

Las lámparas y sistemas LED integradas se clasifican de la siguiente manera:

- Por su flujo luminoso total.
- Por su distribución espacial de luz.
 - Omnidireccional.
 - Direccional.
- Por la forma de su bulbo.

Actualmente los sistemas LED se aplican en los sectores residencial, comercial, industrial e iluminación exterior (Figuras 6 y 7).



Figura 6. Sistema LED para vialidades



Figura 7. Sistema LED para interiores

Términos y definiciones técnicas relevantes¹¹

- Flujo luminoso total. Energía radiante en forma de luz visible al ojo humano, emitida por una fuente luminosa en la unidad de tiempo (segundo); su unidad de medida es el lumen (lm).
- Bulbo. Envoltente externa de vidrio o de otro material transparente o translúcido que guarda los componentes esenciales de una lámpara eléctrica.
- Lámpara de led integrada omnidireccional. Lámpara que emite luz en todas direcciones y por lo menos el 10% de su salida de flujo luminoso total está dentro de un ángulo sólido entre 90°-180°.
- Lámpara de led integrada direccional. Lámpara que emite por lo menos el 80% de su salida de luz dentro de un ángulo sólido (que corresponde a un cono con un ángulo de 120°). Véase Apéndice F.
- Flujo luminoso total nominal. Flujo luminoso total emitido de una fuente de luz, en su posición ideal, que declara el fabricante.
- Flujo luminoso total final. Flujo luminoso total emitido de una fuente de luz, medido al término de un periodo de prueba, en condiciones específicas.
- Flujo luminoso total mantenido. Relación del flujo luminoso después de un tiempo de uso determinado de la lámpara de led, en condiciones de operación específicas, dividido por el flujo luminoso inicial de la lámpara, comúnmente expresado como porcentaje.
- Flujo luminoso de deslumbramiento. Flujo luminoso parcial que emite un luminario, que incide en el campo visual que produce un mayor nivel de iluminación que el del entorno, provocando fastidio, molestia o pérdida en rendimiento visual y visibilidad, en tanto los ojos se adaptan a éste.
- Flujo luminoso total. Energía radiante en forma de luz visible al ojo humano, emitida por una fuente luminosa en la unidad de tiempo (segundo), su unidad de medida es el lumen [lm].
- Flujo luminoso total inicial. Aquella energía radiante total emitida por una fuente de luz, medida al inicio de su vida y después de un periodo de estabilización.
- Flujo luminoso total nominal. Aquella energía radiante total emitido de una fuente de luz, en su posición ideal, que declara el fabricante.
- Temperatura de color correlacionada (TCC). Expresa la apariencia cromática de una fuente de luz por comparación con la apariencia cromática de la luz emitida por un cuerpo negro a una temperatura absoluta determinada, su unidad de medida es el Kelvin (K).

¹¹ NORMA Oficial Mexicana NOM-030-ENER-2016, Eficacia luminosa de lámparas de diodos emisores de luz (led) integradas para iluminación general. Límites y métodos de prueba. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/183748/NOM-030-ENER-2016.pdf>

- Índice de rendimiento de color (IRC). Medida cuantitativa sobre la capacidad de la fuente luminosa para reproducir fielmente los colores de diversos objetos, comparándolo con una fuente de luz ideal.
- Factor de potencia (λ). Relación entre la potencia eléctrica activa (P) y la potencia eléctrica aparente (S), en un circuito de corriente alterna.
- Lámpara de led integrada. Unidad que no puede ser desmantelada, sin causar un daño permanente, cuenta con una base para conectarse directamente a la red eléctrica, incorpora una fuente de luz led y cualquier elemento adicional, necesario para la operación estable de la fuente de luz.
- Luminario con led. Equipo de iluminación que distribuye, filtra o controla la luz emitida por uno o varios diodos emisores de luz (led) y el cual incluye todos los accesorios necesarios para fijar, proteger y operar estos led y lo necesario para conectarlos al circuito de utilización eléctrica.
- Vida útil nominal. Periodo de tiempo en horas especificado por el fabricante del luminario desde el primer encendido, hasta la reducción del 30% del flujo luminoso inicial de una muestra estadística de unidades de led, en condiciones de encendido y operación controladas.

