ANÁLISIS DE UN OBJETO TECNOLÓGICO: LÁMPARA ELÉCTRICA INCANDESCENTE*

Carlos E. Solivérez**

Evolución histórica

En tiempos prehistóricos la única iluminación nocturna de la morada era la escasa que brindaba el fuego. El primer dispositivo específicamente destinado a iluminar fue la tea o antorcha, consistente en un cabo de madera dura cuyo extremo se envolvía con fibras combustibles embebidas con asfalto, pez, grasa animal, resina o aceites vegetales. En época tan temprana como el año 450 aC, la iluminación nocturna de las calles de la ciudad de Antioquía (en la actual Siria) se hacía con antorchas.[1] A pesar de ser poco práctica por su escasa duración, el uso de la tea perduró hasta épocas tan recientes como el siglo XVIII. Así lo atestiguan los soportes para colocarlas que habían en los corredores de las casas y castillos.[2]

En el interior de las viviendas se usaron las menos luminosas y contaminantes lámparas de aceite.[3] Consistían en un recipiente de cerámica, vidrio o metal lleno con aceite vegetal, dentro del cual se embebía un pabilo de fibras retorcidas por las que el aceite ascendía por capilaridad. El principio de funcionamiento es similar —y probablemente les dio origen— al de las actuales velas y lámparas de kerosene. Las velas son los únicos artefactos portátiles de iluminación que han perdurado hasta nuestros días.

Figura 1. Lámpara de aceite de la antigüedad.

Puede argüirse que la iluminación no es una necesidad esencial, pero sin ella no es posible la realización normal de actividades nocturnas, sea dentro o fuera de la morada. Esta necesidad se hizo particularmente crítica, aún durante el día, cuando el hacinamiento de las viviendas en las ciudades industriales obstaculizó su iluminación directa por el sol. La iluminación de las calles también tuvo importantes consecuencias sociales, como señala un estudioso del tema:

> *Es imposible exagerar las repercusiones sociales de la instalación de faroles en las calles. Las vías públicas de las ciudades ya no se vaciaban al caer la noche, y, si bien el alumbrado nos las hacía del todo seguras, al menos animaba a la gente a salir sola o en grupo. La vida social salió ganando, por lo menos la de quienes disponían de tiempo libre para disfrutar de ella. Sin embargo, para otros el alumbrado de las calles, sólo prolongó la jornada laboral. Así, las tiendas permanecían abiertas hasta bien entrada la noche, y el número de horas de trabajo de sus empleados,*

---

* Este documento puede descargarse en formato pdf desde la ECyT-ar: http://cyt-ar.com.ar/cyt-ar/index.php/Archivo:Lámpara_eléctrica_-_análisis.pdf.

** Véase biografía en http://cyt-ar.com.ar/cyt-ar/index.php/Editor_ECyT-ar.

1 *Crónica de la Técnica*, p. 69.

2 *La vida cotidiana*, p. 255.

3 Ya se usaban en el antiguo Egipo, alrededor del 2.800 aC (*Crónica de la Técnica*, p. 25).

que antes concluían al caer la noche, se prolongaba hasta que ya no quedaban clientes potenciales en la calle.[4]

En 1813 se introdujo en Londres la iluminación artificial de calles y casas con lámparas alimentadas con gas metano obtenido del carbón mineral (hulla). El sistema pronto se generalizó a todas las grandes ciudades, únicas donde era económicamente viable el tendido de las redes de alimentación. La provisión de gas de alumbrado se transformó en una enorme industria y hacia 1859 había en Inglaterra cerca de un millar de fábricas.[5]

La eficiencia de la lámpara mejoró mucho cuando se eliminó la "llama abierta" al inventarse la *camisa*. Esta malla de fibras relocaliza la llama sobre su superficie de carbono recubierto de tierras raras, que por incandescencia aumenta significativamente la luminosidad. El invento ha llegado hasta nuestros días en las lámparas alimentadas por gas envasado (mayoritariamente consistente en propano) usadas en los lugares donde no hay provisión domiciliaria de electricidad.

