



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN**

**FUENTES DE LUZ
(CONSTRUCCION, CARACTERISTICAS Y APLICACIÓN)**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

**PRESENTA:
JESUS PEDROZA CORONA**

ASESOR: ING. FRANCISCO GUTIERREZ SANTOS



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

“Agradezco tener la oportunidad de presentar este trabajo a la gente que me ha impulsado y así poder recompensar la confianza, el respeto y el cariño brindado hacia mi. Gracias papá, mamá e hija”

INDICE

	PAGINA
1. TITULO.....	1
2. OBJETIVO.....	1
3. RESUMEN.....	2
4. DESARROLLO DEL TEMA.....	6
4.1 INTRODUCCION.....	7
4.1.1 LA LUZ.....	8
4.1.2 FUNDAMENTOS.....	9
4.1.3 GENERACIÓN DE LUZ.....	17
4.1.4 BREVE HISTORIA DE LAS FUENTES DE LUZ.....	18
4.2 LAMPARAS INCANDESCENTES.....	23
4.2.1 EL FILAMENTO INCANDESCENTE.....	24
4.2.2 CONSTRUCCIÓN DE LA LÁMPARA INCANDESCENTE.....	25
4.2.3 LA LÁMPARA DE TUNGSTENO-HALÓGENO.....	36
4.2.4 CLASIFICACIÓN DE LAMPARAS INCANDESCENTES Y TUNGSTENO- HALÓGENO.....	45
4.2.5 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LÁMPARAS INCANDESCENTES.....	52
4.3 LAMPARAS FLUORESCENTES.....	53
4.3.1 TEORIA DE FUNCIONAMIENTO.....	54
4.3.2 CONSTRUCCIÓN DE LA LÁMPARA FLUORESCENTE.....	56
4.3.3 FAMILIAS DE LÁMPARAS FLUORESCENTES COMUNES.....	63
4.3.4 PARÁMETROS DE DISEÑO.....	72
4.3.5 OPERACIÓN DE LA LÁMPARA Y EQUIPO AUXILIAR.....	81
4.4 LÁMPARAS DE DESCARGA DE ALTA INTENSIDAD.....	92
4.4.1 LÁMPARAS DE DESCARGA DE ALTA INTENSIDAD.....	93
4.4.2 CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE LAS LÁMPARAS HID.....	94
4.4.3 ENCENDIDO DE LA LAMPARA HID.....	96
4.4.4 LÁMPARAS DE MERCURIO.....	100
4.4.5 LÁMPARAS DE ADITIVOS METÁLICOS.....	102
4.4.6 LÁMPARAS DE VAPOR DE SODIO DE ALTA PRESIÓN.....	108

4.4.7	LA VIDA DE LAS LÁMPARAS Y SU DEPRECIACIÓN DE LUMENES.....	111
4.4.8	EQUIPO AUXILIAR.....	118
4.4.9	OTRAS LÁMPARAS DE DESCARGA.....	119
4.5	DIODO EMISOR DE LUZ (LED).....	123
4.5.1	LED (DIODO EMISOR DE LUZ).....	124
4.5.2	CONSTRUCCIÓN DE UN DIODO EMISOR DE LUZ.....	125
4.5.3	FUNCIONAMIENTO FÍSICO DE UN LED.....	128
4.5.4	VENTAJAS QUE OFRECEN LOS DISPOSITIVOS LED´s.....	132
4.5.5	BENEFICIOS EN EL USO DE LED´s.....	133
5.	RESULTADOS.....	134
6.	DISCUSIONES.....	151
7.	CONCLUSIONES.....	152
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	153

1. TITULO:

FUENTES DE LUZ
(CONSTRUCCIÓN, CARACTERISTICAS Y APLICACIÓN)

2. OBJETIVO:

“Dar a conocer las diferentes fuentes de luz artificiales, explicando su construcción, características y aplicación”

3. RESUMEN

Lámparas incandescentes.

Thomas A. Edison inventó la lámpara incandescente en 1879, o para ser más precisos, el relojero alemán Johann Heinrich Goebel la inventó en 1854 y Thomas A. Edison la desarrolló como un producto utilizable y la patentó.

Por muchos años la luz artificial se sostuvo por un delicado hilo de carbón, de hecho en 1905, OSRAM reemplazó este hilo carbonizado por un filamento de metal mucho más resistente.

Desde 1905, las lámparas han presentado un continuo proceso de mejoramiento, nuevas formas de generar luz se han inventado y se han usado nuevos materiales. Las recientes innovaciones han sido realizadas con 3 objetivos principales, que son: aumento de eficacia, tamaños compactos y productos que no contaminan y cuiden nuestro medio ambiente (productos ecológicos).

Luz y vida de la lámpara.

Este tipo de lámpara consiste en un bulbo sellado al vacío y llenado con gases, en el cual se encuentra un filamento de tungsteno a través del cual circula corriente eléctrica que lleva dicho filamento a un estado incandescente. Del total de la energía consumida por la lámpara, el 5% es transformada en luz. Conforme la temperatura del filamento aumenta, la cantidad de luz y su color también lo hacen; mientras que la vida de la lámpara disminuye debido a que el filamento se evapora más rápido a altas temperaturas.

Las primeras lámparas incandescentes con hilo de carbón tenían un rendimiento de luz de 1.7 lúmenes por watt. Hoy en día las lámparas incandescentes tienen un rendimiento hasta ocho veces mayor.

Además, se cuentan con una extensa variedad de formas especiales diseñadas para distintas áreas de iluminación y continuamente se desarrollan nuevos productos de características especiales.

Lámparas de halógeno.

Con su luz brillante y una luminosidad más alta, las cosas simplemente se ven mejor, esto se logra al adicionar halógenos a las lámparas incandescentes convencionales, convirtiéndose en lámparas de halógeno.

Las lámparas de halógeno proveen una luminosidad hasta 100% más alta que las lámparas incandescentes convencionales y crean efectos fascinantes en los objetos iluminados.

Debido a que las lámparas son tan compactas y a su amplia variedad, estas ofrecen enormes posibilidades para la iluminación creativa, adicionalmente la duración de este tipo de lámpara es de hasta cuatro veces mas que el de una lámpara incandescente convencional.

El ciclo halógeno.

El bulbo de cristal de una lámpara de halógeno siempre permanece claro, gracias al halógeno en el gas de relleno. El halógeno impide que el tungsteno vaporizado sea depositado en la parte inferior del bulbo, mediante la combinación del halógeno con el tungsteno. Cuando estos elementos gaseosos se mezclan, se desplazan al filamento que se encuentra en estado de incandescencia, el tungsteno es redepositado sobre el filamento. Los compuestos de halógeno quedan libres al separarse para seguir en este proceso que se reconoce como el ciclo halógeno.

Lamparas fluorescentes.

Son lamparas de descarga de vapor de mercurio a baja presión. Una corriente se hace pasar a través del vapor de mercurio, en el tubo de vidrio, provocando que esta emita una radiación ultravioleta. Los fósforos contenidos en la pared interior del tubo convierten la radiación UV en luz visible. Diferentes fósforos dan como resultado diversas apariencias de color. El balastro provee la cantidad de corriente necesaria a la lámpara.

Las lamparas fluorescentes consumen solo la quinta parte de la energía que consume una incandescente. La vida de las lamparas fluorescentes puede alcanzar hasta 100 mil horas en las lamparas de inducción, mientras que una incandescente dura solo mil horas.

Lamparas fluorescentes compactas.

Brindan una excelente luz, ahorran energía y lucen magnificas. Consumen mucho menos energía que las lamparas incandescentes convencionales, duran mucho más y pueden reemplazar casi cualquier lámpara incandescente común, debido a que son de tamaño compacto.

Con respecto a su economía, duran hasta 15 veces lo que dura una lámpara incandescente común y consumirán alrededor de 80% menos energía, brindando la misma cantidad de luz.

Las lamparas fluorescentes compactas son una brillante alternativa económica para sustituir a las lamparas incandescentes convencionales, reducen costo de energía hasta en unos 80% comparadas con las lamparas incandescentes de la misma luminosidad, con una duración hasta 15 veces mayor.

Lamparas de descarga de alta intensidad.

Las lamparas de descarga de alta intensidad, son mucho mas eficientes que las lámparas incandescentes, debido a que producen luz con mucho menos perdidas por radiación infrarroja. Así mismo, el flujo luminoso es extremadamente alto para el espacio en el cual se genera.

Las lamparas de descarga de alta intensidad identificadas en ingles con las siglas HID (High Intensity Discharge), la luz se produce al paso de una corriente eléctrica a través de vapor de gas bajo presión, en vez de hacerlo a través de un filamento de tungsteno como en las lámparas incandescentes.

Lamparas de mercurio. Construidas a base de de bombillas, una interior, la cual es el tubo de descarga en el cual esta contenido el arco, vapor de mercurio, los electrodos y una pequeña cantidad de gas argón; esta fabricado de cuarzo. Una exterior, llenad de nitrógeno y en donde contiene el marco de montaje para el tubo de arco.

Al pasar la corriente por el tubo de arco, se ioniza el gas y el vapor, creándose el arco que da pie a la producción de luz.

Lamparas de aditivos metálicos. Es la fuente más blanca y eficiente hoy en día. Estas lamparas con una construcción similar a lamparas de vapor de mercurio, además de contar con un tubo de arco mas pequeño, se les adiciona yoduros metálicos, que son los responsables de su excelente comportamiento, siendo su funcionamiento similar a lamparas de vapor de mercurio.

Lamparas de sodio. Son las lamparas mas eficientes que existen, aunque su rendimiento de temperatura y su IRC no es del todo agradable, usan vapor de sodio en lugar de vapor de mercurio y el tubo de arco de estas lamparas tiene características especiales, su funcionamiento es similar, aunque su encendido varía, debido al uso de sodio.

LED's

Como trabaja un LED.

Un LED (diodo emisor de luz), se encuentra formado de varias capas de de material semiconductor. Si el diodo es operado en dirección correcta, la luz que genera en una de estas delgadas capas, llamada la capa activa. En contraste con las lamparas incandescentes, las cuales producen un espectro continuo, un LED emite luz de un color particular. El color de la luz depende del material usado.

Diodos emisores de luz.

Los diodos emisores de luz son semiconductores que convierten la corriente eléctrica directamente en luz. Con solo unos pocos milímetros de largo, los led's son una valiosa alternativa para reemplazar fuentes de iluminación convencionales en muchas aplicaciones de iluminación general y también abren un mundo de oportunidades para nuevas ideas creativas y soluciones de iluminación.