Regulaciones técnicas aplicables

La Ley Federal sobre Metrología y Normalización (LFMN), distingue de acuerdo con su régimen de aplicación dos tipos de normas: (1) Normas Mexicanas (NMX) de aplicación voluntaria y Normas Oficiales Mexicanas (NOM) de aplicación obligatoria.

De acuerdo con lo anterior, las normas aplicables al sector de iluminación en materia de seguridad y eficiencia energética son las siguientes:

Normas de instalación de alumbrado de interiores y exteriores.

- NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones Eléctricas
- NOM-007-ENER-2014 Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en edificios no residenciales.
- NOM-013-ENER-2013 Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en vialidades.

Para el caso de los productos o sistemas LED se tienen las siguientes normas.

- NOM-003-SCFI-2014, Productos eléctricos-Especificaciones de seguridad.
- NOM-030-ENER-2016 Eficacia luminosa de lámparas de diodos emisores de luz (led) integradas para iluminación general. Límites y métodos de prueba.
- NOM-031-ENER-2012 Eficiencia energética para luminarios con diodos emisores de luz (led) destinados a vialidades y áreas exteriores públicas. Especificaciones y métodos de prueba.

Mercado

En la Cámara Nacional de Manufacturas Eléctricas (Caname), se encuentran registradas 52 empresas comercializadoras, fabricantes y distribuidores de productos eléctricos, lámparas y sistemas de LED¹² (Anexo 1).

Ventas anuales de lámparas y sistemas LED

Con base en información del Sistema de Manifestación de Impacto Regulatorio (SIMIR) de la NOM-030-ENER, la venta estimada de lámparas Led es de más de 508 mil unidades anuales¹³.

En el año 2011, la venta estimada de sistemas LED destinados a vialidades y exteriores fue de más de 52 mil sistemas LED. Por su parte, el SIMIR de la NOM-031-ENER estima un crecimiento anual del 2% y 3.3% para los sistemas LED destinados a vialidad y exteriores, respectivamente. Por lo que las estimaciones de venta para el año 2027 es de más de 72 mil sistemas de Led para vialidades y de más de 12 mil sistemas de Led para exteriores¹⁴.

Importaciones y exportaciones

De acuerdo con información del sistema de información arancelaria de la Secretaría de Economía, en 2018 se importó en México más de 733 millones de piezas de aparatos eléctricos, donde se incluye las lámparas y sistemas de LED para interiores. En el caso de sistemas de LED para vialidades, se importaron más de 40 millones de piezas.

Para el caso de sistemas de LED para alumbrado vial o público, se identificó que la importación a partir de la restricción de la NOM-031-ENER- 2012 en la fracción arancelaria 94054001, tuvo un crecimiento de cerca del 32% entre 2014 y 2018. También, se identificó que México exporta más de 13 millones de sistemas LED para alumbrado en vialidades debido a cerca de 7 plantas de manufacturas hospedadas en el norte y centro del país de acuerdo con las empresas que se encuentran en la Sección III de la Cámara Nacional de Manufacturas Eléctricas (Gráfico 1).

¹²Fuente: Cámara Nacional de Manufacturas Eléctricas (Caname), Sección IV, Sistemas de Ahorro de Energía y Generación de Energía Renovable, <https://www.caname.org.mx/index.php/quienes-somos/mision-vision-y-politica?id=422>

¹³ Fuente: Sistema de Manifestación de Impacto Regulatorio, Secretaría de Economía, Comisión Nacional de Mejora Regulatoria, Aparatado VII. Anexos, 20160810105836_40984_BCPROYNOM030ENER2016.xls, <http://cofemersimir.gob.mx/mirs/25867>

¹⁴ Fuente: Sistema de Manifestación de Impacto Regulatorio, Secretaría de Economía, Comisión Nacional de Mejora Regulatoria, Aparatado VII. 25867.177.59.3BC-NOM-031 VF.xls, <http://cofemersimir.gob.mx/mirs/25867>