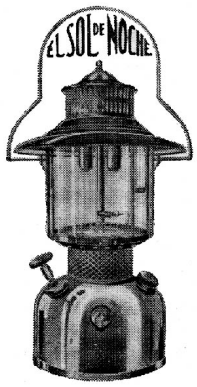


Figura 2. Lámpara de camisa El Sol de Noche.

Es razonable pensar que la lampara eléctrica fue una consecuencia del tendido de redes eléctricas; pero no sucedió así. Edison, el primer empresario que hizo de la innovación tecnológica un objetivo explícito y permanente,[6] fabricó en serie y vendió a pérdida sus lamparitas eléctricas, para promover sus empresas de generación y distribución de electricidad. Contrariamente a la creencia popular, Edison tampoco fue el inventor de la lamparita eléctrica, sino el empresario que comprendió sus posibilidades, la fabricó y la comercializó de modo masivo, proveyendo toda la infraestructura necesaria para la generalización de su uso. El inventor de la primera lámpara eléctrica incandescente fue el ingeniero británico Robert Grove, en 1840. La característica más importante del dispositivo era el encierro del filamento, hecho del metal precioso platino, en una cámara de la que se extraía el oxígeno para evitar el proceso de oxidación. El dispositivo era excesivamente costoso, difícil de construir y de corta vida. En 1846 Farthing desarrolló la máquina automática de soplado de vidrio que permitió fabricar de modo económico las ampolletas de vidrio que aislan el filamento del aire.[7] La primera lámpara práctica fue construida por Goebel usando filamentos de carbón.[8] El dispositivo alcanzó su forma final gracias a los aportes concurrentes de Edison y de Swan, el último de los cuales desarrolló un método para moldear filamentos de nitrocelulosa.[9]

---

[4] *La vida cotidiana*, p. 373.

[5] *Historia de la Tecnología*, pp. 736-749.

[6] *Edison hizo algo más que inventar, y fue dar al proceso de invención un carácter de producción en masa. La gente creía antes que los inventos eran golpes de suerte. Edison sacaba inventos por encargo y enseñó a la gente que no eran cuestión de fortuna ni de conciliábulo de cerebros. El genio, decía Edison, es un uno por ciento de inspiración y un noventa y nueve por ciento de transpiración.* (Isaac Asimov, Momentos Estelares de la Ciencia.)

[7] *Crónica de la Técnica*, p. 307.

[8] H. Goebel, Alemania, 1854; ver *Crónica de la Técnica*, p. 334.

[9] T. A. Edison utiliza en 1879 filamentos de algodón carbonizado, poco eficientes, pero pone a punto la técnica de fabricación masiva de lamparitas. Su asociación con Swan da origen a la actual empresa AEG. Ver *Crónica de la Técnica*, p. 405.

Edison debió quemar miles de lamparitas antes de encontrar la correcta combinación de formas y materiales que permitieran un producto durable: unas 1200 horas de vida útil para las de filamento de bambú. La fabricación requería unas 200 operaciones diferentes, y en 1881 su fábrica de Menlo Park, con 133 operarios, producía 1000 lamparitas diarias a un razonable costo de 1,21 dólares cada una. Edison las vendía a solamente 80 centavos, a fin de crear un mercado para este innovador producto.[10] El éxito pronto compensó su iniciativa y esfuerzo; en 1882 inauguró los sistemas de iluminación eléctrica pública de Londres, primero, y Nueva York, después. Pronto siguieron otras ciudades norteamericanas y europeas.[11] Se produjo entonces un crecimiento explosivo de los sistemas de generación y distribución de electricidad, y de la tecnología asociada, la Electrotecnia, pero esa es otra historia.

Con justicia, como se ve, la metáfora *se le prendió la lamparita* se ha convertido en la caracterización popular de la creatividad y el ingenio.

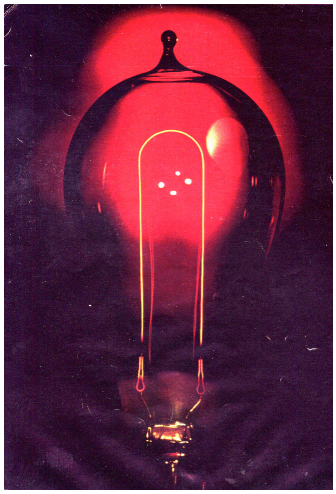


Figura 3. Una de las lámparas de Edison.