Los innovadores módulos de led's se utilizan cada vez más en aplicaciones de iluminación general. Comparados con las fuentes de luz convencionales tienen considerables ventajas:

- Tamaño pequeño.
- Alta resistencia a la ruptura.
- Larga vida de servicio.
- Ahorro de energía.
- Operación confiable a bajas temperaturas (-30° C)
- Brillante saturación de color.
- No se deterioran por la frecuencia de apagado/encendido.
- Encendido instantáneo.
- Amplia paleta de colores.

Estas propiedades y características representan grandes beneficios para los usuarios de los módulos de led's.

Opciones de diseño innovadoras, gracias a la variedad de colores disponibles, sus dimensiones compactas y versatilidad de módulos.

Altos niveles de economía, gracias a su bajo consumo de energía y a su larga vida, asociada con un bajo costo de mantenimiento.

Máxima seguridad, gracias a su confiabilidad aun en condiciones adversas.

4. DESARROLLO DEL TEMA.

4.1 INTRODUCCION



Dijo Dios: "Haya luz", y hubo luz. Vio Dios que la luz estaba bien, y separó Dios la luz de las tinieblas. Llamó Dios a la luz "día", y a las tinieblas llamó "noche". Y atardeció y amaneció el día primero.

Genesis 1:1

4.1.1 LA LUZ.

Teorías.

El afán de entender la naturaleza de la luz ha llevado a seres humanos curiosos a indagar desde los secretos más escondidos del átomo hasta los más lejanos lugares del universo.

Para propósitos de ingeniería de iluminación se define la luz como energía radiante que es capaz de excitar la retina humana y crear una sensación visual.

En la física cuántica, la luz es definida en termino de relativa eficacia que se encuentra a lo largo del espectro magnético entre 380 y 780 nm. Visualmente hay algunas variaciones individuales de eficacia dentro de estos límites.

Existen teorías a lo largo de tiempo las cuales de primera instancia son basadas en la observación y van desde la idea de que la luz era radiada de los ojos y al ser dirigida en alguna dirección chocaba contra algún objeto y daba la sensación visual. Esta fue desmentida por Aristóteles cuando cuestiono porqué no podíamos ver en la oscuridad. Desde entonces varias teorías se han desarrollado alternativamente desde el punto de vista físico y consideran a la luz como una transferencia de energía de un lugar a otro. Algunas teorías son enunciadas a continuación.

Teoría corpuscular. (Sir Isaac Newton 1642-1727) basada en el movimiento de las partículas, emitidas por un cuerpo luminoso en líneas rectas y que actúan sobre el ojo produciendo una sensación visual.

Teoría ondulatoria. (Christian Huygens 1629-1695) basada en que la luz el transmitida por vibraciones de los átomos de un cuerpo luminoso en forma de ondas y que actúan sobre la retina produciendo una sensación visual.

Teoría electromagnética. (James Clark Maxwell 1831-1879) basada en el principio de que un cuerpo luminoso emite luz en forma de energía radiante, la cual es propaganda en forma de ondas electromagnéticas que actúan sobre la retina y dan una sensación visual.

Teoría cuántica. (Max Planck) fue una moderna forma de la teoría corpuscular que se basa en que la energía es emitida y absorbida en discretos cuantos (fotones). La magnitud de cada cuanto, Q

es determinada por el producto de h y ν , donde h es 6.626×10^{-34} J·s (constante de Planck), ν es la frecuencia de la vibración del fotón en Hz. Y Q es la energía en Joules.

Esta teoría nos indica la cantidad de cada cuanto, también dice que la energía incrementa con la frecuencia.

Teoría unificada. La teoría propuesta por Louis de Broglie y Werner Heisenberg nos dice que por medio de una ecuación se puede conocer la longitud de onda de cada elemento asociado con la masa y que es imposible determinar simultáneamente todas las propiedades en las que son distintas las ondas o corpúsculos.

Las teorías de onda electromagnética y cuántica dan una explicación de aquellas características de energía radiante que conciernen a la ingeniería de iluminación. Si la luz es considerada como una onda o un fotón esto es una radiación que es producida por un proceso electrónico en el que un cuerpo incandescente, una descarga de gas o un dispositivo de estado-sólido excitan sus electrones y cambian de posición liberando energía.

4.1.2 FUNDAMENTOS.

Espectro de energía.

El universo por doquier se encuentra rodeado por Ondas Electromagnéticas de diversas longitudes. La teoría de onda permite una representación gráfica conveniente, en un arreglo ordenado de acuerdo a la longitud de onda y su frecuencia. Este arreglo se llama espectro. Este es útil para indicar la relación entre varias regiones de longitud de onda de energía radiante. El espectro de energía radiante tiene rango que va de 10^{-10} a 10^5 m. el Angstrom Å (10^{-10} m), nanómetro nm (10^{-9} m) y el micrómetro μ m (10^{-6} m) son unidades de longitud en la región visible del espectro. El nanómetro es la unidad preferida en la región UV del espectro. El micrómetro se usa en la región IR del espectro. La luz es la porción de este espectro que estimula la retina del ojo humano permitiendo la percepción de los colores. Esta región de las ondas electromagnéticas se llama Espectro Visible y ocupa una banda muy estrecha de este espectro.

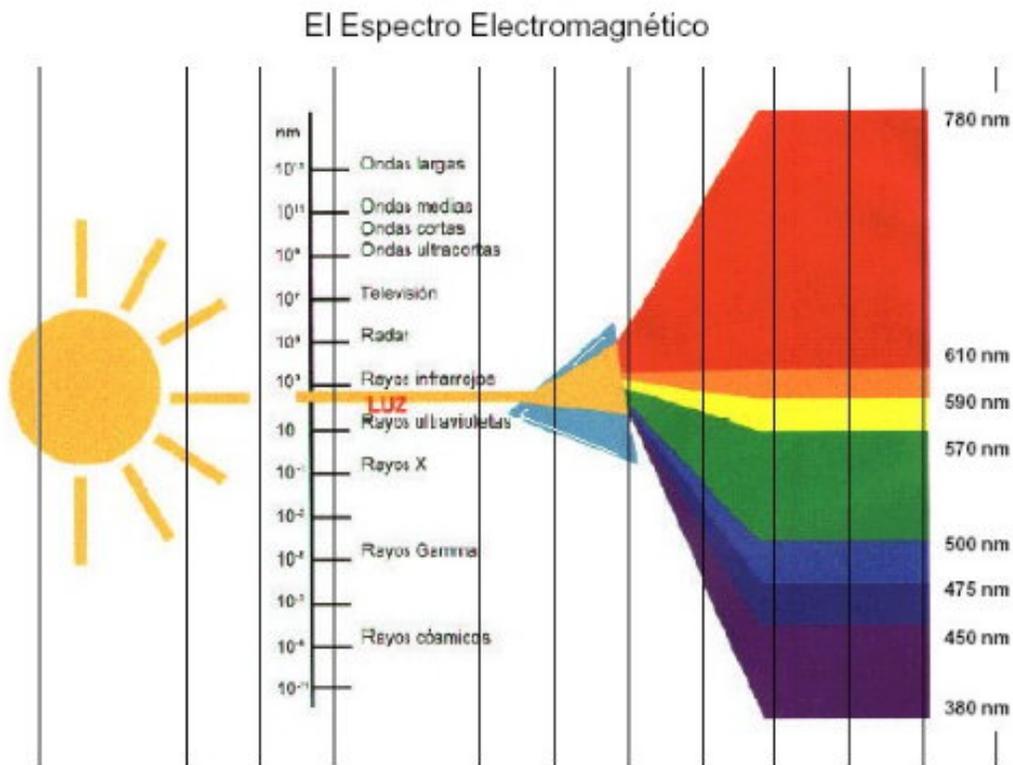
En ingeniería de iluminación tienen una particular importancia las tres regiones del espectro de energía radiante que son:

Región visible.

Región UV.

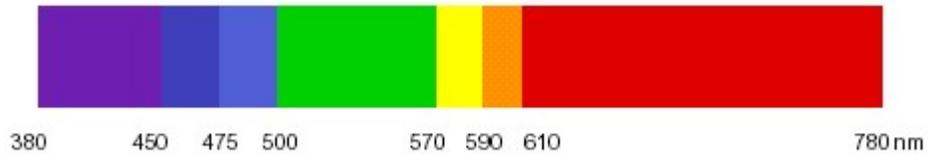
Región IR.

Cuando la luz es separada en sus diversas longitudes de onda componentes es llamada Espectro. Si se hace pasar la luz por un prisma de vidrio transparente, produce un espectro formado por los colores rojo, naranja, amarillo, verde, azul, índigo y violeta. Este fenómeno es causado por las diferencias de sus longitudes de onda. El rojo es la longitud del onda más larga y el violeta la más corta. El ojo humano percibe estas diferentes longitudes de onda como Colores.

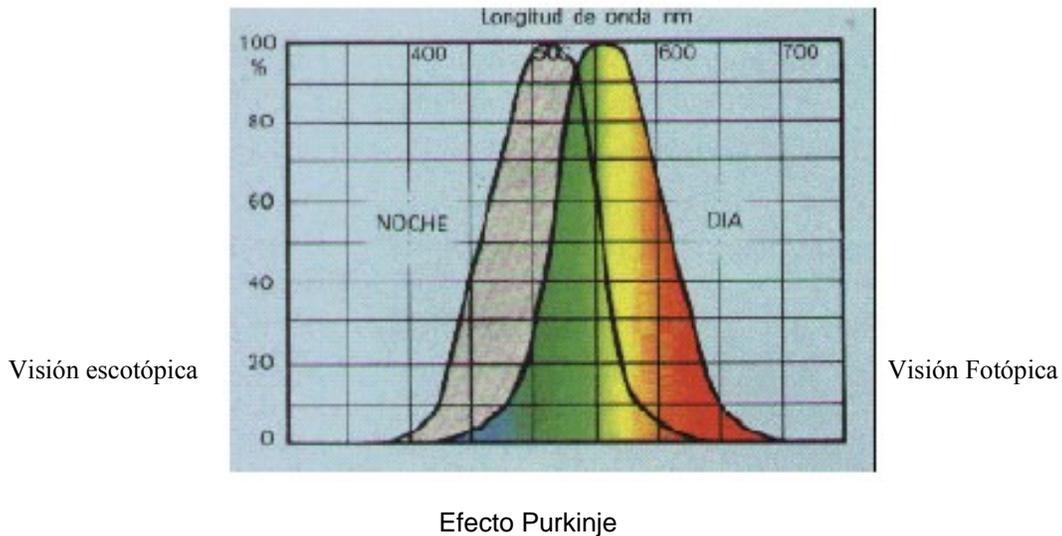


El espectro visible.