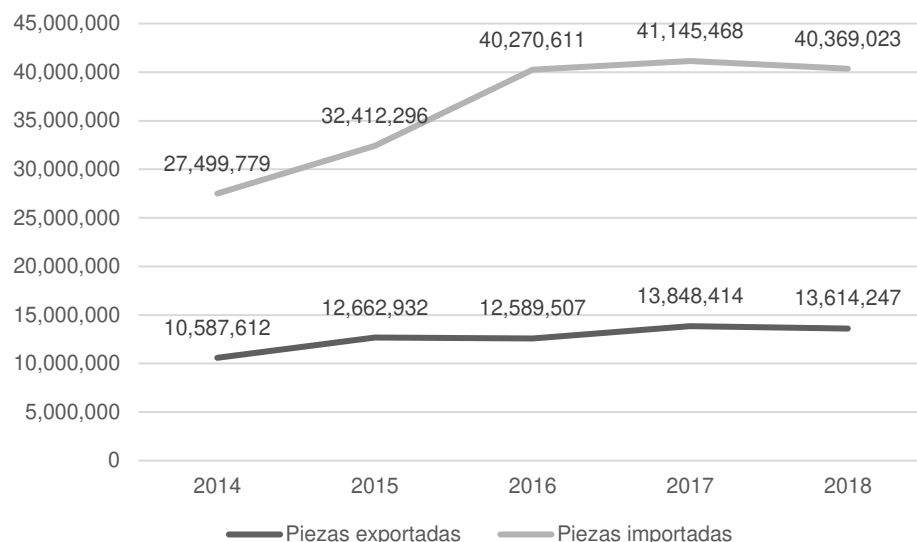


Gráfico 1. Sistemas LED para alumbrado vial exportados versus importados 2014 – 2018.

Las importaciones de aparatos eléctricos, incluyendo lámparas LED de 2018, creció alrededor del 80% en comparación al año 2014. Cabe resaltar que no se cuenta con los datos exactos de lámparas LED debido a que están integradas en el concepto de aparatos eléctricos.

A partir del 13 de diciembre de 2013, la NOM-030-ENER-2016 se incluyó como restricción de importación a la fracción arancelaria 8543709915 de las lámparas LED para uso general. Asimismo, el 16 de junio de 2015 la NOM-031-ENER-2012 se integró como restricción de importación a la fracción arancelaria 9405400116, obligando a las empresas a cumplir con la normatividad para comercializar lámparas y sistemas LED.

Tendencias

Diodo Orgánico Emisor de Luz (en inglés, Organic Light Emitting Diode, abreviado OLED)¹⁷

Es un diodo orgánico capaz de generar y emitir luz por sí mismo, a partir de una capa electroluminiscente formada por componentes orgánicos que reaccionan a una determinada estimulación eléctrica. Está compuesto por dos películas finas que funcionan como ánodo y cátodo, dentro dos capas finas de conducción y emisión, tanto las películas como las capas son hechas de moléculas o polímeros que conducen la electricidad.

¹⁵ Fracción arancelaria 85437099, incluye: Máquinas, aparatos y material eléctrico, y sus partes; aparatos de grabación o reproducción de sonido, aparatos de grabación o reproducción de imagen y sonido en televisión, y las partes y accesorios de estos aparatos, máquinas y aparatos eléctricos con función propia, no expresados ni comprendidos en otra parte de este capítulo, las demás máquinas y aparatos, los demás.

¹⁶ Fracción arancelaria 94054001, incluye: Aparatos de alumbrado (incluidos los proyectores) y sus partes, no expresados ni comprendidos en otra parte; anuncios, letreros y placas indicadoras, luminosos y artículos similares, con fuente de luz inseparable, y sus partes no expresadas ni comprendidas en otra parte.