Cumplido ya su primer siglo de existencia, la lampara eléctrica de filamento incandescente ha llegado a nuestros días con una sola modificación de importancia. Ni siquiera la forma ha variado demasiado, ya que conserva el diseño inconfundible que originalmente le diera Edison como consecuencia de las técnicas tradicionales de moldeado del vidrio. La modificación fue el reemplazo del frágil filamento de carbón o nitrocelulosa por el de tungsteno. Esto fue posible gracias al desarrollo de un método de fabricación desarrollado por el inventor estadounidense Coolidge, en 1908. El tungsteno funde a 3380 C y tiene una gran resistencia mecánica, lo que permite aumentar su temperatura de funcionamiento y obtener luz más blanca y lámparas más resistentes al maltrato.

[10] Edison, p. 71.

[11] Crónica de la Técnica, p. 414.

Apariencia de una lámpara incandescente

Las lamparitas eléctricas incandescentes son bastante feas cuando están apagadas. En particular las incoloras donde se pueden ver los ramificados soportes del a veces despatarrado filamento. Si además está la rosca a la vista, tienen un aspecto bastante tosco. Al menos las opalescentes, al no mostrar su interior, tienen un toque de misterio. Mejora más todavía cuando tienen forma de vela o de perita, pero no hay muchas formas más por las limitaciones que impone la fragilidad del vidrio. Del tacto es mejor no hablar, son objetos poco amigables que o están helados o nos queman. Si fueran objetos desconocidos para el comprador, la única forma de venderlas sería no mostrarlas cuando están apagadas. Sin embargo, aunque su forma no nos guste, es inconfundible y no hay ningún objeto que se le parezca. Los otros tipos de lámparas (de mecha, de camisa, linternas, veladores a batería...), aunque cumplan la misma función son completamente diferentes.

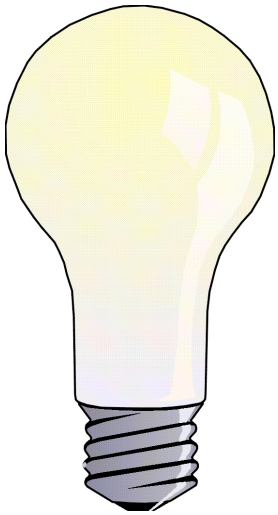
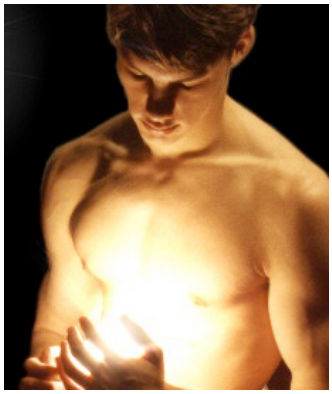


Figura 4. Lámpara eléctrica incandescente

Simbolismo

Todo cambia cuando las encendemos. Ejercen entonces la misma fascinación que lleva a la polilla a morir en la llama. Porque el encanto de la lámpara no está en sí misma sino en lo que genera: la luz. Esto hace más comprensible que un hombre eminentemente práctico como Edison les dedicara tanto esfuerzo y dinero. En aquella época, además, encender una lámpara debe haber sido casi mágico. En vez de tener que buscar fósforos, hallar el pico de combustible y encenderlo, para que recién entonces, si todo anduvo bien, brillara la luz, con la lamparita eléctrica bastaba tocar el interruptor con la punta del dedo.

Resulta entonces que no sólo importa la apariencia de las cosas, sino lo que simbolizan, que muchas veces es más importante que su valor práctico. Cuando entendemos algo, decimos que está *claro* (iluminado). Cuando tenemos una gran idea, la calificamos de *brillante* o decimos que tuvimos una *iluminación*. Si todo ha sido bien ordenado y explicado, decimos que *se hizo la luz*. Si, como se señaló antes, resolver un problema muy difícil equivale a que se nos *prenda la lamparita*, queda claro que ésta simboliza la fuente del saber.



