

# **Historia y futuro de la iluminación**

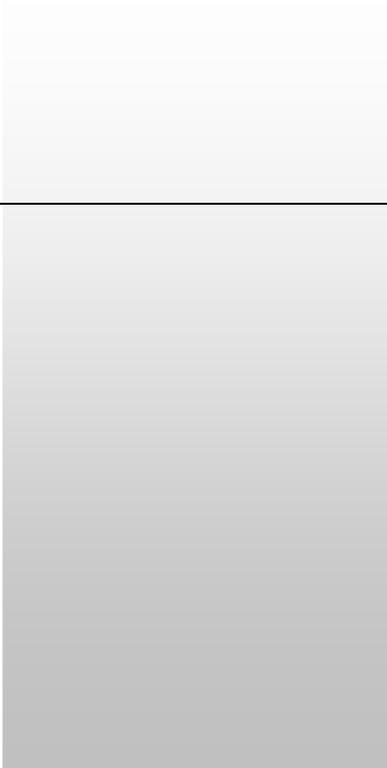
**El presente trabajo está basado sobre una monografía presentada en la materia GESTIÓN DE LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA. Escuela de Posgrado de la Universidad Tecnológica Nacional.**

**Un especial agradecimiento a mis compañeros:**

- Ing. BARRIOS RODRIGUEZ, VÍCTOR HUGO
- Ing. FERRARI, PABLO
- Dr. LACASIA, FERNANDO

**FECHA:** 26 DE AGOSTO 2013

---



---

---

## ÍNDICE

- 1. Introducción: Algunos conceptos teóricos e historia**
- 2. La primera tecnología disruptiva**
- 3. Evolución de la iluminación con energía eléctrica**
- 4. Lámparas Incandescentes**
- 5. Lámparas Halógenas**
- 6. Tubos Fluorescentes**
- 7. Lámparas Fluorescentes Compactas o de Bajo Consumo**
- 8. Lámparas de Mercurio**
- 9. Lámparas de Vapor de Sodio**
- 10. Tecnología LED**
- 11. Ventajas del LED sobre otras fuentes de iluminación**
- 12. Conclusiones**

---

## **1. Introducción: Algunos conceptos teóricos e historia**

**El conocimiento se produce sumando experiencias particulares sobre un determinado tema de las que luego emergerá la noción universal. Por ejemplo, vemos un árbol y adquirimos la experiencia de ese árbol, vemos otro árbol diferente y tenemos otra experiencia, y sumando experiencias llegamos a la noción universal de árbol. El conocimiento se fundamenta en la realidad inteligible, es decir lo que puede ser comprendido o entendido. En la obtención de las experiencias enunciadas son los sentidos los que tienen una importancia fundamental y especialmente la vista "Aristóteles"**

La relevancia para el ser humano de utilizar su sentido más importante llevó a la innovación para buscar fuentes de luz y así prolongar las horas del día y como consecuencia de ello, aumentar el tiempo disponible para desarrollar el conocimiento.

Desde el punto de vista estrictamente físico la luz Visible es una parte del espectro electromagnético que al ojo humano causa una sensación de brillo. La onda electromagnética de la luz visible varía 380 nm y 780 nm (1 nanómetro nm) = 1/1.000.000.000 metro). El color Azul es la onda más corta y el Rojo la más larga. Por debajo del Azul se encuentran por ejemplo los rayos-X y por encima de rojo la luz infrarroja y ondas de radio.

Analizando la necesidad de la humanidad por ver más allá de las horas del día podamos resumir la historia muy someramente, retro trayéndonos los orígenes a la prehistoria, cuando el hombre descubrió el fuego y lo utilizó para obtener calor y cocer alimentos. No tardó mucho en usarlo para la iluminación. De este modo, la llama fue la primera forma de iluminación artificial utilizada por el hombre, hace alrededor de unos 500.000 años. Ello se ha corroborado por el hallazgo de restos de hogares y fogones, en los que se utilizaba como combustibles madera, carbón de leña y grasas animales.