Disponible en: <http://www.economia-snci.gob.mx/>

¹⁷ ¿Qué son los OLEDs?, Iluminet Revista de iluminación online. Enero 2014. <https://www.iluminet.com/que-son-los-oleds/>



Figura 10. Lámpara OLED



Figura 11. Estructura del OLED

Fidelidad a la Luz (Li-Fi, por sus siglas en inglés)¹⁸

Es una tecnología que utiliza fuentes de luz en lugar de microondas, a diferencia del Wi-Fi, para transmitir información, las lámparas o luminarias Led son equipadas con procesadores de señal convirtiéndose en un punto de acceso a la red. Su funcionamiento se basa en una comunicación en modo de parpadeo, es decir, las lámparas o luminarias led se encienden y apagan hasta 10 mil millones de veces por segundo, siendo imperceptible para el ojo humano, los drivers del LED sirven como modulador de entrada y salida que “incrustan” información en la luz, ofreciendo comunicación tanto para carga como para descarga, la luz se acopla a una conexión de internet para el envío de datos o a un receptor instalado en una computadora. Esta tecnología permite la carga y descarga de información.

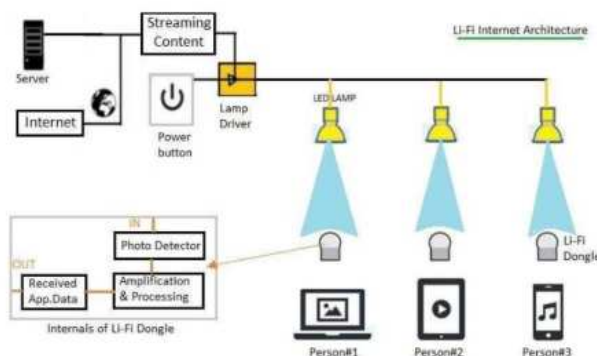


Figura 12. Estructura de comunicación a través de Li-Fi

Lámparas de plasma (Lighting Emitting Plasma, abreviado LEP por sus siglas en inglés)¹⁹

Esta tecnología combina la técnica de microondas y de iluminación electrónica, está compuesta por una cápsula de cuarzo de 28 mm de diámetro que no incorpora filamentos, electrodos o inductores y un conductor de radio frecuencia (RF) constituido por un generador de estado sólido, un microcontrolador y un resonador de cerámica, llamado “puck” el cual funciona como soporte, aislante térmico y lente de la lámpara. Su funcionamiento se basa en la creación de una columna de plasma dentro de la cápsula de cuarzo, la cual es generada por la ionización de los gases dentro de la misma y la evaporación de los haluros metálicos.

¹⁸ ¿Conectarse a internet a velocidad de la luz, con luz?, Revista Iluminet Revista de iluminación online. Enero de 2019. <https://www.iluminet.com/conexion-velocidad-luz/>

¹⁹ ¿Qué son y cómo funcionan las lámparas de plasma? Iluminet. Revista de iluminación on line. Febrero 2014. <https://www.iluminet.com/iluminacion-plasma/>



Figura 13. Lámpara de Plasma

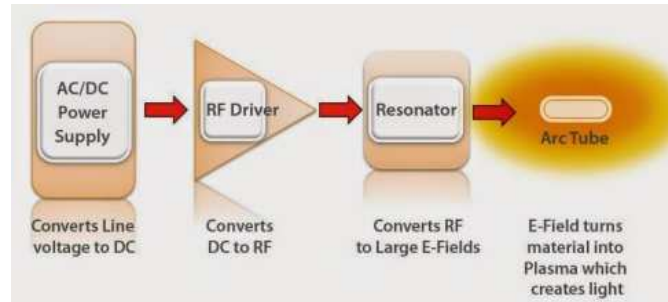


Figura 14. Funcionamiento de una lámpara de plasma

Lámparas LED y el Internet de las Cosas

El internet de las cosas (en inglés, Internet of Things, abreviado IoT) es un concepto que se refiere a una interconexión digital de objetos cotidianos con internet. Es, en definitiva, la conexión de internet con más objetos que con personas.²⁰

La operación de las LED en el IoT, las lámparas cuentan con conexión directa a internet, permitiendo que los usuarios puedan manejar la luminosidad, color, timer y más, desde una App en sus smartphones.²¹

Este modelo no solo contempla el uso doméstico, también apunta a soluciones urbanas, espacios públicos y edificios privados, logrando un ahorro del 40% en el consumo eléctrico. La industria de la iluminación ya está transicionando hacia sistemas de iluminación de estado sólido integrados por luminarias LED inteligentes, avances en la tecnología han permitido integrar procesadores y sensores en los LED, estos procesadores y sensores tienen la capacidad de conectarse a cualquier red de internet, así se conectan a Sistemas Automatizados de Edificios (BAS), redes inteligentes y servicios en la nube.