Estructura y funcionamiento

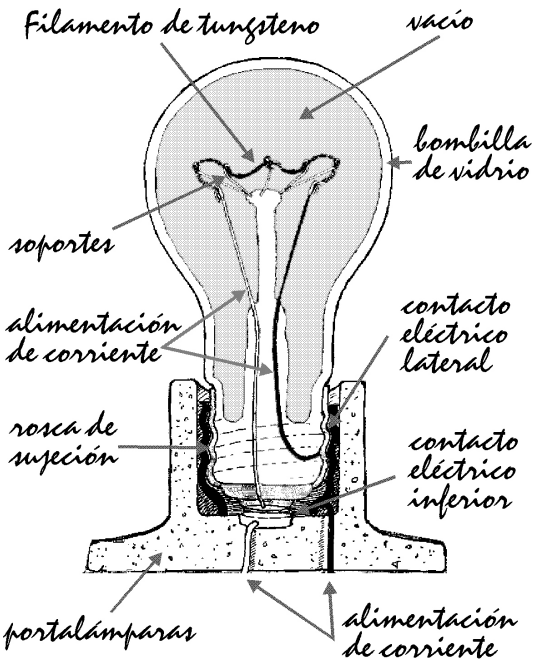


Figura 5. Estructura de la lámpara eléctrica de filamento incandescente.

La Figura 5 ilustra las partes principales de la lámpara eléctrica de filamento incandescente y su relación funcional.

1. Bombilla de vidrio: Contiene, en un ambiente de muy baja presión, al filamento con sus soportes y conexiones eléctricas. Un repliegue de la bombilla constituye el tubo cerrado en el cual se insertan los soportes del filamento. Por el interior de este tubo salen los conductores que alimentan al filamento con la corriente eléctrica.
2. Filamento de tungsteno: Es un doble arrollamiento espiral de tungsteno, cuyos extremos están conectados a la alimentación de corriente.
3. Soportes del filamento: Sujetan al filamento en varios puntos. Usualmente los soportes extremos son al mismo tiempo los conductores de corriente.
4. Rosca metálica: Está sujeta a la bombilla con un sello cerámico. Uno de los conductores de alimentación del filamento está soldado a esta rosca. Al mismo tiempo, permite sujetar la bombilla al portalámparas con buen contacto eléctrico.
5. Contacto eléctrico inferior: Mecánicamente sujeto a la rosca, pero eléctricamente aislado de ella, provee el segundo contacto eléctrico para la alimentación del filamento a través del portalámparas.

El vidrio de la bombilla debe ser resistente a los golpes y a las altas temperaturas. Ésto se logra mediante tratamientos superficiales apropiados, probablemente el enfriado por aire soplado, como en algunos vidrios para horno.

El filamento de tungsteno de una lámpara de 25 Watt consiste en unos 75 cm de alambre muy fino (aproximadamente una centésima de milímetro de diámetro) arrollado en forma de espiral con unas 3000 vueltas. Esta espiral es a su vez arrollada nuevamente en forma de espiral con unas 100 vueltas, conformando el filamento visible de la lámpara. Este proceso es uno de los de mayor complejidad técnica en la fabricación de la lámpara. Cuando circula la corriente eléctrica este filamento se calienta hasta el rojo blanco. Ésto se debe a la resistencia que el tungsteno opone a la circulación de los electrones, proceso disipativo de energía descripto por la ley de Ohm.[12] En presencia de oxígeno el tungsteno se oxidaría, lo cual produciría el aumento de la resistencia, el consiguiente incremento de temperatura y la fusión o va-

[12] Georg Simon Ohm, maestro de Colonia (Alemania), formuló en 1826 la ley que es la base de la Electrotecnia y que actualmente lleva su nombre. Formulada en términos modernos expresa: la intensidad de corriente I que circula por una resistencia R cuando se le aplica un voltaje V es $I = V/R$. La resistencia disipa en forma de calor la potencia $W = I^2 R$, fuente del aumento de temperatura.

porización del filamento. Por esta razón se llena primero la bombilla con gases inertes, como el nitrógeno y el argón, y luego se la evacúa a presión muy baja.[13]

La unión entre el conductor pasante y la bombilla debe estar totalmente sellada de manera que no ingrese aire del exterior. Ésto se logra mediante tratamientos especiales de la superficie del conductor. Los soportes deben ser firmes pero no completamente rígidos de modo de absorber la energía de golpes que podrían destruir el filamento.