El espectro visible para el ojo humano es aquel que va desde los 380nm de longitud de onda para el color violeta hasta los 780 nm para el color rojo. Fuera de estos límites, el ojo no percibe ninguna clase de radiación.



La sensibilidad del ojo a las distintas longitudes de onda de la luz del mediodía soleado, suponiendo a todas las radiaciones luminosas de igual energía, se representa mediante una curva denominada “curva de sensibilidad del ojo” ó “curva VI “.



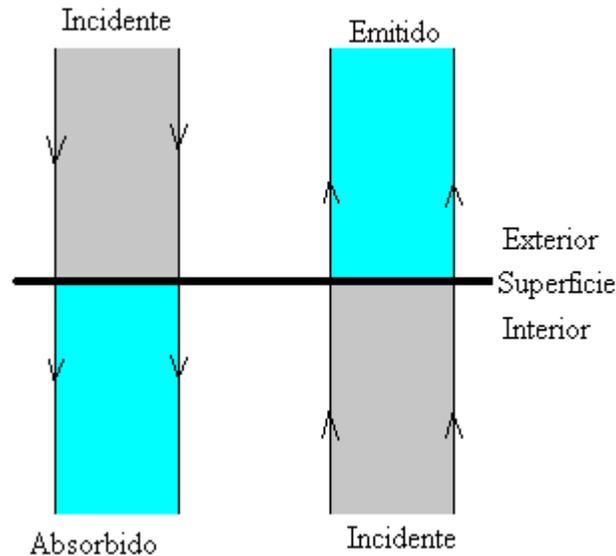
El ojo tiene su mayor sensibilidad en la longitud de onda de 555 nm que corresponde al color amarillo verdoso y la mínima a los colores rojo y violeta. Esta situación es la que se presenta a la luz del día ó con buena iluminación y se denomina “visión fotópica” (actúan ambos sensores de la retina: los conos, fundamentalmente sensibles al color y los bastoncillos, sensibles a la luz).

En el crepúsculo y la noche, (“visión escotópica”) se produce el denominado Efecto Purkinje, que consiste en el desplazamiento de la curva VI hacia las longitudes de onda más bajas, quedando sensibilidad máxima en la longitud de onda de 507 nm. Esto significa que, aunque no hay visión de color, (no trabajan los conos) el ojo se hace relativamente muy sensible a la energía en el extremo azul espectro y casi ciego al rojo; es decir que, durante el Efecto Purkinje, de dos haces de luz de igual intensidad, uno azul y otro rojo, el azul se verá mucho más brillante que el rojo.

Radiador de cuerpo negro

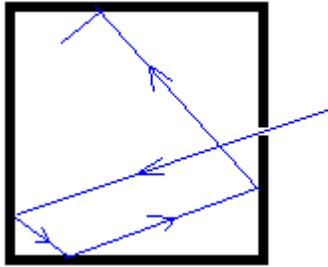
Cuerpo negro.

La superficie de un cuerpo negro es un caso límite, en el que toda la energía incidente desde el exterior es absorbida, y toda la energía incidente desde el interior es emitida.



No existe en la naturaleza un cuerpo negro, incluso el negro de humo refleja el 1% de la energía incidente.

Sin embargo, un cuerpo negro se puede sustituir con gran aproximación por una cavidad con una pequeña abertura. La energía radiante incidente a través de la abertura, es absorbida por las paredes en múltiples reflexiones y solamente una mínima proporción escapa (se refleja) a través de la abertura. Podemos por tanto decir, que toda la energía incidente es absorbida.

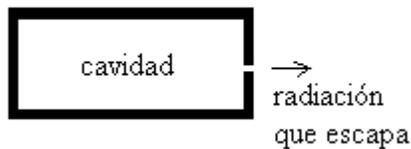


Radiador de cuerpo negro.

Consideremos una cavidad cuyas paredes están a una cierta temperatura. Los átomos que componen las paredes están emitiendo radiación electromagnética y al mismo tiempo absorben la radiación emitida por otros átomos de las paredes. Cuando la radiación encerrada dentro de la cavidad alcanza el equilibrio con los átomos de las paredes, la cantidad de energía que emiten los átomos en la unidad de tiempo es igual a la que absorben. En consecuencia, la densidad de energía del campo electromagnético existente en la cavidad es constante.

A cada frecuencia corresponde una densidad de energía que depende solamente de la temperatura de las paredes y es independiente del material del que están hechas.

Si se abre un pequeño agujero en el recipiente, parte de la radiación se escapa y se puede analizar. El agujero se ve muy brillante cuando el cuerpo está a alta temperatura, y se ve completamente negro a bajas temperaturas.



La radiación termal de un material que absorbe toda la radiación que cae en él depende exclusivamente de su temperatura. El ideal es el radiador de cuerpo negro, este tiene la más alta emisividad de todos los radiadores termal y su coeficiente espectral de emisión es 1 (independiente de temperatura y longitud de onda).

Sin embargo, como no hay en la realidad, un material absolutamente negro el radiador de cuerpo negro solo puede ser generado en laboratorios especiales.

La radiación del radiador de cuerpo negro es definida por la ley de la radiación de Planck. Este muestra como un incremento en la proporción de la radiación cae en el espectro visible e infrarrojo conforme la temperatura se incrementa.

Temperatura de color.

La temperatura de color se mide en “Grados Kelvin” (K) y es la referencia para indicar el color de las fuentes luminosas (salvo aquellas que tengan de por sí un color señalado)

Cuando un metal es calentado, pasa por una gama de colores que van desde el rojo al azul, pasando por el rojo claro, naranja, amarillo, blanco y blanco azulado.

A los efectos de la temperatura de color, se habla de un “radiante teórico perfecto” denominado “cuerpo negro”. El cero de la escala Kelvin equivale a $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$, lo que significa que exceden a la escala centígrada en $273\text{ }^{\circ}\text{C}$. Así por ejemplo, una lámpara de 6500 K equivale al color que toma el “cuerpo negro” cuando es calentado a una temperatura de $6500 - 273 = 6227\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Las lámparas incandescentes tienen una temperatura de color comprendida entre los 2700 y 3200 K. Las lámparas fluorescentes ofrecen una amplia gama de temperaturas de color entre los 2700 K y los 6500 K.

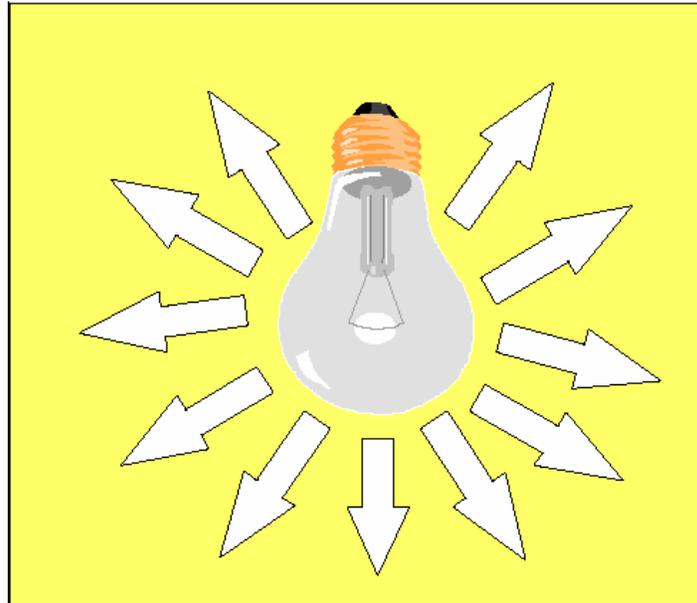
Cielo azul	10000 a 30000
Cielo nublado	7000
Luz solar al mediodía	5200
Luna	4100
Lámparas fluorescentes:	
Luz día	6500
Blanco neutro	4000
Blanco cálido	3000
Blanco cálido de lujo	2700
Lámparas incandescentes:	
Luz día 500 w	4000
Standard	2700 a 3200
Luz de una vela	1800

Temperaturas de color de algunas fuentes en grados Kelvin (valores aproximados)

Flujo luminoso.

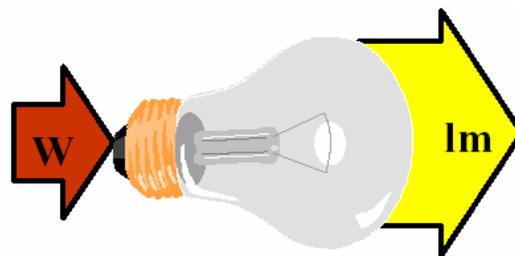
El flujo luminoso es una medida de la cantidad de luz que sale de una lámpara.

Unidad: lm (lumen).



Eficacia luminosa.

Es la medida que resulta al dividir el flujo luminoso entre la potencia eléctrica.



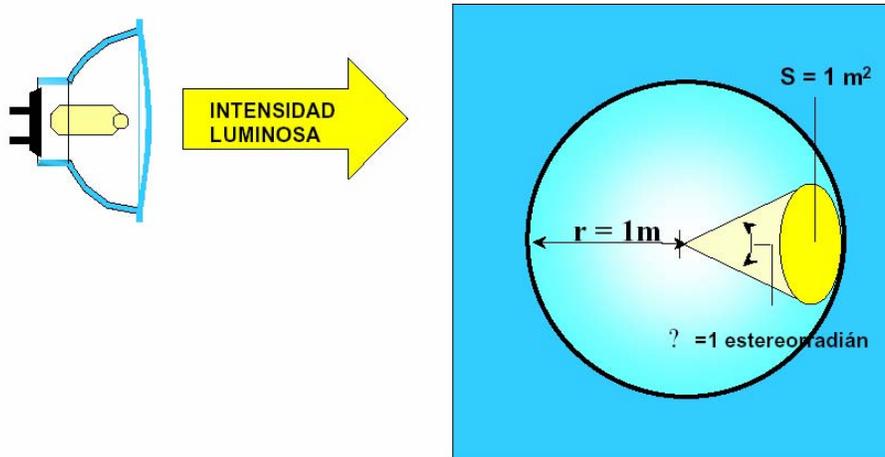
Eficacia luminosa

$$= \frac{\text{Flujo luminoso (lm)}}{\text{Potencia eléctrica (W)}}$$

Intensidad luminosa.