El primer candil probablemente haya aparecido hace 50.000 años, utilizando como combustibles aceite o grasa de origen animal y además se utilizaba el cráneo de las presas para colocar en su interior estos combustibles con una mecha de trenza de pelos. Más tarde se fabricaron unos tipos de recipientes de piedra para la misma función y alrededor de 4.500 años atrás, en la zona de Ur, en la Mesopotamia asiática, se utilizaban valvas –las tapas- de moluscos marinos como lámparas, o se fabricaban con formas similares en oro o alabastro. Siglos más tarde se comenzaron a utilizar los tizones –palos a medio quemar-, que los egipcios fueron mejorando, colocando paja envuelta o estopa alrededor de un pedazo de madera, embadurnadas con cera de abejas y resina, algunas veces perfumada, lo que conocemos como "antorcha". Más tarde, en la antigua Grecia se utilizaron candiles realizados con una variedad de materiales como ser metales y cerámica, que lucían muy similares a lo que hoy se identifica vulgarmente como "lámpara de Aladino". En Cartago y Fenicia se encontraron lámparas de aceite fabricadas en cerámica que datan del siglo X AC, y que se dispersaron inmediatamente por todo el Mediterráneo. En la antigua Roma se utilizaban como iluminación las lámparas de aceite, que se colgaban al techo con una cadena, que a lo largo del tiempo se iban decorando con labrados y ornamentos de metal.

---

La vela se inventó en Egipto alrededor del siglo XIV AC, utilizándose aun hoy en día.

Más tarde, en la Edad Media, aparecieron otros tipos de iluminación, como las linternas con pabilos internos, que permitía la iluminación de amplios recintos. Se realizaban con hacheros y candelabros de hierro forjado, artesanalmente ornamentados. Las velas se mejoraron y al encenderse producían menos humo.

En 1795, William Murdoch, instaló un sistema de iluminación a gas de hulla para una fábrica en Inglaterra. El inventor alemán Freidrich Winzer fue la primera persona en patentar la iluminación a gas de hulla en 1804 y una “termo lámpara” usando gas destilado de madera se patentó en 1799.

En 1859 se utilizan en Estados Unidos las lámparas de kerosén, derivado del petróleo por destilación, las que dieron origen al famoso Monopolio de la Standard Oil (1870-1911) una de las mayores multinacionales del planeta presidida por John D. Rockefeller.

## **2. La primera tecnología disruptiva**

Si bien existió una gran cantidad de científicos que trabajaron para transformar la energía eléctrica en luz, se le atribuye el invento de la lámpara incandescente a Thomas Edison, quien fue el primero en patentarla el 27 de enero del 1880 (Figura 1).

A partir de la lámpara eléctrica, la luz se producía por circulación de una corriente eléctrica que podía provenir de distintas fuentes que generaban una diferencia de potencial eléctrico (voltaje) y, como consecuencia, la circulación de una corriente. Gracias a esta tecnología, los generadores podían estar ubicados a largas distancias y abastecer a muchos usuarios.

A partir de la lámpara incandescente ya NO se emitía luz como consecuencia del fuego (oxidación violenta), proceso exotérmico del cual se desprenden calor, gases y llamas que son la parte del fuego que emiten luz visible.

**Figura 1**



---

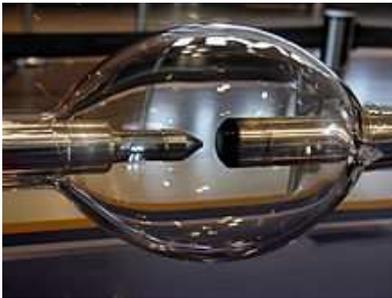
### **3. Evolución de la iluminación con energía eléctrica**

Si bien existieron otras formas de iluminación a partir de energía eléctrica, por ejemplo la lámpara de arco (figura 2), sólo nos enfocaremos en las que son y fueron masivas en hogares, industrias etcétera.