Desde el punto de vista operativo, sólo se manipula la bombilla al colocarla en el portalámparas. A partir de ese momento sólo es necesario manipular el interruptor de la lámpara. No se requieren instrucciones de uso, por la sencillez de su operación. No hay diseño ergonómico ya que su tamaño permite manipularla con facilidad, sin necesidad de adaptar su forma al cuerpo humano.

Impacto cultural

Para analizar el impacto cultural de esta tecnología se puede usar la técnica de la tétrada desarrollada por MacLuhan y Bowers en *La Aldea Global*. Se basa en la idea, allí completamente desarrollada (pp. 26 y 171), de que

> *Las tecnologías poseen una estructura fundamentalmente lingüística. No sólo son como el lenguaje, sino que en su forma esencial son lenguaje, cuyo origen proviene de la capacidad del hombre de extenderse a sí mismo a través de sus sentidos hacia el medio que lo rodea.*[14]

La técnica consiste en someter al objeto tecnológico a los siguientes cuatro grandes interrogantes:

El uso de la lámpara eléctrica:

1. **¿qué crea o aumenta inicialmente?** Permite el uso del tiempo nocturno para el trabajo o la diversión, lo democratiza (bajo costo) y lo hace más seguro (circulación en las ciudades). Como efecto secundario aumenta y facilita la disponibilidad de energía a través de la electricidad inicialmente usada sólo para iluminación.
2. **¿qué disminuye o deja obsoleto?** En Inglaterra destruye la hasta entonces poderosa industria del gas de alumbrado (gas de coque). Hace borrosa la distinción entre el día y la noche.
3. **¿qué reintroduce, que antes estuvo en desuso?** Reintroduce el trabajo artesanal a domicilio, casi desaparecido al crearse las grandes fábricas, al proporcionar la iluminación necesaria y, por la concomitante generación de electricidad, fuentes de trabajo mecánico (motores eléctricos) y de accionamiento de todo tipo de dispositivos (computadoras, entre otros).
4. **¿cuando su uso se generaliza, que efectos se invierten o cambian?** Es la punta de lanza para la aplicación masiva de la electricidad. El resultado es un desmesurado crecimiento de la generación de electricidad (cuyo sinónimo cotidiano es *luz*), que amenaza gravemente al medio ambiente (efecto invernadero).

---

[13] *How things work*, p. 262.

[14] *La Aldea Global*, p. 16.

Obsolescencia de la lámpara de filamento

Una tecnología se hace obsoleta cuando se inventa otra que cumple la misma función con menor costo de fabricación o de operación (o sea, que tiene mayor eficiencia), o con funciones útiles adicionales a un costo similar. El problema de la lámpara incandescente no fue su costo de fabricación, que en grandes cantidades resultó ser muy bajo, sino su bajo rendimiento. La mayor parte de la energía consumida por una lámpara de filamento incandescente (más del 80%) sólo produce calor, no luz. Por esta razón la lámpara incandescente está siendo crecientemente reemplazada por otras mucho más eficientes: la lámpara fluorescente y el led. No se describirán aquí detalladamente los principios de funcionamiento de estas lámparas, totalmente diferente del de las incandescentes, sólo las ventajas que harán que reemplacen totalmente e las incandescentes en un futuro cercano.