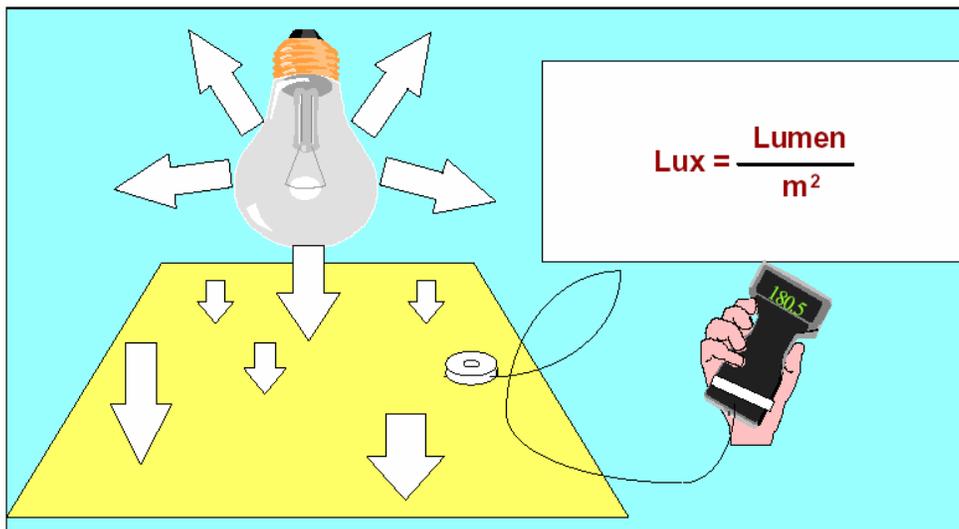
La intensidad luminosa es el flujo luminoso emitido en una determinada dirección.

Unidad: candela (Cd)



Iluminancia. (Lux)

Es el promedio de flujo luminoso de un área, es el flujo luminoso por unidad de área.



4.1.3 GENERACIÓN DE LUZ.

Fenómenos naturales.

Luz de sol. Energía con una temperatura de color aproximada de 6500 K, es recibida del sol justo fuera de la atmósfera de la tierra en un promedio de 1350 W/m^2 . Alrededor del 75% de esta energía alcanza la superficie de la tierra, al nivel del mar, en el ecuador y en un día claro.

El porcentaje de luminiscencia de el sol es aproximadamente de 1600 Mcd/m^2 a nivel del mar. La iluminación sobre la superficie terrestre en un día soleado puede exceder 100 Klx (10000 fc) y en los días nublados baja a menos de 10 Klx (1000 fc).

Luz del cielo. Una gran cantidad de luz es dispersada por la atmósfera. Algunos efectos de esa dispersión son el color azul, lo rojizo de la puesta y la puesta del sol. En estos casos las partículas de dispersión son de tamaño relativamente pequeño en relación con la longitud de onda de la luz, como por ejemplo: las partículas de aire en la atmósfera. Cuando las partículas de dispersión son de tamaño relativamente grandes, como las gotas de agua de las nubes, la dispersión es esencialmente la misma para todas las longitudes de onda, se ven las nubes blancas. La luz dispersa por las partes del cielo es polarizada por encima del 50%.

Luz de luna. El brillo de la luna es solamente por reflexión de la luz del sol. Ya que la reflectancia de su superficie es muy baja, esta se encuentra en un orden de 2500 cd/m^2 , y su relación de color es alrededor de 4100 K, pero esta puede variar dependiendo de los materiales suspendidos en la atmósfera. La iluminación de la superficie terrestre por la luna puede ser tan alta como 0.1 lx (0.01 fc).

Rayos. El rayo es un fenómeno meteorológico formado por la acumulación de cargas eléctricas tremendas, en la formación de nubes, normalmente positivas, las cuales son liberadas de repente en una descarga relampagueante. El rayo es como una chispa en el aire, consistiendo principalmente en bandas de nitrógeno, aunque líneas de hidrogeno a veces aparecen debido a la desintegración de el vapor de agua.

Aurora Boreal (Luz del Norte) y Aurora Austral (Luz del Sur). Estas manchas o bandas verdosas de luz, en las que serpentinas de color blanco, rojo o rosa están sobrepuestas, aparecen 100 o 200 Km. por encima de la tierra. Ellas son causadas por chorros de electrones en espiral dentro de la atmósfera, principalmente en latitudes polares.

Bioluminiscencia. “Luz viviente” es una forma de químico luminiscencia en la cual compuestos especiales fabricados por plantas y animales son oxidados, produciendo luz. Los compuestos productores de luz no siempre requieren estar en un organismo viviente. Muchos compuestos bioluminiscentes pueden ser secados y almacenados muchos años y entonces en respuesta a su exposición al oxígeno o a algún otro catalizador, emiten luz.

4.1.4 BREVE HISTORIA DE LAS FUENTES DE LUZ.

La primera forma de iluminación artificial era el fuego el cuál aparecía en las fogatas utilizadas para calentarse y protegerse de los animales salvajes. Las chispas que saltaban de estas fogatas se convirtieron en las primeras antorchas. Durante muchos milenios la antorcha continuo como una importante fuente de iluminación.. Los egipcios antiguos usaron piedras huecas llenadas de grasa, con fibras de planta como mechas. Éstas fueron las primeras velas, y esto fecha en el año 3000 a.c. En la edad media, las velas eran hechas de sebo, un tipo de grasa animal; La industria ballenera, durante el siglo XVIII, introdujo el "aceite de ballena" (Spermaceti. La vela "spermaceti", debido a su nítida y constante flama, se convirtió en medida estándar (la candela) para la iluminación artificial. La candela era la luz producida por una vela spermaceti con un peso de 1/6 de libra y quemándose a un ritmo de 120 gr. por hora. El desarrollo de la parafina en 1850 produjo un material económico que sustituyo a la spermaceti. Velas en elaborados candelabros se utilizaron como fuente de iluminación hasta que fueron sustituidas en 1834 con el recientemente descubierto gas. Hoy en día se utilizan las velas principalmente en ceremonias religiosas, como objetos decorativos y en ocasiones festivas.



Griegos antiguos y romanos hicieron lámparas de bronce o alfarería, en donde quemaron el aceite verde oliva u otro aceite vegetal en sus picos. Muchas lámparas de aceite aparecieron durante la edad media, cuando se agregaron reflectores a sus diseños. Los primeros colonos americanos usaron aceite de pescado y aceite de ballena en sus lámparas Betty. En el último siglo antes de nuestra era, Hero de Alejandría invento una lámpara en la que por una columna de presión, el aceite que alimentaba la mecha iba subiendo. Leonardo Da Vinci, modifico este diseño y añadió un lente de cristal. La luz que provenía de esta nueva lámpara se lograba por una mecha que se quemaba en forma constante, y gracias al lente de cristal la superficie de trabajo recibía niveles de iluminación que permitían la lectura nocturna. Muchas mejoras eran hecho en el plan y fabricación de estas lámparas durante los años, pero ninguno produjo la luz eficazmente hasta las 1784, cuando un químico suizo nombrado que Argand patento una lámpara con un quemador circular, una mecha tubular y una columna de aire con la que dirigiría y regulaba el suministro de aire a la flama. Argand descubrió que la columna circular de aire reducía el "parpadeo" de la llama, produciendo una luz brillante. Después, un cilindro de vaso se agregó a la lámpara de Argand que permite que la llama se quemee mejor. Con el nacimiento de la industria de petróleo, el querosén se volvió un combustible ampliamente usado en estas lámparas.



En 1800s las lámparas de gas fueron populares como alumbrado público en Londres Inglaterra. La lámpara de gas no tenía ninguna mecha, pero su inconveniente principal era una llama abierta que produjo el parpadeo considerable. En 1650, Otto von Guericke de Alemania descubrió que la luz podía ser producida por excitación eléctrica. Encontró que cuando un globo de sulfuro era rotado rápidamente y frotado, se producía una emanación luminosa. En 1706, Francis Hawsbee invento la primera lámpara eléctrica al introducir sulfuro dentro de un globo de cristal al vacío. Después de rotarla a gran velocidad y frotarla, pudo reproducir el efecto observado por von Guericke.

William Robert Grove en 1840, encontró que cuando unas tiras de platino y otros metales se calentaban hasta volverse incandescentes, producían luz por un periodo de tiempo. En 1809, uso una batería de 2000 celdas a través de la cual pasó electricidad, para producir una llama de luz brillante, de forma arqueada. De este experimento nació el termino "lámpara de arco".

La primera patente para una lámpara incandescente la obtuvo Frederick de Moleyns en 1841, Inglaterra. Aun cuando esta producía luz por el paso de electricidad entre sus filamentos, era de vida corta. Durante el resto del siglo XIX, muchos científicos trataron de producir lámparas eléctricas.

Finalmente, Thomas A. Edison produjo una lámpara incandescente con un filamento carbonizado que se podía comercializar. Aunque esta lámpara producía luz constante durante un periodo de dos días, continuó sus investigaciones con materiales alternos para la construcción de un filamento más duradero. Su primer sistema de iluminación incandescente la exhibió en su laboratorio en 21 de diciembre de 1879.

Edison hizo su primera instalación comercial para el barco Columbia. Esta instalación con 115 lámparas fue operada sin problemas durante 15 años. En 1881, su primer proyecto comercial fue la iluminación de una fábrica de Nueva York. Este proyecto fue un gran éxito comercial y estableció a sus lámparas como viables. Durante los siguientes dos años se colocaron más de 150 instalaciones de alumbrado eléctrico y en 1882 se construyo la primera estación para generar electricidad en Nueva York. En ese mismo año, Inglaterra monta la primera exhibición de alumbrado eléctrico.

Cuando la lámpara incandescente se introdujo como una luminaria pública, la gente expresaba temor de que pudiese ser dañina a la vista, particularmente durante su uso por largos periodos. En respuesta, el parlamento de Londres creó una legislación prohibiendo el uso de lámparas sin pantallas o reflectores. Uno de los primeros reflectores comerciales a base de cristal plateado fue desarrollado por el E. L. Haines e instalado en los escaparates comerciales de Chicago.