Se espera que el mercado global de iluminación inteligente crezca hasta alcanzar la cifra de 25 mil millones para 2023, con un 27% de crecimiento anual compuesto 2017 y 2023. En este caso, Europa es la región con mayor expectativa de crecimiento, ya que, cuenta con avances técnicos, inversiones e infraestructura más consolidados, seguida por América del Norte. Sin embargo, regiones con un uso medio o aquellos en las que la penetración de la tecnología LED aún está en desarrollo como América Latina, Asia, Oriente Medio y África también representan una oportunidad de crecimiento notable en los próximos años²².

²⁰ https://es.wikipedia.org/wiki/Internet_de_las_cosas

²¹ <http://lanacion.cl/2017/10/30/luz-inteligente-el-nuevo-paso-en-el-internet-de-las-cosas-y-de-una-ciudad-sustentable/>

²² Fuente: ¿Cómo crece el mercado LED inteligente?, Expo Lighting America, <http://expo.lighting/2018/10/28/como-crece-el-mercado-led-inteligente/>

Anexo 1. Empresas comercializadoras, fabricantes y distribuidores de productos eléctricos, lámparas y sistemas de LED registradas en CANAME,

Sección III Iluminación

1. CONDUMEX, S.A. de C.V.
2. CONSTRULITA LIGHTING INTERNATIONAL, S.A. de C.V.
3. COOPER CROUSE-HINDS, S. de R.L. de C.V.
4. COOPER MÉXICO DISTRIBUCIÓN S. DE R.L. DE C.V. / EATON'S COOPER LIGHTING BUSINESS
5. ELECTRO MAG, S.A. de C.V.
6. FEILO MÉXICO, S.A. de C.V.
7. GE COMMERCIAL MATERIALS, S.A. de C.V.
8. HOLOPHANE, S.A. de C.V.
9. ILUMINACIÓN ESPECIALIZADA DE OCCIDENTE, S.A. de C.V.
10. INDUSTRIAS SOLA BASIC, S.A. de C.V.
11. INDUSTRIAS UNIDAS, S.A. de C.V.
12. L.J. ILUMINACIÓN, S.A. de C.V.
13. LEDVANCE, S.A. DE C.V.
14. LEVITÓN DE MÉXICO, S. de R.L. de C.V.
15. OSRAM, S.A. de C.V.
16. PHILIPS MEXICANA, S.A. de C.V.
17. SIMÓN ELECTRICA, S.A. de C.V.

Sección IV Sistemas de Ahorro de Energía y Generación de Energía Renovable de la Cámara Nacional de Manufactura Eléctrica.

1. Artefactos Lumínicos S.A. DE C.V.
2. BHP ENERGY MÉXICO, S. DE R.L. DE C.V.
3. CONDUMEX, S.A. de C.V. (Sector Energía IEM)
4. COOPER MÉXICO DISTRIBUCIÓN S. DE R.L. DE C.V. / EATON'S COOPER LIGHTING BUSINESS
5. Diram S.A de C.V
6. DYH MEXICANA, S.A. DE C.V.
7. ELECTRO MAG, S.A. DE C.V.
8. Elkon, S.A. de C.V.
9. ENERGETIKA SUSTENTABLE Y ECOLÓGICA S.A. DE C.V.
10. ENERGYZA DE MÉXICO, S.A. DE C.V.
11. ESTÉVEZ, S.A. DE C.V.
12. GE Commercial Materials, S. de R.L. de C.V.
13. HALTIAL MEXICO S.A. DE C.V.
14. Havells México, S.A. de C.V.
15. HOLOPHANE, SA. DE CV.
16. ILLUMEX, S.A.P.I DE C.V.
17. ILUMINACIÓN ORNAMENTAL MÉXICO EUROPA, S.A. DE C.V.
18. INDUSTRIAL GESCA, S.A. DE C.V. (MARCA SOLA BASIC)