Analizaremos así, las lámparas incandescentes, las lámparas halógenas, los tubos fluorescentes, las lámparas de bajo consumo y la tecnología LED.

Antes de adentrarnos en el estudio de estas tecnologías, cabe aclarar que la energía electromagnética que se utiliza para iluminar, el espectro visible al ojo, se mide en lúmenes (lm) y la potencia eléctrica en Vatios o Watts (W). De esta forma, la relación lm/W representa la eficacia para transformar energía eléctrica en luz de una fuente luminosa

**Figura 2**



### **4. Lámparas Incandescentes**

Las lámparas incandescentes fueron el inicio de la luz producida con energía eléctrica. Hoy son las que tienen menor vida útil y además, son las de mayor consumo energético. Si bien son económicas, no resultan eficientes en el largo plazo, ya que sólo convierten en luz visible un 10% (promedio) de la energía consumida, convirtiendo el resto de la energía calor u onda electromagnética fuera del espectro visible.

Podemos ver entonces, que presentan como ventajas una respuesta inmediata a plena potencia lumínica y que su producción resulta económica, mientras que como desventajas se encuentra que son muy ineficientes (13.8–15.2 lm/W), tienen una corta vida útil (1.000 hs en promedio) y emiten mucho calor.

---

## **5. Lámparas Halógenas**

Son básicamente lámparas incandescentes convencionales, con el agregado de un gas inerte. Se destacan por la emisión de una luz brillante, el reemplazo del vidrio por un compuesto de cuarzo, una duración de casi el doble que el de una lámpara convencional, teniendo un menor tamaño. Además, si bien cuestan más que las incandescentes convencionales, fueron un avance en la reducción del consumo eléctrico.

Presentan entonces como ventajas: la respuesta inmediata a plena potencia lumínica, una mayor vida útil (2.000 a 4.000 hs), la reducción del consumo eléctrico y una mejor eficiencia que las lámparas incandescentes (16.7–19.8 lm/W). Por otra parte, emiten mucho más calor que las incandescentes y no son más que una mejora de la lámpara incandescente.

## **6. Tubos Fluorescentes**

Los tubos fluorescentes consisten en un tubo recubierto internamente de fósforo que emite una luz similar a la luz blanca, mediante gases como el flúor, vapor de neón, o mercurio, contenidos dentro del mismo. Una descarga eléctrica producida por una bobina y arrancador (comúnmente balastro) ioniza el gas y lo vuelve conductor, favoreciendo así la circulación de corriente por el gas y la consecuente emisión de luz no visible dentro del tubo, la cual, al chocar con el fósforo que recubre el tubo, se transforma en luz visible al ojo humano.

Por un lado, estos tubos presentan una eficiencia mucho mayor que una lámpara incandescente, alcanzando los 60 lm/W. Además, tienen una larga vida útil (5.000 a 15.000 hs, aunque pueden necesitar mantenimiento, por ejemplo cambio del arrancador) y, si bien cuestan más que las lámparas convencionales, reducen el consumo eléctrico.

Por otra parte, producen un efecto estroboscópico (parpadeo) que genera molestias en la vista, necesitan elementos auxiliares para funcionar y los balastos pueden provocar zumbidos, son delicados para manipular y transportar por su tamaño. Además, como su desarrollo fue anterior a la concientización sobre la ecología, no hay campañas contra su uso como veremos para las lámparas de bajo consumo que tienen Mercurio en su construcción (el mercurio es tóxico para el sistema nervioso e inmunológico, llegando en casos extremos a tener consecuencias fatales), pero los gases que utilizan pueden tener consecuencias nocivas para la salud.

