



NATURALIS

BOLETÍN DEL DEPARTAMENTO DE
FÍSICA GENERAL Y QUÍMICA

No. 8

junio de 2007

DIVISIÓN DE CIENCIAS BÁSICAS



A 100 AÑOS DE LA LÁMPARA INCANDESCENTE (2ª Parte)

Martín Bárcenas Escobar (martin_b_e@yahoo.com.mx)

Departamento de Física General y Química, División de Ciencias Básicas,
Facultad de Ingeniería, UNAM.

Perfeccionamiento de los filamentos incandescentes.

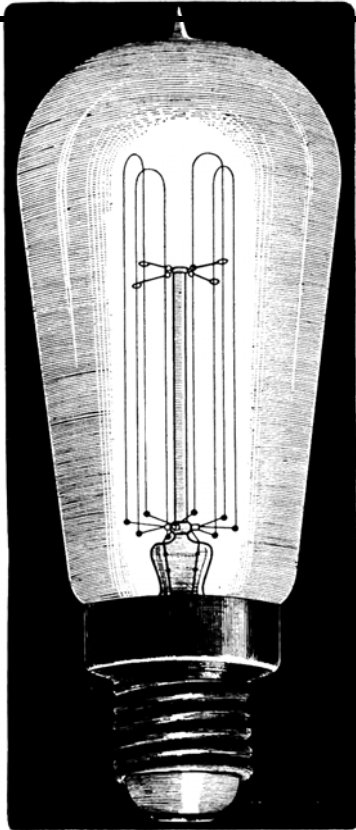
Como se mencionó en la parte primera, las lámparas incandescentes con filamentos de carbón llegaron a tener o ser una tecnología madura en los inicios del siglo 20. Sin embargo y a pesar de mejoras a través de los años, seguían teniendo vida útil corta y una luminosidad amarillenta, además de no tener una luz brillante y tener una eficiencia baja. La última mejora en los filamentos de carbón se debe a Willis Whitney, del laboratorio de investigación de General Electric en Schenectady, Nueva York. Alrededor de 1904 obtiene un filamento de carbón metalizado (GEM) que trabajaba a altas temperaturas y con una eficiencia de 4 [lm/W], la cual fue ampliamente comercializada por General Electric.

Dadas las desventajas de los filamentos de carbón los investigadores buscaron un filamento metálico que operase con temperaturas altas y tuviese baja evaporación. Se tenía la experiencia de Carl Auer von Welsbach, de Austria, que en 1898 había conseguido construir un filamento de osmio cuya eficiencia alcanzaba 5.5 [lm/W], pero era muy caro y de difícil manufactura. En 1902 Bolton y Feuerlein, de la compañía Siemens & Halske en Alemania,

habían conseguido elaborar filamentos de tantalio que eran más duraderos pero menos eficientes que los de osmio.

Aunque Edison había relegado al tungsteno, en la primera década del siglo 20, en Europa se habían conseguido fabricar y comercializar lámparas incandescentes con filamentos de tungsteno. Si bien eran lámparas frágiles y de difícil fabricación, tenían alta eficiencia (8 [lm/W]) y su luz era brillante. Los primeros filamentos de tungsteno se obtenían mediante la extrusión de una pasta de polvo de tungsteno; este proceso requería presiones de extrusión demasiado grandes. Los ingenieros de la compañía Westinghouse Electric consiguen mejorar los frágiles filamentos que se obtenían, mediante una técnica de extrusión continua. William David Coolidge (1873 - 1975) ingeniero y físico norteamericano conocido por la fabricación del tubo de rayos X, logra en 1910 en los laboratorios de investigación de General Electric un proceso de obtención de alambres de tungsteno mediante estampado y estirado. Como resultado los filamentos no son quebradizos y sí muy dúctiles, a diferencia de los primeros filamentos de tungsteno. La figura muestra una lámpara con filamentos rígidos de tungsteno.