Los tubos fluorescentes —que generan luz por excitación de electrones con campos eléctricos alternos— tienen una eficiencia unas cinco veces mayor que las incandescentes: un tubo de 20 Watt tiene una luminosidad equivalente a una lámpara incandescente de 100 Watt, proporcionando así la misma iluminación con 1/5 del gasto de electricidad. Los tubos fluorescentes se dieron a conocer en 1939 pero no reemplazaron totalmente a la lámpara incandescente porque su costo inicial, incluyendo la instalación de su soporte y balasto, era demasiado alto. Los primeros tubos medían 1 metro o más de largo, por lo que se usaron mayoritariamente sólo en ambientes grandes que requerían mucha iluminación, de modo que la inversión inicial podía amortizarse en un lapso razonable. En la década de 1990 aparecieron las primeras lámparas fluorescentes que podían enroscarse en un portalámparas común, sin necesidad de instalaciones especiales. Su costo era entonces diez o más veces superior al de una incandescente, inversión que sólo se recuperaba, por menor costo operativo, en mucho más de un año. Estos costos bajaron mucho en Argentina alrededor del 2008, cuando se hizo viable el reemplazo masivo de las lamparitas incandescentes.

El uso de las lámparas incandescentes tiene también un aspecto psicológico, el del color (rango de frecuencias) de la luz que emiten. Esta característica, también importante para las tomas de fotografías y filmaciones, es la que técnicamente se denomina *temperatura color*. El origen del nombre proviene del siguiente fenómeno físico: el color de un cuerpo incandescente depende de su temperatura. A bajas temperaturas un cuerpo caliente tiene color rojo; a medida que la temperatura aumenta el color se hace progresivamente anaranjado, amarillo, blanco y azul. La lámpara incandescente produce una luz cuyo color es levemente rojizo, por lo que produce una sensación psicológica de calidez (¿el recuerdo ancestral del fuego?). La luz emitida por los tubos fluorescentes —salvo los llamados *luz de día*, cuyo color externo es levemente rosado— tiene una tonalidad verde – azulada que produce una sensación psicológica de frialdad. Por esta razón todavía hay muchas personas que, tal vez inconscientemente, prefieren usar la lámpara incandescente incluso para usos comerciales donde su costo operativo es muy alto.

Los díodos luminiscentes, usualmente llamados *leds* (de la sigla inglesa de **l**ight **e**mitting **d**iode, díodo emisor de luz), tienen bajos costos de fabricación y operativo. El problema es su escaso tamaño e iluminación, que seguramente irá aumentando a medida que se perfeccionen su diseño y fabricación. Funciona bien con corrientes continuas y bajos voltajes, como los proporcionados por pilas o baterías comunes. Su costo operativo, a igualdad de intensidad luminosa, es aproximadamente

1/10 del de una lámpara incandescente y la mitad del de una fluorescente. Su desventaja es el escaso tamaño que hace necesario usar conjuntos de 20 o más leds para dar iluminación similar al de una lámpara incandescente de 25 Watt. Estos conjuntos ya se fabrican con transformadores y rectificadores incluidos en un dispositivo de tamaño similar a las lámparas incandescentes y fluorescentes de rosca, pero su costo en 2009 era casi 10 veces el de las fluorescentes. No generan calor, por lo que tienen óptimo rendimiento y son especialmente apropiados para lugares donde hay riesgo de tocarlas con la mano, como los veladores. Cuando se fabriquen en forma de superficies luminosas suficientemente extensas, reemplazarán con seguridad a todos los otros tipos de lámparas para la iluminación de ambientes.

Como ilustra el caso de la lámpara incandescente, los artefactos tecnológicos nacen, crecen y mueren en ciclos impulsados por las necesidades y deseos huma– nos, desarrollados por el esfuerzo de numerosos inventores y el afán de algunos empresarios, la mayoría de cuyos nombres son hoy casi desconocidos. Todas las obras de arte están firmadas por sus autores; injustamente, ninguno de los grandes inventos lo está.

Bibliografía

- *How Things Work: The Universal Encyclopedia of Machines*, Granada, Londres, 1972.
- *Crónica de la Técnica*, Plaza y Janés, Barcelona, 1989.
- N. J. G. Pounds, *La vida cotidiana: historia de la cultura material*, Editorial Crítica, Barcelona, 1992.
- T. K. Derry y Trevor I. Williams, *Historia de la Tecnología*, Siglo Veintiuno de España, Madrid, 1977.
- Fritz Vögtle, *Edison*, Salvat, Barcelona, 1985.
- Marshall MacLuhan y B. R. Bowers, *La Aldea Global*, Planeta Agostini, 1994.