## **7. Lámparas Fluorescentes Compactas o de Bajo Consumo**

En las últimas décadas se han desarrollado lámparas fluorescentes “compactas” (CFL es la sigla en inglés, conocidas en nuestro país como “bajo consumo”). La base de su funcionamiento es un tubo fluorescente estrecho, ya sea curvado en forma de U, o compuestas de varios tubos conectados por puentes. En este tipo de lámparas, la superficie que emite la luz es mayor, adaptándose a las distintas necesidades de la vivienda. Las hay de diferentes tonos, y, a pesar de que son más costosas que las lámparas convencionales, tienen una mayor duración.

Encontramos así como ventajas de estas lámparas: una eficiencia mucho mayor que las lámparas incandescentes (46–75 lm/W), una mayor vida útil (8.000 hs), y una adaptación a las luminarias de las lámparas incandescentes, por lo que es posible reemplazarlas sin cambiar los artefactos.

Ahora bien, por otro lado, requieren un tiempo de calentamiento para llegar a plena iluminación, necesitan elementos auxiliares para funcionar aunque los balastos son muy compactos y de tipo electrónico, su reproducción del color es inferior a las incandescentes, **hay producción masiva de lámparas de muy baja calidad lo que disminuye sensiblemente su vida útil (1.000 hs)**. Por su contenido de mercurio hay campañas para evitar su utilización (figuras 3 y 4).

**Figura 3**



**Figura 4**



## **8. Lámparas de Mercurio y mercurio halogenado**

Las lámparas de vapor de mercurio de alta presión consisten en un tubo de descarga de cuarzo relleno de vapor de mercurio (figura 5), el cual tiene dos electrodos principales y uno auxiliar para facilitar el arranque.

La luz que emite es color azul verdoso, no contiene radiaciones rojas. Para resolver este problema se acostumbra añadir sustancias fluorescentes que emitan en esta zona del espectro. De esta manera se mejoran las características cromáticas de la lámpara, Aunque también están disponibles lámparas completamente transparentes las cuales iluminan bien en zonas donde no se requiera estrictamente una exacta reproducción de los colores. Por su contenido de mercurio hay campañas para evitar su utilización

**Figura 5**



5

---

**Lámparas de haluro metálico**, también conocidas como, **lámparas de mercurio halogenado** (figura 6), son lámparas de descarga de alta presión, del grupo de las lámparas llamadas HID (*High Intensity Discharge*). Son generalmente de alta potencia y con una buena reproducción de colores. Originalmente fueron creadas en los años 1960 para el uso industrial de estas pero hoy se suelen aplicar en la industria tanto como el hogar. Se las suele ver en plazas y alumbrado público, se usan en lugares donde se requiere una buena reproducción de colores. Por su contenido de mercurio hay campañas para evitar su utilización

**Figura 6**



## **9. Lámparas de Vapor de Sodio**

Vapor de sodio a baja presión (SBP): la lámpara de vapor de sodio a baja presión es la más eficiente, ya que genera más de 140 lm/W pero la reproducción cromática es muy pobre.

Vapor de sodio a alta presión (SAP): la lámpara de vapor de sodio a alta presión (figura 6) es una de las más utilizadas en el alumbrado público ya que proporciona una reproducción de los colores considerablemente mejor que la anterior, aunque no tanto como para iluminar algo que requiera excelente reproducción cromática. Por el contrario, su rendimiento, es algo menor que la de SBP, pero por encima de los 100 lm/W

El foco de vapor de sodio está compuesto de un tubo de descarga de cerámica translúcida, esto con el fin de soportar la alta corrosión del sodio y las altas temperaturas que se generan; en los extremos tiene dos electrodos que suministran la tensión eléctrica necesaria para que el vapor de sodio encienda. Para operar estas lámparas se requiere de un balasto y uno o dos condensadores para el arranque y tienen una vida útil promedio de 10.000 hs.