Las lámparas con filamentos de Coolidge alcanzaban eficiencias de 10 [lm/W]. Un colega de éste, Irving Langmuir, descubre que enrollando los filamentos e introduciendo un gas en la ampolla de vidrio se consiguen mejorar la eficiencia y aumentar la vida útil de las lámparas incandescentes de General Electric. Hay que recordar que en sus inicios los filamentos incandescentes operaban en alto vacío, pero con el descubrimiento de Langmuir, a partir de la segunda década de 1900, las lámparas se rellenan con gases inertes como: argón, nitrógeno, xenón, kriptón o combinaciones de nitrógeno y argón. Los gases impiden que haya combinación del tungsteno con moléculas remanentes de oxígeno, alargando la vida útil al evitar la evaporación o la oxidación del material del filamento. Estos filamentos alcanzaban ya temperaturas de alrededor de 2700 [°C].



Lámpara incandescente con filamento de tungsteno.

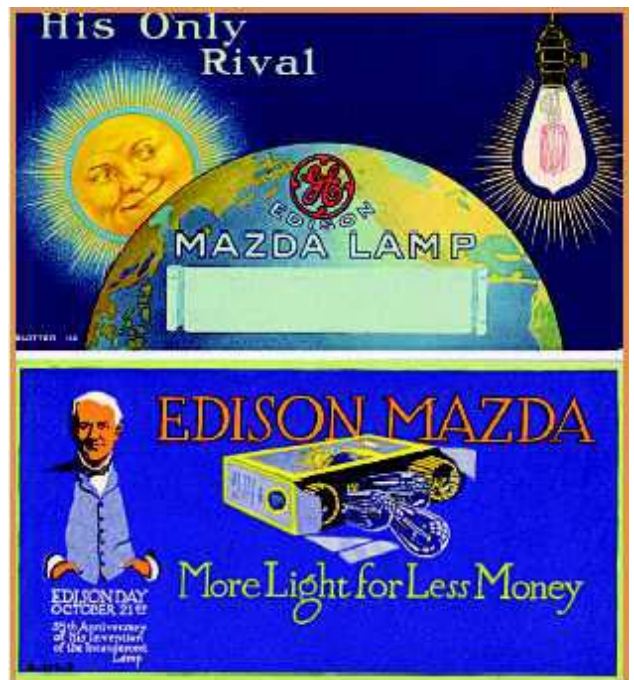
El Programa MAZDA de lámparas incandescentes

En los primeros años de la iluminación eléctrica cada fabricante fijaba estándares propios para la calidad, la manufactura y las características de sus lámparas. Esto resultó en un numeroso conjunto de lámparas, todas distintas en tamaño, luminosidad, bases y calidad. Aprovechando esta situación, General Electric, armado con sus filamentos dúctiles de tungsteno y una buena cantidad de patentes como sustento, lanza un plan para asegurarse ventajas comerciales y estandarizar los

proceso de fabricación y desarrollo de las lámparas incandescentes de toda la industria. Este plan se lanza a finales de 1909 y continuó exitosamente hasta después de la Segunda Guerra Mundial. El nombre con el que se bautizó fue MAZDA (Vea el recuadro Zoroastrismo).

General Electric recibió su marca registrada el 3 de mayo de 1910, de la oficina de patentes de Estados Unidos y la primera lámpara registrada con la marca MAZDA fue un diseño europeo con filamento no dúctil de tungsteno y tantalio, pero prontamente las sustituyó con lámparas que incorporaban los descubrimientos de Coolidge y de Langmuir, es decir con filamentos de tungsteno dúctiles.

Thomas A. Edison estuvo brevemente involucrado en la administración de General Electric, sin embargo su apellido fue extensivamente usado en el mercadeo y publicidad de las lámparas Mazda de General Electric, vea la publicidad en las figuras siguientes.



Hay muchos ejemplos del éxito y aceptación de las lámparas Mazda; por ejemplo, en 1912, Westinghouse obtuvo la licencia Mazda y la tecnología asociada. En ese mismo año hubo un acuerdo entre ambas compañías para combinar sus

desarrollos y manufacturas. En 1914, la compañía Tokio Electric de Japón producía 40 000 lámparas por día utilizando el filamento de tungsteno Mazda.