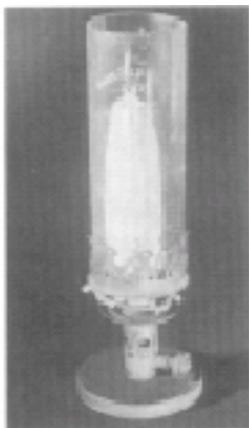
Hubo numerosos esfuerzos por desarrollar lámparas más eficientes. Welsbach inventó la primera lámpara comercial con un filamento metálico, pero el osmio utilizado era un metal sumamente raro y caro. Su fabricación se interrumpió en 1907 cuando la aparición de la lámpara de tungsteno.

En 1904, el norteamericano Willis R. Whitney produjo una lámpara con filamento de carbón metalizado, la cual resultó más eficiente que otras lámparas incandescentes previas. La preocupación científica de convertir eficientemente la energía eléctrica en luz, pareció ser satisfecha con el descubrimiento del tungsteno para la fabricación de filamentos. La lámpara con filamento de tungsteno representó un importante avance en la fabricación de lámparas incandescentes y rápidamente reemplazaron al uso de tántalo y carbón en la fabricación de filamentos metálicos.

La primera lámpara con filamento de tungsteno, que se introdujo a los Estados Unidos en 1907, era hecha con tungsteno prensado. William D. Colige, en 1910, descubrió un proceso para producir filamentos de tungsteno "drawn" mejorando enormemente la estabilidad de este tipo de lámparas.

En 1913, Irving Langmuir introdujo gases inertes dentro del cristal de la lámpara logrando retardar la evaporación del filamento y mejorar su eficiencia. Al principio se usó el nitrógeno puro para este uso, posteriormente otros gases tales como el argón se mezclaron con el nitrógeno en proporciones variantes. El bajo costo de producción, la facilidad de mantenimiento y su flexibilidad dio a las lámparas incandescentes con gases tal importancia, que las otras lámparas incandescentes prácticamente desaparecieron.

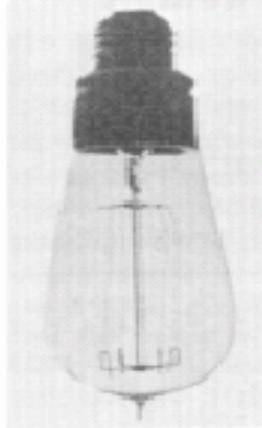
Durante los próximos años se crearon una gran variedad de lámparas con distintos tamaños y formas para usos comerciales, domésticos y otras funciones altamente especializadas.



Lámpara de gas



Lámpara de arco



Lámpara incandescente

Este siglo ha visto un gran aumento en el número de fuentes de luz disponibles en el mercado, empezando con las mejoras en la lámpara de Edison, siguiendo con la introducción de lámparas de vapor de mercurio en los años treinta, continuando con las lámparas fluorescentes en la 1939 Feria Mundial. Se introdujeron las lámparas de tungsteno-halógeno en los años cincuenta; lámparas de aditivos metálicos y sodio de presión alta (HPS) las lámparas en los años sesenta. La introducción de lámparas de inducción es una muestra de que la industria es dinámica y veremos más adelantos durante el presente siglo.

4.2 LAMPARAS INCANDESCENTES



4.2.1 EL FILAMENTO INCANDESCENTE.

Incandescencia.

Todos los cuerpos emiten energía en forma de radiación electromagnética, mientras más alta sea su temperatura, mayor será la energía emitida y mayor la porción del espectro electromagnético ocupado por las radiaciones emitidas. Si el cuerpo pasa la temperatura de incandescencia, una buena parte de estas radiaciones caerá en la zona visible del espectro y obtendremos luz. La incandescencia se puede obtener de dos maneras; La primera es por combustión de alguna sustancia, ya sea sólida como una antorcha de madera, líquida como en una lámpara de aceite o gaseosa como en las lámparas de gas; La segunda es pasando una corriente eléctrica a través de un hilo conductor muy delgado, como ocurre en las lámparas de filamento. Tanto de una forma como de otra, obtendremos luz y calor (ya sea calentando las moléculas de aire o por radiaciones infrarrojas). En general los rendimientos de este tipo de lámpara son bajos debido a que la mayor parte de la energía consumida se convierte en calor. La producción de luz mediante la incandescencia tiene una ventaja adicional y es que la luz emitida contiene todas las longitudes de onda que forman la luz visible o dicho de otra manera, su espectro de emisiones es continuo. De esta manera se garantiza una buena reproducción de los colores de los objetos iluminados.

La consideración primaria en el diseño de una lámpara de filamento es que produzca la radiación espectral deseada (visible, infrarrojo, ultravioleta) más económicamente para la aplicación requerida. Para lograr este objetivo en una lámpara del filamento incandescente se requiere cumplir con las siguientes especificaciones: el material del filamento, longitud, diámetro, forma, espaciado del arrollamiento y tamaño del mandril (el mandril es la forma en que el filamento se enrolla); alambres guías; el número de apoyos del filamento; el método de montaje del filamento; vaciado o llenado del gas; la presión de gas; composición del gas; y tamaño de la bombilla, forma, composición del cristal y acabado. La fabricación de lámparas de alta calidad requiere la adhesión de estas especificaciones y un cuidadoso control de proceso.

La construcción y principio de funcionamiento de filamento incandescente y lámparas de tungsteno-halógeno son similares; sin embargo, en lámparas de halógeno el ciclo regenerador permite a una lámpara de tungsteno-halógeno proporcionar los siguientes beneficios comparados con una lámpara incandescente convencional:

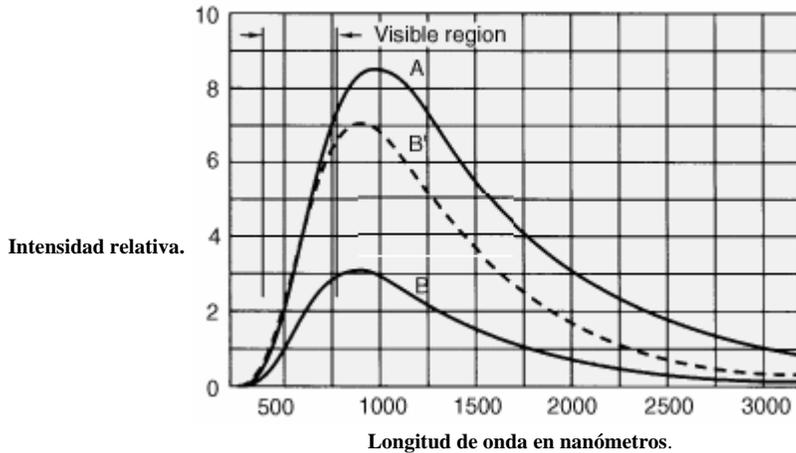
- la vida más larga.
- temperatura de color más alta.
- mejor eficacia.
- se evita que la bombilla se tiña de negro.

4.2.2 CONSTRUCCION DE LA LAMPARA INCANDESCENTE.

Los filamentos. La eficacia de la producción de luz, así como la porción de radiación emitida que cae dentro de la región visible, dependen de la temperatura del filamento. Por esta razón es importante, en el diseño de una lámpara, conservar la temperatura del filamento muy alta, logrando una vida satisfactoria, .por ejemplo, el hierro no es un buen material de filamento porque se funde a una temperatura relativamente baja (1527° C) para la producción eficaz de luz. Se han probado numerosos materiales para el filamento apropiado. Las propiedades requeridas dentro de los materiales para filamento son:

- Punto fusión alto.
- Baja presión de vapor.
- Fuertes.
- Dúctiles.
- Con características de radiación convenientes y resistencia eléctrica.

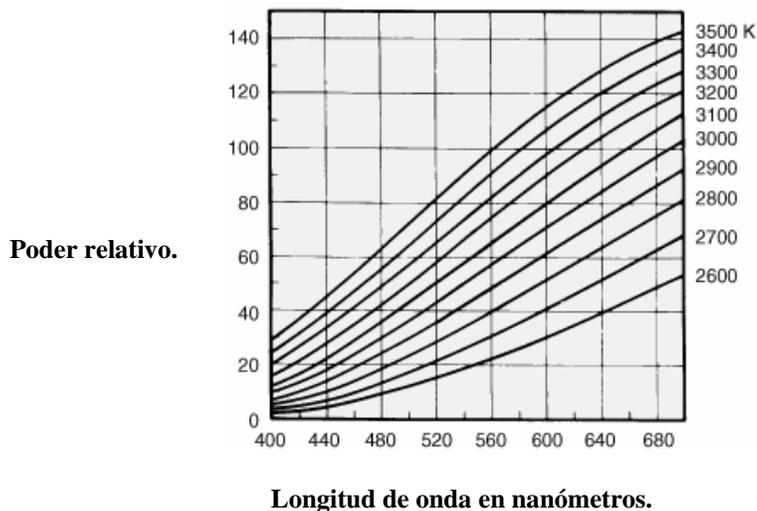
El tungsteno para los Filamentos. Las primeras lámparas incandescentes usaron carbón, osmio, y filamentos del tantalio, pero el tungsteno tiene muchas propiedades deseables para su uso, como una fuente de luz incandescente. Su presión de vapor baja y el punto de la fusión alto, 3382° C (6120° F), permite operara altas temperaturas y con eficacias consecuentemente altas. El alambre del tungsteno utilizado tiene fuerza y ductilidad alta, permitiendo la uniformidad necesaria para las lámparas actuales. Las aleaciones de tungsteno con otros metales como el renio son útiles en algunos diseños de lámparas. El alambre de tungsteno con torio se usa en los filamentos para las aplicaciones de servicio rudo



La figura muestra características de radiación del tungsteno. Curva A: el flujo radiante de un centímetro cuadrado de un cuerpo negro a 3000 K. Curva B: el flujo radiante de un centímetro cuadrado de tungsteno a 3000 K. Curva B': el flujo radiante de 2.27 centímetros cuadrados de tungsteno a 3000 K (se aproxima a la curva A en la región visible). (La lámpara de servicio general de 500 w y 120 v opera a aproximadamente 3000 K.)