**Figura 7**



---

## **10. La Tecnología LED**

Un LED (Lighting Emitting Diode o Diodo Emisor de Iluminación) es un diodo semiconductor capaz de emitir luz. Desde hace muchos años se ha venido usando en diversos dispositivos, sobre todo para indicar estados, como por ejemplo según el color indicar si un determinado equipo está encendido (verde) o apagado (rojo). Actualmente hemos pasado a nuevos LEDs que pueden ofrecer una luz blanca y suficientemente intensa para iluminar una habitación y espacios mayores.

El funcionamiento de un LED consiste en un electrón que al pasar una juntura de silicio, pierde energía la cual se manifiesta en forma de fotón (partícula elemental responsable de las manifestaciones cuánticas) desprendido, con una amplitud, dirección y fase aleatoria. De esta forma para conseguir luz blanca podemos mezclar la luz de tres LEDs: uno azul, otro rojo y por último verde, los colores que forman el espacio de color RGB (Red Green Blue). En cuanto a la cantidad de luz, depende de la intensidad de la corriente eléctrica (ver figura 8).

Esta nueva tecnología presenta numerosas ventajas. Por ejemplo, en el plano medioambiental, ya que no contienen mercurio ni otros metales pesados y producen menos emisiones de CO<sub>2</sub> para conseguir la misma iluminación al ser más eficientes. Poseen un alto Índice de Reproducción Cromática, que es una medida de la capacidad que una fuente luminosa tiene para reproducir fielmente los colores de varios objetos en comparación con una fuente de luz natural o ideal: cuanto más elevado el índice, más reales son los colores

Por otra parte, no generan tanto calor como las tecnologías de iluminación tradicionales, con el consiguiente ahorro de energía que ello implica. A la vez, producen una menor contaminación lumínica, ya que la luz que emite el LED siempre va direccionada, con lo que se evita en el caso de farolas iluminar hacia el cielo. Por otra parte, su larga duración (hasta las 100.000 hs. de vida útil, dependiendo de la calidad del LED) con un mantenimiento del Flujo Luminoso sobre el 70% original durante su vida útil, implica una menor necesidad de materias primas para lámparas de sustitución. Por otra parte, no producen radiación Infrarroja ni ultravioleta, poseen un encendido inmediato, suprimiendo las pérdidas de tiempo esperando a que la lámpara alcance la temperatura adecuada o se encienda correctamente: a diferencia de las luces fluorescentes, los LEDs son más eficientes en ambientes con bajas temperaturas, ya que no tienen problemas de encendido en ambientes fríos y son fuentes de luz fiables en el exterior. Además, tras su instalación no requieren de cubierta protectora, ya que la mayoría de los LEDs están fabricados de aluminio y plástico, de forma que, en caso de rotura, no cae ningún fragmento sobre alimentos o personas, lo que los dota además de una máxima flexibilidad en el diseño (existen LEDs de todos los tamaños y con casi cualquier diseño) y de robustez y seguridad frente a vibraciones.

Por último, un aspecto ampliamente atractivo para el trabajo que llevamos adelante es que gozan de un período de amortización corto -menos de 3 años- de la inversión por el ahorro obtenido por su uso en la iluminación.

Ahora bien, si bien presenta muchas ventajas, la tecnología LED también adolece de algunas desventajas. Por ejemplo, así como funcionan muy bien a bajas temperaturas, su mayor enemigo son las altas temperaturas: a partir de 65° C la mayoría de los LED se estropean. Asimismo, esta tecnología requiere una elevada disipación térmica, ya que, si bien genera menos calor que la iluminación convencional, el que genera debe ser disipado mediante disipadores de aluminio y con mucha superficie de disipación, lo que garantizará mayor tiempo de vida de la lámpara. Asimismo, el precio resulta bastante elevado en comparación con las luminarias convencionales, lo que a la vez genera una **gran oferta de este tipo de productos que no siempre alcanzan estándares de calidad que aprovechan la tecnología: existe un gran “intrusismo” en el sector, lo que hace difícil la elección de compra, debiendo tener un especial cuidado con los proveedores a seleccionar.**