Durante las décadas de operación del plan Mazda, se desarrollaron y mejoraron enormemente las lámparas de filamento de tungsteno dúctil, se abatieron enormemente los costos de producción, pero el incremento en la eficiencia luminosa en realidad fue muy pequeño. Al mismo tiempo, formas alternativas de iluminación se desarrollaron alrededor del mundo. Por ejemplo las lámparas de descarga en gases, como el tubo de luz de neón que fue mostrado en Francia en el año de 1910 o los tubos de gas con capa interior de fósforo que fue desarrollado por Francia y Alemania al final de los años 20 del siglo pasado. General Electric y Westinghouse pusieron a la venta en 1939 tubos fluorescentes, y trabajaron en el desarrollo de lámparas de alta y baja presión de sodio, vapor de mercurio y metales halógenos. Como dato interesante General Electric ha renovado la licencia de su marca registrada Mazda desde el 3 de mayo de 1910 hasta el 6 de junio de 1990, esta última expiró en el año 2000.

Zoroastrismo

El zoroastrismo o religión mazdeísta atribuía la creación del mundo a Ahura Mazda, quien separó el cielo de la tierra y materializó las aguas, las plantas y los cuerpos celestes, aunque el mundo ya existía previamente en el estado espiritual. En un segundo momento se produjo la elección por los Espíritus Gemelos, entre el bien y el mal, la vida y la muerte.

Ahura Mazda es un gran dios, quien creó la tierra, el cielo, los hombres, la paz para los hombres, quien hizo rey a Darío, quien convirtió a uno en rey de muchos, en mandatario de muchos'. Zoroastro (o Zaratustra, como también se le conoce) fue el reformador del mazdeísmo primitivo

entre los antiguos pueblos bactrianos. Aunque se le ubica cronológicamente entre el año 628 y el 522 a.C. y se le hace incluso natural de una ciudad (Rages), el hecho cierto es que históricamente no está probada su existencia, sino que su biografía pertenece todavía al dominio de la leyenda, pues su figura estuvo indeleblemente unida a la vida religiosa del antiguo Irán.

De acuerdo con la ética mazdeísta, el destino del hombre dependía de la elección que éste hacía en cada momento, ya que aunque su lado material está gobernado por el hado, no ocurría lo mismo con su lado espiritual. Así, pues, el papel del hombre en la lucha cósmica era el de tener buenos pensamientos, hablar con buenas palabras y obrar buenas acciones. Aun así, el libre albedrío se encontraba limitado por la lucha ritual y permanente contra la impureza, proveniente de mil causas, por la presencia de los demonios amenazadores y por limitaciones de la sabiduría humana, que no siempre era capaz de luchar contra el hado, por lo que al final sobrevinía un cierto fatalismo.

Tomado de la serie de libros: "Historia de la Humanidad", tomo "Persas e Hititas". C. González, J. Martínez y S. Montero. MM Ediciones Credimar, S.L., Barcelona. Páginas 30-31.

REFERENCIAS.

- a) Carl Sulzberger, "A bright & profitable idea, four decades of Mazda incandescent lamps" IEEE Power & Energy Magazine, Vol. 4, N. 3, May/June 2006.
- b) "Lighting a Revolution," Smithsonian Institution [Online]. Available: <http://www.americanhistory.si.edu/lighting>
- c) "The Antique Christmas Light Site" [Online]. Available: http://www.oldchristmaslights.com/the_mazda_lamp_story.htm
- d) <http://edison.upc.edu/curs/llum/lamparas/lincan.html>

ÓLEO SOBRE CIENCIA.

I. ¿CUÁNTO VALE UN TRABAJO CIENTÍFICO?

Gerardo Pacheco Hernández (gepahe@hotmail.com)

Jefe de Sección Académica de Termodinámica en el Departamento de Física General y Química, División de Ciencias Básicas, Facultad de Ingeniería, UNAM.

En ingeniería es común enfrentarse a la realización de un experimento, a la redacción de un informe de los datos obtenidos en éste o al análisis de datos experimentales y teorías ya formuladas. En cualquiera de estos casos cabe preguntarse: ¿cómo saber si un trabajo científico es bueno o malo? O más aún, ¿qué significa que un trabajo científico tenga valor?