19. INDUSTRIAL ROCAVA
20. INDUSTRIAS UNIDAS, S.A. DE C.V.
21. Inelap, S.A. de C.V.
22. INFO TECHNOLOGY MÉXICO, S.A. DE C.V. / CHMX GROUP
23. INFRAENERGÍA, S.A. DE C.V.
24. Ingeniería en Construcción y Soluciones Ambientales, S.A. de C.V.
25. INGENIERÍA Y SERVICIOS ADM, S.A. DE C.V.
26. JAL CONSULTORÍA ESTRATÉGICA, S.A. DE C.V.
27. JWJ COMERCIAL MÉXICO, S.A. DE C.V.
28. KYR ALUMBRADO PÚBLICO, S.A. DE C.V.
29. LÁMPARAS AHORRADORAS DE ESTADO SÓLIDO, S.A. DE C.V.
30. LEADERLIGHT, S DE R L DE C V
31. LED ILUMINACIÓN ECOLÓGICA, S.A. DE C.V.
32. LUXTRONIC S.A. DE C.V.
33. LUZ EMITIDA POR DIODOS DE MÉXICO, S.A. DE C.V.
34. MANUFACTURERA DE ENSAMBLES Y COMPONENTES RÍO GRANDE, S.A. DE C.V.
35. MEXICANA DE LED, S.A. DE C.V.
36. NL TECHNOLOGIES, S.A. DE C.V.
37. OPTIMA ENERGÍA / CELSOL S.A.P.I. DE C.V.
38. OSRAM, S.A. DE C.V.
39. PHILIPS MEXICANA S.A de C.V
40. Phoenix Contact, S.A. de C.V.
41. Potencia Industrial, S.A.
42. POUNCE CONSULTING S.A DE C.V.
43. Siemens, S.A. de C.V.
44. SIMON ELECTRICA S.A de C.V.
45. SOINTE SOLUCIONES INTELLECTO Y TECNOLOGÍA, S.A. DE C.V.
46. Supra Desarrollos Tecnológicos S.A. de C.V.
47. TECNOLOGÍA QUE OPTIMIZA EL RENDIMIENTO, S.A. DE C.V.
48. TECNOLOGÍA Y DISEÑO ELECTRÓNICO, S.A. DE C.V.
49. TOSHIBA de México S.A. de C.V.
50. UNIVERSELITE, S.A. DE C.V.
51. VENTOR INTERNACIONAL, S.A. DE C.V.
52. VLED DE MÉXICO, S.A. DE C.V.

Anexo 2. Métodos de prueba en la NOM-030-ENER-2016

- Eficacia luminosa.

Para determinar la eficacia luminosa de las lámparas de led integradas establecidas en la norma, se debe aplicar la siguiente ecuación:

$$Eficacia\ luminosa = \frac{flujo\ luminoso\ total\ inicial}{Potencia\ eléctrica\ consumida} \left[\frac{lm}{W} \right]$$

La potencia eléctrica consumida y el flujo luminoso total inicial, se deben determinar de acuerdo con el método de prueba establecido en el Apéndice A.

- Variación del flujo luminoso total nominal.

Para determinar la variación del flujo luminoso total nominal de las lámparas de LED integradas establecido en la norma, se debe aplicar la siguiente ecuación:

$$\Delta\phi_n = \frac{\phi_i}{\phi_n} \times 100$$

Donde:

$\Delta\phi_n$ es la relación del flujo luminoso.

ϕ_i es el flujo luminoso total inicial de la lámpara de Led.

ϕ_n es el flujo luminoso total nominal marcado en el producto, instructivo, empaque o garantía.

Para el flujo luminoso total inicial se debe utilizar el método de prueba establecido en el Apéndice A.

- Temperatura de color correlacionada (TCC).