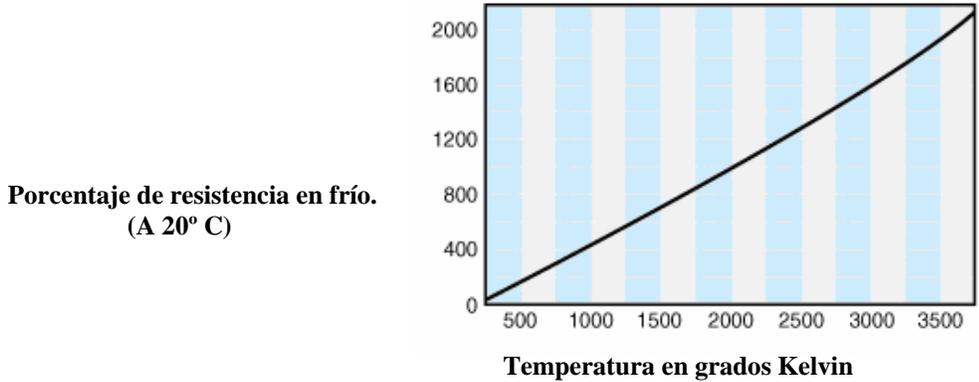
Las Características de radiación del Tungsteno. El tungsteno irradia sólo un porcentaje de la radiación total de un cuerpo negro a la misma temperatura. (Aproximadamente el 76%.)

Sólo un porcentaje pequeño de la radiación total de una fuente incandescente está en la región visible del espectro. Como la temperatura de un filamento del tungsteno se levanta, la radiación en la región visible aumenta, y aumenta su eficacia luminosa. La eficacia luminosa de un alambre del tungsteno desenrollado y en su punto de fusión es aproximadamente 53 lm/W. Para alargar la vida, es necesario operar un filamento a una temperatura debajo del punto fusión, produciendo esto una baja en la eficacia luminosa.



La figura muestra la distribución de poder espectral en la región visible de los filamentos del tungsteno de potencia en watts igual pero las temperaturas diferentes.

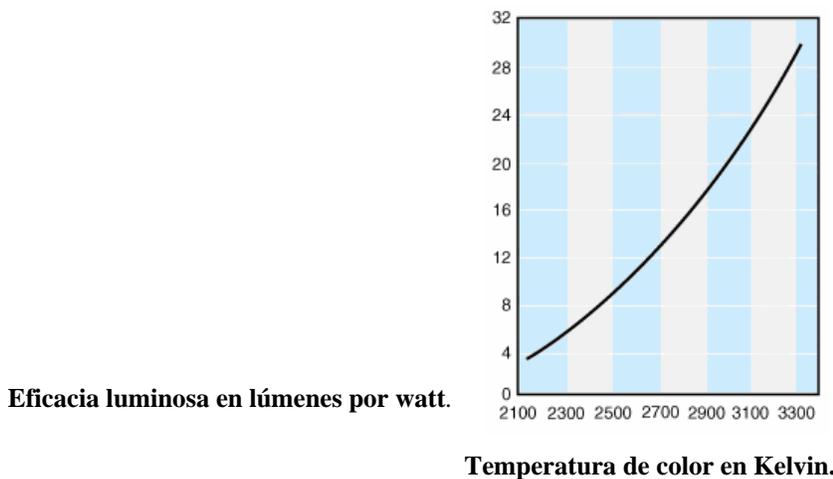
Las Características de resistencia de Tungsteno. El tungsteno tiene una resistencia mayor a más altas temperaturas, se puede incrementar su resistencia de 12 a 16 veces dependiendo de la temperatura a la que está sometido.



La figura nos muestra la variación de la resistencia del filamento de tungsteno aumentando su temperatura.

La temperatura de color. La temperatura de color hace referencia al color de la fuente luminosa. Su valor coincide con la temperatura a la que un cuerpo negro tiene una apariencia de color similar a la de la fuente considerada. Esto se debe a que sus espectros electromagnéticos respectivos tienen una distribución espectral similar. Conviene aclarar que los conceptos temperatura de color y temperatura de filamento son diferentes y no tienen porque coincidir sus valores.

A menudo es importante saber la temperatura de color de una lámpara incandescente. El valor de eficacia puede encontrarse a menudo en los textos, o puede calcularse teniendo los lúmenes y los watts como datos. De este valor es posible encontrar el promedio de la temperatura de color del filamento.



La figura nos muestra la variación de la temperatura de color con la eficacia de la lámpara.

Construcción y ensamblado.

En las lámparas miniatura existen tres métodos de construcción que son usados típicamente: sellado de pestaña, sellado de cola y sellado de pellizco.

- El sellado de pestaña es usado generalmente con lámparas de 20 mm. (0.79 plg.) y en diámetros de la bombilla más grandes. Estos elementos de construcción de tallo de vidrio, con una pestaña en el fondo son sellados con el cuello de la bombilla. Cuando son usadas con bases de bayoneta, el plano del filamento y las guías forman normalmente un ángulo recto con el plano de la base de las clavijas, pero es permitido una tolerancia de 15° generalmente. Las ventajas de esta construcción son:

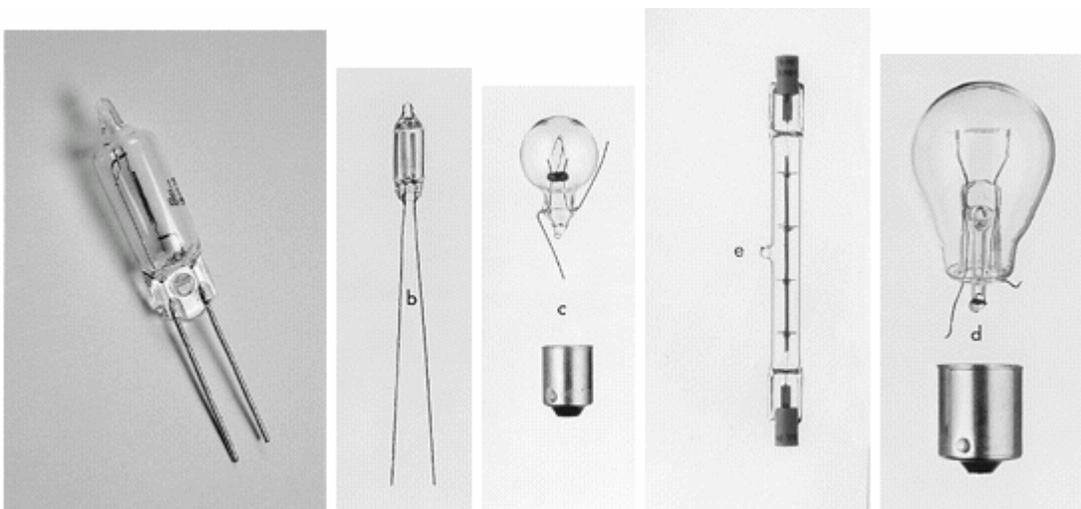
1. Se pueden usar guías gruesas para lámparas con corrientes mayores a 12 A.
2. El filamento puede ser puesto con precisión
3. La construcción de un tallo sólido que resiste el desplazamiento del filamento y daños por golpes o vibraciones.

- El sellado de cola es construido como sigue. El montaje consiste en meter por la parte final de la bombilla que está abierta; las partes internas, montadas previamente. Las guías se encuentran inclinadas a una distancia adecuada para pasar por el final de la bombilla y en ellas se encuentra el filamento. Y después se procede a sellar al vacío. La base se coloca después junto con el cemento, que no solo pega, sino que protege al frágil sello. Debido a las limitantes del sello, estas lámparas se usan con guías delgadas y para corrientes de 1 A y menores. A veces se usan estas lámparas sin base pero se deben manejar con mucho cuidado. Al usarlas con base se tienen las siguientes ventajas:

1. Bajo costo.
2. Tamaño pequeño. (usualmente son 20 mm y menores)

- El sello de pellizco es nombrado así debido a que el vidrio está como si lo pellizcaran alrededor de los alambres guías. Son usados de dos formas: con terminales de alambre y hechos de base de cuña. Para los tipos más pequeños de lámparas brillantes, la bombilla es cerrada al vacío por la parte opuesta a los alambres guías. Con las más nuevas bases de lámparas de cuña, la punta de vaciado queda más abajo de la superficie. El sello de pellizco elimina la necesidad de una base convencional. Sus ventajas son:

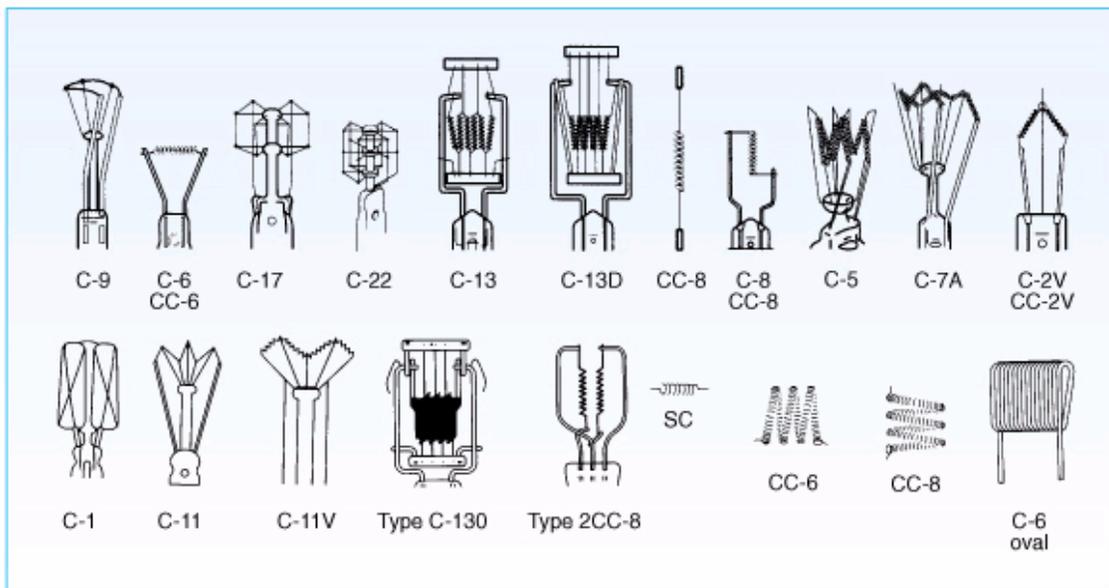
1. Bajo costo
2. Tamaño pequeño
3. Con lámparas de filamento, la eliminación de la soldadura y el cemento, permite operarlas arriba de los 300° C.
4. Se requiere de pequeño espacio en las bases de cuña.