Cuando se requiere juzgar la calidad o el valor de determinado trabajo de investigación se recurre a la aplicación de numerosos criterios, heterogéneos e independientes, entre los que se encuentran:¹

- *Verdad o falsedad.* Es el criterio esencial. La meta básica de la ciencia es la creación de un modelo teórico cuantitativo y lógico del universo. Si una ley o teoría concuerda con los hechos, se le considera *verdadera*, al menos provisionalmente. Si hay alguna discordancia se le considera falsa y, por tanto, inaceptable.
- *Coherencia lógica.* Es indispensable en el desarrollo de la discusión teórica. La idea de que la ciencia es un conjunto sistemático y organizado de conocimientos fue expuesta por Platón y Aristóteles.² Todos los trabajos científicos encierran argumentos e inferencias que deben acatar los preceptos de la

lógica. La argumentación es a menudo deductiva, pero con mayor frecuencia inductiva, pero en realidad no existen cánones precisos para la inducción, a no ser en la matemática.

En la ciencia a menudo se siguen pasos ilógicos, pero es preciso que dichos pasos no incluyan procesos ilógicos y argumentos inaceptables. La inaceptabilidad es a veces ostensible, pero es más común que esté oculta y que se deba a la aceptación implícita de hipótesis tácitas que son inaceptables como premisas.

- *Claridad.* Evita la oscuridad y la confusión en la formulación del problema y en la de la solución que se le propone. Se exige *claridad* porque revela la agudeza y precisión analíticas del autor y porque con ella se facilita la transmisión del conocimiento. Además; la definición precisa de los términos y la medida exacta de las magnitudes son de la mayor importancia.³ Existe una correlación íntima entre la solidez de un argumento y la *nitidez* de su formulación. Mientras mayor sea la confusión verbal, mayor el margen de ambigüedad, y la ambigüedad es un refugio para la ignorancia, inadmisibles en la ciencia. Cualquier confrontación de una teoría con los hechos encierra un margen de error, y mientras más amplio sea este margen, menos

admisible es la teoría. A mayor ambigüedad, mayor el margen de error.

- *Sencillez*. Calidadpreciada en un trabajo científico, sobre todo en la presentación y argumentación. Toda ciencia debe empezar por aislar el fenómeno a conocer, pero siempre es importante determinar qué características del ambiente guardan o no relación con el modo de obrar del fenómeno investigado.²

Una teoría es sencilla cuando recurre a relativamente pocas hipótesis básicas para su elaboración y cuando las hipótesis subsidiarias son sólo las indispensables. Los hechos son sencillos sólo excepcionalmente. En general incluyen numerosas variables que participan en mayor o menor grado en los fenómenos estudiados; por eso, una de las labores del científico es eliminar o minimizar el papel de algunas de estas variables hasta reducir los fenómenos a situaciones controlables y medibles. La separación de sistemas complejos en categorías más simples que pueden estudiarse más fácilmente, constituye uno de los mayores éxitos de la ciencia.³

- *Importancia o banalidad*. El criterio para esta valoración es impreciso. La importancia se juzga habitualmente por la *generalidad* y la *fertilidad* de la teoría. La trascendencia de un trabajo aumenta en la medida que sugiere nuevos experimentos y desarrollos ulteriores del conocimiento de los fenómenos estudiados. Los filósofos, desde Bacon y Descartes hasta Locke y Kant^(a) coincidían por completo con los

físicos, desde Galileo y Newton hasta Lavoisier y Laplace^(b), en que el ideal de la ciencia debía ser establecer teorías con forma matemática que estuvieran basadas en leyes generales.⁴

- *Bueno o malo*. La física de Newton^(b) es un ejemplo brillante de la buena ciencia. Desde el siglo XVII, la posibilidad de obtener comprobaciones y predicciones exactas era la “prueba de la bondad” de una explicación científica;⁴ no obstante, es éste un criterio hartoheterogéneo, a grado tal que paradójicamente ha habido trabajos buenos cuyas conclusiones han sido demostradas como falsas y hay estudios malos que han sido comprobados y verificados adecuadamente. Los estudios buenos deben reunir varias características deseadas como *generalidad, claridad, sencillez* y otras. Los malos son los que exhiben una o más de las características opuestas.

Hay muchos ejemplos de trabajos malos pero acertados y que tuvieron importancia porque constituyeron el punto de partida de ulteriores estudios provechosos. Empezando con bases teóricas inadecuadas y realizando experimentos con técnica mediocre se puede con suerte llegar a conclusiones que abran campos nuevos de investigación. Un trabajo así será históricamente trascendente, influirá en el desarrollo de una ciencia, pero intrínsecamente será siempre malo.