La temperatura de color correlacionada de las lámparas de LED integradas se debe determinar con el método de prueba establecido en el Apéndice A de la norma.

- Flujo luminoso total mínimo mantenido.

Para determinar el mantenimiento del flujo luminoso total de las lámparas de led integradas establecido en el inciso 5.4., se debe aplicar la siguiente ecuación:

$$M\phi = \frac{\phi_f}{\phi_i} \times 100$$

Donde:

$M\phi$ es el mantenimiento del flujo luminoso total.

ϕ_i es el flujo luminoso total iniciales.

ϕ_f es el flujo luminoso total final.

Para el flujo luminoso total inicial se debe utilizar el método de prueba establecido en el Apéndice A, para el flujo luminoso total final se debe de utilizar el método de prueba establecido en el Apéndice B.

- Índice de rendimiento de color (IRC).

Para determinar el índice de rendimiento de color de las lámparas de led integradas se debe determinar con el método de prueba establecido en el Apéndice A de la norma.

- Factor de potencia (λ).

Para determinar el factor de potencia (λ) de las lámparas de led integradas establecido en el inciso 5.6, se debe aplicar la siguiente ecuación:

$$\lambda = \frac{P}{V \times I} \left[\frac{W}{VA} \right]$$

Donde:

λ es el factor de potencia;

P es la potencia eléctrica de entrada, expresada en watts;

V es la tensión eléctrica de entrada, expresada en volts; e

I es la intensidad de corriente eléctrica de entrada, expresada en amperes.

La potencia eléctrica, tensión eléctrica y la intensidad de corriente eléctrica se miden a la entrada del espécimen de prueba, de acuerdo con lo establecido en el Apéndice A.

- Distribución espacial de luz.

Para determinar la distribución espacial de luz, se debe aplicar el método establecido en el Apéndice F.

- Ciclo de choque térmico.

Para determinar si las lámparas de led integradas soportan la prueba de choque térmico (inciso 5.7), se debe utilizar el método de prueba establecido en el Apéndice C.

- Ciclo de conmutación.

Para determinar si las lámparas de led integradas resisten la prueba de conmutación (inciso 5.7.), se debe de utilizar el método de prueba establecido en el Apéndice C.

- Sobretensiones transitorias.

Para determinar si las lámparas de led integradas soportan la prueba de sobretensiones transitorias del inciso 5.8.1, se debe utilizar el método de prueba establecido en el Apéndice D.

- Distorsión armónica total.

Para determinar si las lámparas de led integradas cumplen con la distorsión armónica total en la intensidad de corriente eléctrica del inciso 5.9.2, se debe utilizar el método de prueba establecido en Apéndice E.

Métodos de prueba en el PROY-NOM-031-ENER-2018

- Eficacia luminosa

Para determinar la eficacia luminosa del luminario con led establecida en el inciso 6.1. se debe aplicar la ecuación siguiente:

$$Eficacia\ luminosa = \frac{Flujo\ luminoso\ total\ inicial\ medido \left[\frac{lm}{W} \right]}{Potencia\ eléctrica\ medida}$$

La potencia eléctrica medida y el flujo luminoso total inicial medido, se deben determinar de acuerdo con el método de prueba establecido en el Apéndice A.

- Variación del flujo luminoso total nominal

Para determinar la relación del flujo luminoso total nominal de los luminarios con led del inciso 6.2, se debe aplicar la ecuación siguiente:

$$\Delta\phi_n = \frac{\phi_{v0}}{\phi_{vn}} \times 100$$

Donde:

$\Delta\phi_n$ Variación del flujo luminoso total nominal en [%]

ϕ_{v0} Flujo luminoso total inicial medido en [lm]

ϕ_{vn} Flujo luminoso total nominal marcado en el producto en [lm]

El flujo luminoso total inicial medido se debe determinar de acuerdo con el método de prueba establecido en el apéndice A.

- Temperatura de color correlacionada

La temperatura de color correlacionada de los luminarios con led del inciso 6.3, se debe determinar con el método de prueba establecido en el apéndice A.