Tipos primarios de construcción de bombillas: (a) cápsula de halógeno con sello de pellizco, (b) sello de pellizco con terminales guías, (c) sello trasero, (d) sello de pestaña, y (e) sello de pellizco con cinta de molibdeno.

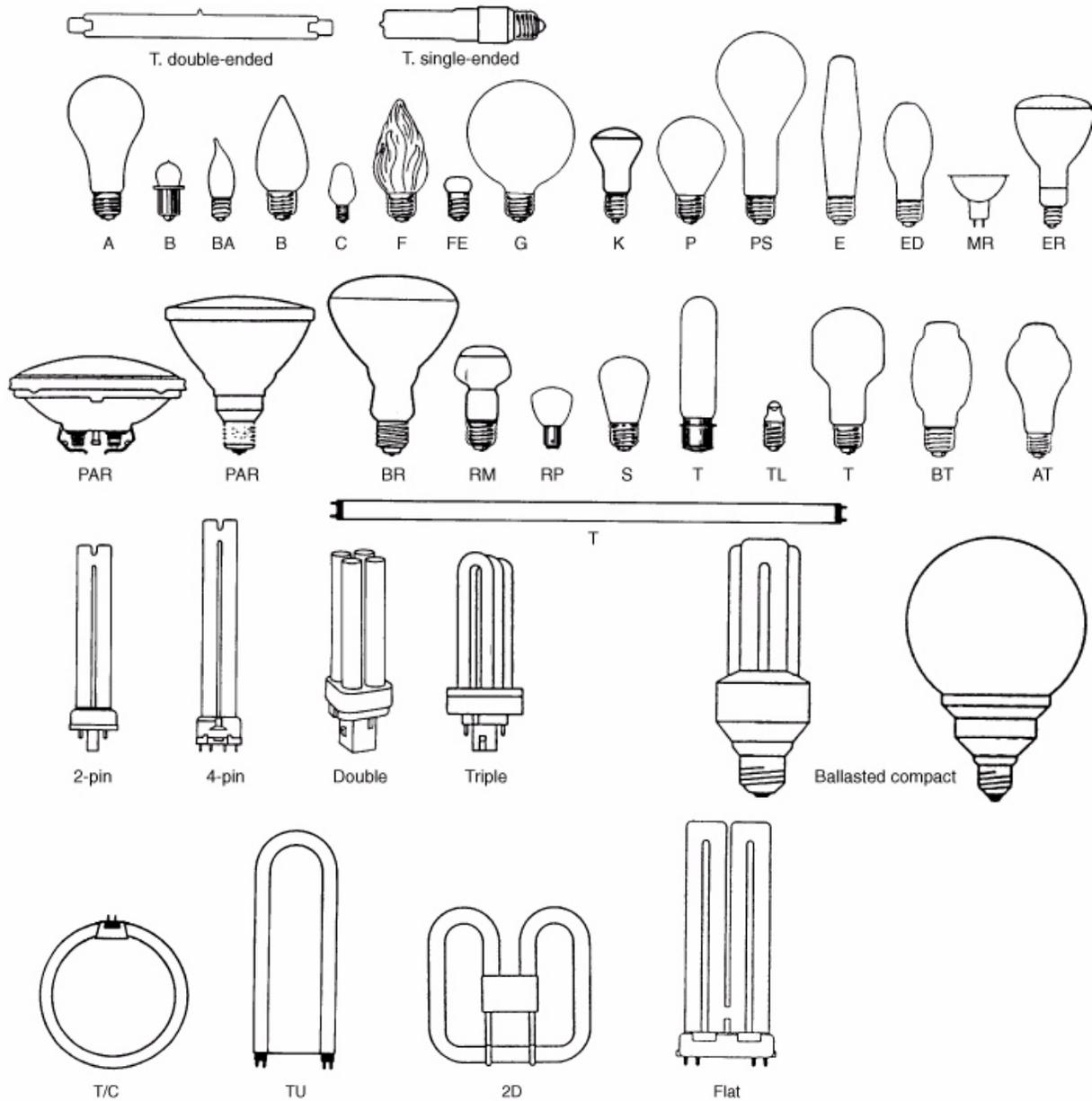
- El sello de molibdeno es usado en algunas lámparas de tungsteno-halógeno, donde los alambres sellados no pueden ser empleados, debido a la falta de dilatación térmica de la sílice fundida sobre el material. El sello de molibdeno consiste en cintas o láminas delgadas de molibdeno que son incrustadas en la base de la lámpara para fungir como conductores eléctricos. Las cintas proporcionan un sello confiable y que mantiene la base por debajo de la temperatura de oxidación del molibdeno que es de 350 ° C (662 ° F).

Las Formas del filamento y su denominación. El diseño del filamento involucra un cuidadoso equilibrio entre el rendimiento de luz y su vida. Las formas del filamento, tamaños, y soportes varían ampliamente con los diferentes tipos de lámparas. Sus diseños son determinados grandemente por los requisitos de servicio. Las formas del filamento son designadas por una letra o una letra seguida por un número arbitrario. Las letras normalmente usadas son: S (straight), significa que el alambre esta sin enrollar; C (coiled), significando el alambre se encuentra enrollado de forma helicoidal; y C.C.P. (coiled coil), significando el rollo se encuentra a su vez enrollado de forma helicoidal. Enrollando el filamento aumenta su eficacia luminosa; formando un rollo enrollado la eficacia aumenta todavía más. Para lámparas de uso rudo o que sean utilizadas donde existe vibración se utilizan mas soportes que en las lámparas de uso general.



Las construcciones de filamento de lámpara típicas

Las bombillas. Los tipos de vidrio. La mayoría de las bombillas son hechas de vidrio normal (suave), pero algunas son hechas de boro silicato que es un vidrio resistente al calor (duro). El último resiste temperaturas muy altas y se usa para las lámparas de mucha carga. Estos normalmente resisten la exposición a la humedad. Se usan tres formas especializadas de vidrio: la sílice fundida (cuarzo), alto-sílice, y vaso del aluminio silicato. Estos materiales pueden resistir las temperaturas más altas.



A—Arbitrary spherical shape tapered to narrow neck
 AT—Arbitrary tubular
 B—Bulged or bullet shape; blunt tip
 BA—Bulged with angular (bent) tip
 BD—Bulged with dimple in crown
 BR—Bulged reflector
 BT—Bulged tubular
 C—Conical
 CA—Candle shape with bent tip
 CC—Two conical shapes blended together (formerly DC)
 E—Elliptical
 ED—Elliptical with dimple in the crown

ER—Elliptical reflector
 F—Flame shape, decorative
 FE—Flat elliptical
 G—Globe shape
 GT—Globe/tubular combination
 K—Similar to M but with conical transition
 M—Mushroom shape with rounded transitions
 MR—Multifaceted reflector
 P—Pear shape
 PS—Pear shape with straight neck
 PAR—Parabolic aluminized reflector
 R—Reflector

RB—Bulged reflector (see the more common BR above)
 RD—Reflector with dimple in crown
 REC—PAR type lamp with rectangular face
 RM—Reflector, mushroom shape
 RP—Reflector, pear shape
 S—Straight-sided shape (compare with CA and BA)
 ST—Straight-tipped shape
 T—Tubular shape
 TL—Tubular shape with lens in crown
 T/C—Tubular circular
 TU—Tubular U-shape
 2D—2-dimensional
 Flat

La figura muestra las formas y las denominaciones ANSI, de la bombilla típica.

Acabados y colores de las bombillas. La opacidad se aplica a muchos tipos y tamaños de bombillas. Esta produce una difusión moderada de la luz con una disminución muy pequeña en el rendimiento. Se reduce el deslumbramiento producido por el filamento, así como la estriación y sombras son principalmente eliminadas. Las lámparas blancas tienen una fina capa de polvo de sílice blanco en su interior que provee una mejor difusión con una ligera absorción de luz.

Las lámparas de la luz del día tienen bombillas de vidrio azulado que absorben algunas de las longitudes de onda largas producidas por el filamento. La luz transmitida tiene una alta relación con la temperatura de color. Este color, logra una reducción aproximadamente de 35% en el gasto del rendimiento de luz por absorción, varía entre 3500 y 4000 K. Esto es casi la media entre la luz de filamento de tungsteno y la luz del día.

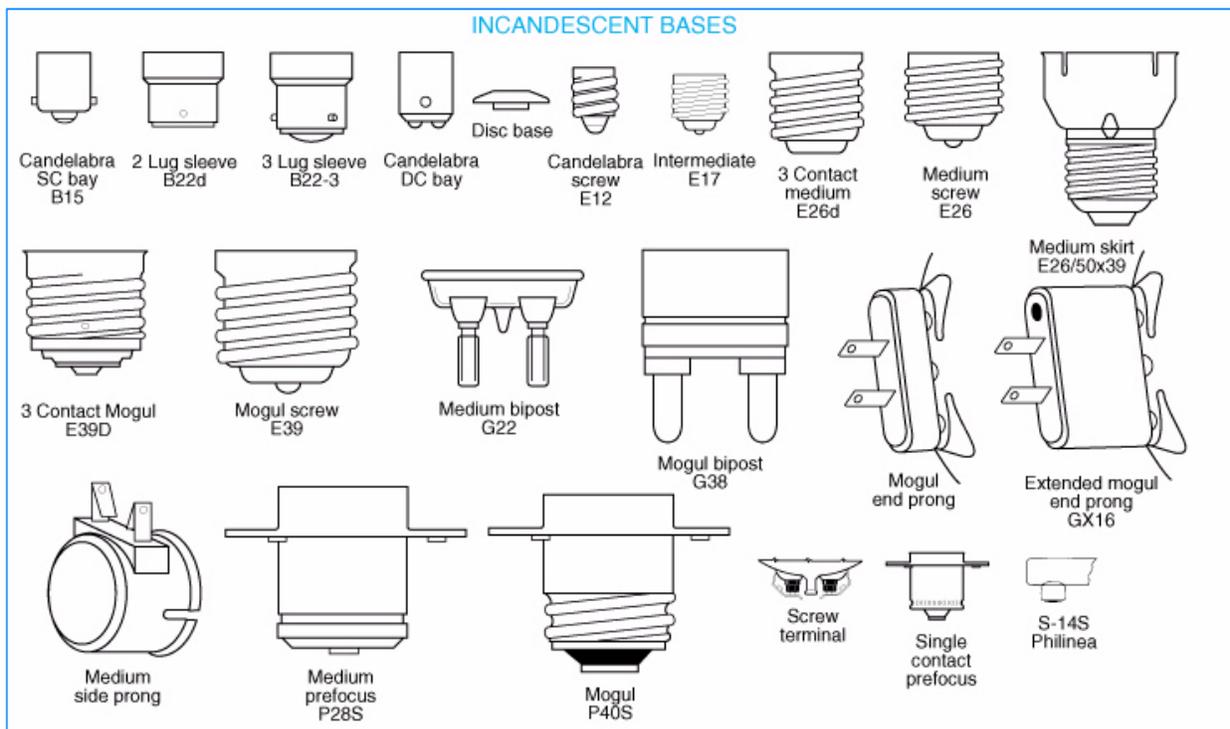
Las lámparas de color de servicio general están disponibles las bombillas con una capa de pintura externa o interna, con cerámica en el exterior, con una capa de plástico transparente y de color natural. Las lámparas con pintura externa son usadas generalmente para interiores y no deben ser expuestas a la intemperie, ya que su superficie se ensucia fácilmente y es difícil de limpiar. Las lámparas con pintura interna tienen una superficie lisa que se limpia fácilmente, por consiguiente dura más la pigmentación. Las bombillas de cerámica en el exterior tienen el pigmento de color fundido sobre el vidrio, dando un acabado permanente. Estos son apropiados para uso en interiores y exteriores, al igual que la mayoría que las lámparas de bombilla de capa de plástico transparente. Estos recubrimientos permiten observar directamente el filamento. Las lámparas de color natural son hechas con vidrio de color. Las lámparas para un reflector de color utilizan; bombillas de recubrimiento de cerámica, bombillas entintadas, bombillas con capa de plástico y filtros de interferencia dicróica para obtener las características de el color deseado.