- *Criterios estéticos*. A menudo puede decirse que un método o argumento es *elegante* o que una

teoría es *bella*. Estos juicios se aplican tanto a trabajos científicos experimentales o teóricos, como a estudios matemáticos puramente abstractos. Al hablar de un aspecto estético de los trabajos científicos o matemáticos no sólo se usa esta expresión con la afinidad distante que tiene cuando se aplica a las obras de arte, sino que también la empleamos en su sentido riguroso y comprensivo. Cuando decimos, por ejemplo, que las ecuaciones de Maxwell^(c) para las ondas electromagnéticas son una de las creaciones más bellas de la física teórica, significa que nos provocan una emoción estética en todo comparable a la que experimentamos cuando oímos la *Novena sinfonía* de Shostakovich^(d), contemplamos *La creación de las aves* de Remedios Varo, vemos bailar al Taller



Remedios Varo, *Creación de las aves*, 1959⁵

Coreográfico de la UNAM, o leemos

Pedro Páramo de Juan Rulfo. El aspecto estético no es incidental, la ciencia no sólo debe aspirar a la verdad, sino también a la belleza.¹

En la medida en que un trabajo científico cumpla con estos criterios de forma satisfactoria será *válido*, esto es, *conveniente*, *útil* y digno de ser tomado en cuenta.

NOTAS

La pronunciación es:

- (a) beicon (Bacon), decárt (Descartes), loc (Locke), cant (Kant).
- (b) galileo (Galileo), niuton (Newton), lavuaisié (Lavoisier) y laplas (Laplace).
- (c) maxgüel (Maxwell).
- (d) chostacóvich (Shostakovich).

REFERENCIAS.

1. Arturo Rosenblueth. "La estética de la ciencia". *Memoria del Colegio Nacional*. No.3. México. 1958. pp. 15-24.
2. Howard Selsam. *Qué es la filosofía*. México. Quinto Sol. 1999. pp. 96-100.
3. Paul A. Tipler. *Física para la ciencia y la tecnología*. V-I. 4ª ed., México. Reverté. 2004. pp. 1-2.
4. Ana Barahona, Edna Suárez y Sergio Martínez (comps.). *Filosofía e historia de la biología*. México. UNAM. 2004. pp. 279-280.
5. <http://www.ed.uiuc.edu/courses/EdPsy387-Sp95/Steven-Clark/project/Varo/Varo.html>

***Algo he aprendido en mi larga vida:
que toda nuestra ciencia,
contrastada con la realidad,
es primitiva y pueril; y, sin embargo,
es lo más valioso que tenemos.***

Albert Einstein

LA MINERÍA

Alfredo Velásquez Márquez (velasquez4@yahoo.com)

Profesor de Carrera, Asoc. B en el Área de Química en el Departamento de Física General y Química, División de Ciencias Básicas, Facultad de Ingeniería, UNAM.

La minería es una de las actividades humanas de mayor importancia económica a nivel mundial. Actualmente y en un sentido amplio, la minería implica obtener de la corteza terrestre, minerales u otros materiales, sean sólidos, líquidos o gaseosos; no obstante, se podría decir que los inicios de la minería se remontan muchos siglos atrás, cuando los primeros seres humanos recolectaban ciertos tipos de rocas para tallarlas y fabricar con ellas herramientas.

Para obtener los materiales deseados, la minería emplea básicamente cuatro tipos de procesos que son:

- Explotaciones a cielo abierto, también llamadas minas abiertas, en éstas, se incluye la inmensa mayoría



de las minas de todo el mundo y de ellas se obtiene principalmente arcilla, arena, grava, granito, piedra caliza.