- Flujo luminoso total mantenido

Para determinar el flujo luminoso total mantenido de los luminarios con led del inciso 6.4, se debe aplicar la ecuación siguiente:

$$M\phi = \frac{\phi_{vf}}{\phi_{v0}} \times 100$$

Donde:

$M\phi$ Flujo luminoso total mantenido en [%]

ϕ_{vf} Flujo luminoso total final medido en [lm]

ϕ_{v0} Flujo luminoso total inicial medido en [lm]

El flujo luminoso total inicial medido se debe determinar de acuerdo con el método de prueba establecido en el Apéndice A.

El flujo luminoso total final medido se debe determinar de acuerdo con el método de prueba establecido en el Apéndice B.

- Índice de rendimiento de color.

El índice de rendimiento de color de los luminarios con led del inciso 6.5 se debe determinar de acuerdo con el método de prueba establecido en el apéndice A.

- Factor de potencia.

Para determinar el factor de potencia de los luminarios con led, se debe aplicar la ecuación siguiente:

$$\lambda = \frac{P}{V \times I}$$

Donde:

λ Factor de potencia

P Potencia eléctrica medida en [W]

V Tensión eléctrica medida en [V]

I Corriente eléctrica medida en [A]

La potencia eléctrica medida, la tensión eléctrica medida y la corriente eléctrica medida se deben determinar de acuerdo con el método de prueba establecido en el apéndice A.

- Distorsión armónica total en corriente.

La distorsión armónica total en corriente de los luminarios con led del inciso 6.7 se debe determinar de acuerdo con el método de prueba establecido en el apéndice A.

- Flujo luminoso de deslumbramiento.

El flujo luminoso de deslumbramiento y el porcentaje de flujo luminoso en la zona, respecto al flujo luminoso total de los luminarios con led del inciso 6.8 se debe determinar de acuerdo con el método de prueba establecido en el apéndice D.

- Resistencia al choque térmico y a la conmutación.

La resistencia al choque térmico y a la conmutación de los luminarios con led del inciso 6.9 se debe determinar de acuerdo con el método de prueba establecido en el apéndice C.

- Resistencia a las descargas atmosféricas.

La resistencia a las descargas atmosféricas de los luminarios con led del inciso 6.10 se debe determinar de acuerdo con el método de prueba establecido en la NMX-J-610/4-5-ANCE-2013.

Anexo 3. Laboratorios de prueba -Certificación- NOM-030-ENER-2016 y NOM-031-ENER-2012

1. Laboratorios de prueba – Certificación NOM-030-ENER-2016

- Aksi Herramientas, S.A. de C.V.
- Asociación de Normalización y Certificación, A.C. Laboratorio de Pruebas ANCE, A.C. México.
- Asociación de Normalización y Certificación, A.C. Laboratorio de Pruebas ANCE Apodaca.
- Industrias Sola Basic, S.A. de C.V. Laboratorio de Pruebas ISB.
- Industrias ADIR, S.A. de C.V. LABOMEX.
- Laboratorio de Alumbrado del Gobierno de la Ciudad de México.
- Laboratorios Radson, S.A. de C.V. Centro de Fiabilidad Radson Monterrey.
- Labotec México, S.C. Unidad Electrónica.
- LEDVANCE S.A. de C.V.
- Tecnología y Servicio, S.A. de C.V.
- Truper, S.A. de C.V. Laboratorio Eléctrico Truper.

2. Laboratorios de prueba – Certificación NOM-031-ENER-2012

- Aksi Herramientas, S.A. de C.V.
- Asociación de Normalización y Certificación, A.C. Laboratorio de Pruebas ANCE, A.C. México.
- Asociación de Normalización y Certificación, A.C. Laboratorio de Pruebas ANCE, Apodaca.
- Industrias Sola Basic, S.A. de C.V. Laboratorio de Pruebas ISB.
- Laboratorio de Alumbrado del Gobierno de la Ciudad de México.
- Laboratorios Radson, S.A. de C.V. Centro de Fiabilidad Radson Monterrey.
- Labotec México, S.C. Unidad Electrónica.