Las luces LED se caracterizan por una emisión de luz mono direccional que reduce significativamente la luz reconducida por la parábola, consiguiendo un coeficiente de utilización que supera el 77% de la luz emitida. Ello viene a significar que **una luminaria LED de menor capacidad de producción lúmenes por vatio proporciona más luz aprovechable** en el cono de proyección o iluminación útil que otras fuentes de luz. En resumen, hablando en Potencia eléctrica, se logra con 180W de LED la misma iluminación que con 400W de vapor de Sodio. Ello conlleva a un ahorro de energía del 40% al 70% en comparación con las tecnologías convencionales. El ahorro total de energía del sistema puede llegar hasta el 80%.



A la vez, se destaca la mayor eficiencia de las luminarias con tecnología LED: mayor vida útil, menor consumo, bajo costo de mantenimiento, mayor poder lumínico. En efecto, la mayor capacidad de control sobre el color y la intensidad de la iluminación pública por la implementación de la tecnología LED redundan, no sólo en una mejor visibilidad de los peatones y del tráfico, sino también en una reducción de la contaminación de luz, y permiten cambiar dinámicamente la iluminación y adaptarse a las condiciones del ambiente.

Por último, las luminarias con tecnología LED pueden tener una vida útil de entre 50.000 y 100.000 horas o más –de hecho, ciertas marcas aseguran 100.000 horas de vida útil y en combinación reducen el costo de mantenimiento al menos en un 30%, comparada con las lámparas de mercurio y sodio.

## Duración



Figura 8



Ledes de 5 mm, de color rojo, verde y azul.

**Tipo** [pasivo optoelectrónico](#)

**Principio de funcionamiento** [Electroluminiscencia](#)

**Fecha de invención** [Nick Holonyak](#) (1962).

**Símbolo electrónico**



**Configuración** [ánodo](#) y [cátodo](#)

---

## **11. Ventajas del LED sobre otras fuentes de iluminación**

- **Alta eficiencia energía - iluminación.**
- **Bajo consumo energético (Ahorro de energía.)**
- **Vida útil de hasta 50.000 - 100.000 horas.**
- **Alta calidad cromática.**
- **Bajo o casi nulo costo mantenimiento**
- **Versatilidad voltaje de alimentación**
- **Ahorro y seguridad en cableado de instalación.**
- **Bajas pérdidas de calor no transformado en luz**
- **Mayor resistencia térmica y mecánica al impacto**
- **Respuesta Rápida.**
- **Versatilidad en aplicaciones.**
- **Pueden ser regulables (aplicaciones inteligentes).**
- **Diseños de luminarias innovadoras.**
- **Protección del medio ambiente y la salud**

### **Desventajas del LED**

- **Otras formas de iluminación requieren menor inversión inicial y NO se hace un análisis del verdadero costo Inversión+ Costos de operación, solo se analiza el costo de inversión inicial.**
- **Contaminación lumínica por la fuerte intensidad de la luz.**

## **12. Conclusiones**

**La iluminación LED se presenta como una tecnología disruptiva.** Cuando se produzca en gran escala y los precios bajen seguramente desplazara todas las formas de iluminación conocidas. Es altamente probable que en una década todas las formas de iluminación sean mediante LED.

### **Fuentes Bibliográficas**

- Cita de Aristóteles
- Eficacia luminosa – Wikipedia
- Página Web Secretaria de Energía – República Argentina: <http://energia3.mecon.gov.ar>
- <http://www.xatakahome.com/iluminacion-y-energia>
- <http://www.fragailuminacion.com.ar>
- <http://www.alromar-energia.es>
- Energreencol, “Alumbrado público por LEDs”.
- “Historia de la Iluminación”.
- Alromar energías de futuro, “Ventajas y desventajas de la tecnología LED”.
- Página Web Secretaria de Energía – República Argentina