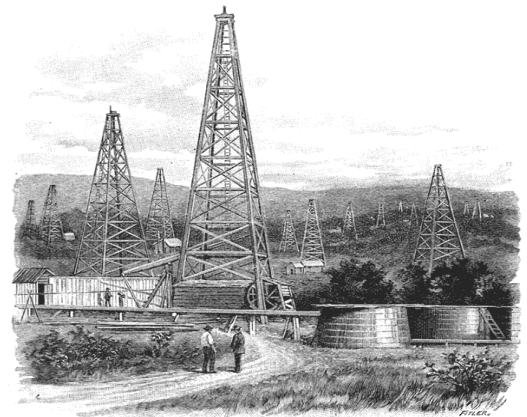
- Explotaciones subterráneas, también llamadas minas subterráneas, solo se puede acceder a ellas a través de galerías o túneles, para obtener diversos minerales metálicos como el aluminio (de la bauxita), el hierro (de la hematita y de la limonita), el oro, la plata, el titanio, el plomo (de la galena), la blenda, el cobre (de la calcopirita y de la bornita), el platino,

el uranio, el manganeso, el magnesio, el níquel y el cinc; y minerales no metálicos como el carbón, los diamantes, el fosfato, la sal, el boro y el azufre. En



Swazilandia, África se encontró la "cueva agus", que tiene una antigüedad de 50000 años, donde los hombres paleolíticos obtenían hematita un mineral con el que probablemente producían pigmentos de color ocre debido a su contenido de hierro.

- Explotación de pozos, implica necesariamente la perforación de la corteza terrestre para extraer del



subsuelo el producto deseado que puede estar en fase líquida o gaseosa. El producto más conocido de este tipo de explotación es el petróleo, cuya importancia económica a nivel mundial es tan grande que ha sido causa de enfrentamientos armados entre diferentes naciones. Actualmente, en México, el gas natural empieza a adquirir gran importancia como

energético ya que en el país se tiene una gran reserva natural de éste y puede ser explotada en beneficio de la economía nacional.

- Explotación submarina o dragado. Es el método más barato para la extracción de minerales e implica la recuperación de sedimentos poco compactos, empleando dragas (tubos de succión con cabezales de



corte situados en la punta). Este tipo de explotación es de reciente creación y se emplea principalmente en aguas poco profundas (hasta 65-70 [m]), para obtener áridos, diamantes y oro; sin embargo, ya se ha diseñado y probado la tecnología para realizar actividades mineras en fondos marinos profundos (hasta 3000 [m]) donde existen los llamados nódulos de manganeso por ser éste el principal metal que contienen, pero también hay cantidades significativas de otros metales, entre ellos cobre y níquel.

En la actualidad, no se puede concebir la sociedad moderna sin la industria minera, ya que de una forma u otra, prácticamente todos los materiales empleados actualmente en nuestra sociedad, son obtenidos directa o indirectamente de los productos de la minería; incluso actividades, tan aparentemente ajenas, como la agricultura o la pesca, necesitan de abonos, maquinaria, combustibles, anzuelos o redes que se obtienen de

los productos de la minería. Por ello es importante contar con excelentes procesos de explotación, y ello implica que sean económicamente rentables, que no exista sobre explotación de los recursos y que se mantenga o recupere un equilibrio con el medio ambiente. Para ello, se requieren ingenieros en minas altamente calificados que sean capaces de prever los daños que se pudieran ocasionar al medio ambiente para minimizarlos durante la explotación y que al término de ésta pueda recuperarse lo más posible el medio ambiente original.

REFERENCIAS.

La información empleada en este artículo se obtuvo de diferentes sitios de Internet, entre ellos:

http://www.ucm.es/info/crismine/Geologia_Minera/Historia_%20Mineria.htm

<http://mineria.ecoportal.net/>

http://www.isa.org.jm/en/publications/IA_SPA/A4_SPA.pdf

<http://html.rincondelvago.com/extraccion-minera-de-recursos-marinos.html>

<http://usuarios.lycos.es/edea/2004/numero11/cielo.htm>

http://html.rincondelvago.com/mineria_5.html

Las imágenes se obtuvieron de las direcciones electrónicas siguientes:

(Fotografía de mina a cielo abierto)
http://mx.encarta.msn.com/media_461530917_761575410_-1_1/Maquinaria_de_mineria.html

(Fotografía de mina subterránea)
http://mx.encarta.msn.com/media_461530931_761575410_-1_1/Galeria_en_una_mina.html

(Dibujo de pozo petrolero)
www.gutenberg.org/files/12228/12228-h/12228-h.htm

(Fotografía de draga)
http://www.vmi-dredges.com/indice_espanol.html

<http://dcb.fi-c.unam.mx/boletines/Fisica/index.phtml>

naturalis777@yahoo.com.mx