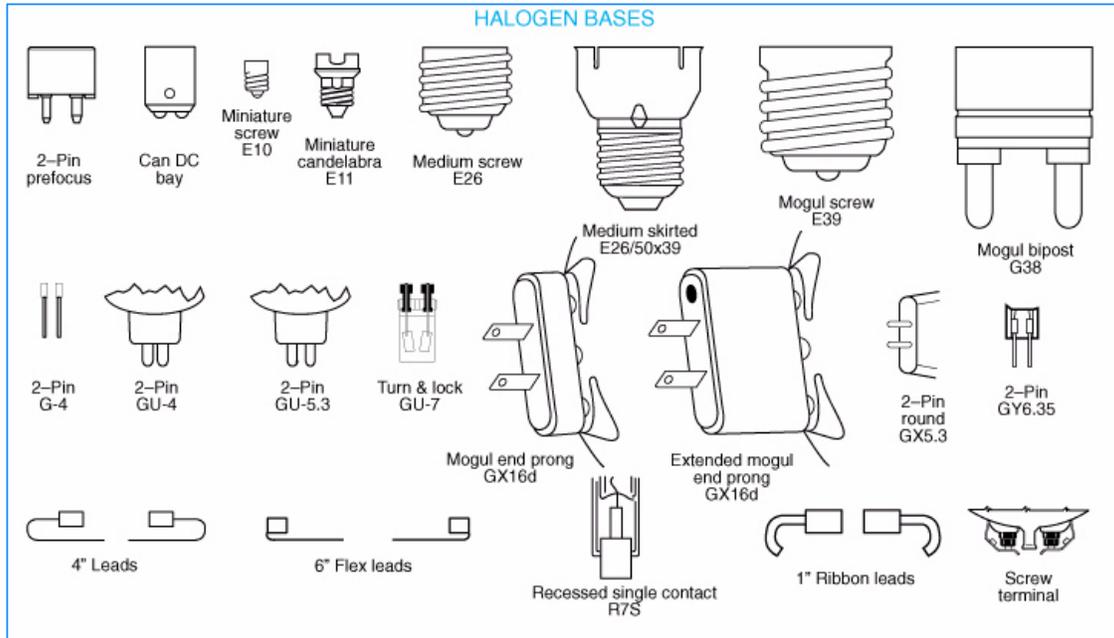


Las bases. La mayoría de las lámparas utilizadas en los propósitos generales de iluminación emplean una de las bases de rosca. Donde la relación de la posición de las fuentes de luz y los elementos ópticos tiene un alto grado de exactitud, como es el caso de los sistemas de proyección. Las bases bipostes y prefoco aseguran la posición adecuada del filamento. La potencia de la lámpara es también un factor que determina el tipo de base.

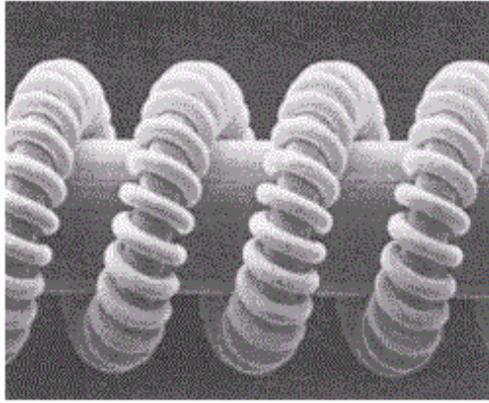
La mayoría de las bases son aseguradas a la bombilla con cemento y son secadas por calor durante la elaboración de la lámpara. El cemento se vuelve frágil con el tiempo, particularmente si es expuesto a calor excesivo. Las lámparas que se usan para altas temperaturas usan un cemento especial en la base o son mecánicamente fijadas sin el uso de cemento.

Las bases se identifican con una letra según sea su forma y esta letra es precedida por dígitos que indican su diámetro.





Llenado de gas. Alrededor de 1911, se hicieron los esfuerzos reducir el índice de evaporación del filamento con el uso de bombillas llenas de gas. El nitrógeno fue el primero usado para este propósito. Aunque el llenado de gas reduce el oscurecimiento de la pared de la bombilla, hay un incremento en las pérdidas por calor y destacando las pérdidas por luz. Un filamento incandescente que opera dentro de un gas inerte se rodea por una capa delgada de gas caliente. A mayor presión del gas, disminuye la evaporación del filamento, y aumenta la eficiencia lumínica y en la duración de la vida útil de la lámpara. . Se logro aumentar la eficiencia lumínica enrollando al mismo en forma de espiral, tal como se puede observar en la imagen. Otra ventaja de esta disposición, es que a igualdad de longitud del filamento, se reduce el tamaño de este. Al estar arrollado el filamento, presenta una superficie efectiva menor frente al gas de relleno, por lo que la pérdida de calor por conducción y convección disminuye a su mínima expresión. Para lograr el filamento en forma de espiral, se enrolla al alambre de tungsteno sobre un núcleo de molibdeno, que posteriormente es disuelto por un ácido que ataca únicamente al molibdeno. Sin embargo, las lámparas de uso general (120-V) y con una potencia menor a 25 W normalmente son del tipo del vacío, ya que el relleno de gas no mejora su eficacia luminosa.



La figura muestra la disposición del filamento dentro de la lámpara.

Ahora se prefieren los gases inertes debido a que ellos no reaccionan con las partes internas de la lámpara, también porque ellos conducen menos calor que el nitrógeno. Todo esto fue después de que el argón estuviera accesible como ahora. Muchas lámparas se llenan con argón y una pequeña cantidad de nitrógeno ahora, la pequeña cantidad de nitrógeno prohíbe la formación de un arco entre los alambres guías.

La proporción de argón y nitrógeno dependen de la clasificación de voltaje, de la construcción y temperatura del filamento y el espacio en las puntas de las guías. Las cantidades típicas usadas de argón son: 99.6% para lámparas de 6-V, 95% para lámparas de espiral enrollada para servicio general 120-V, 90% para lámparas con fusible en guía, 50% para lámparas sin fusible en guías. Algunas lámparas de proyección son llenadas con el 100% de nitrógeno.

El criptón aunque caro, es usado en algunas lámparas donde el incremento del costo es justificado con el incremento en la eficiencia y duración de la lámpara. El gas de criptón tiene una conductibilidad de calor más baja que el argón. La molécula de criptón es más grande que la molécula de argón y por consiguiente se retarda más la evaporación del filamento.

Dependiendo de la forma del filamento, el tamaño de la bombilla y la mezcla de nitrógeno y argón, el llenado de criptón puede aumentar la eficiencia de un 7 a 20 %. El criptón es usado en algunas lámparas especiales como: señales marinas y cascos de mineros debido a su alta eficiencia.

Un gas aún más caro es el xenón, que es usado en aplicaciones únicas o exclusivas. El gas de xenón tiene una conductibilidad más baja y un tamaño de moléculas más grandes que el criptón y por consiguiente su eficacia se incrementa. El costo de este gas es significativamente más alto que el gas de criptón y se usa solo para aplicaciones de productos especiales.

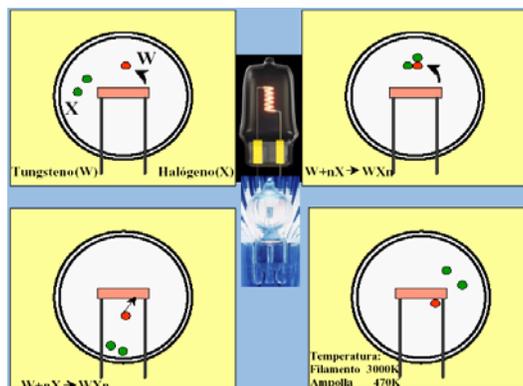
El gas de hidrógeno tiene una conductibilidad de calor alta y por consiguiente es útil para lámparas de señalización en donde se desea un destello rápido.

4.2.3 LA LÁMPARA DE TUNGSTENO-HALÓGENO.

Generalidades.

El mecanismo de generación de luz de las lámparas de tungsteno-halógeno es igual que el de las lámparas de filamento incandescente comunes, con excepción de que estas cuentan con un ciclo regenerativo. Halógeno es el nombre dado a la familia de elementos electronegativos, incluidos; el bromo, cloro, flúor y yodo. Aunque el ciclo regenerador fue entendido durante muchos años, no había un método para su aplicación, hasta el desarrollo de una envoltura fundida de cuarzo para las lámparas de filamento incandescente, la cual proporcionó los parámetros de temperatura adecuados. El yodo fue usado en la primera lámpara de tungsteno-halógeno, ahora otro componente halógeno, predominantemente usado, es el bromo.

El ciclo regenerador empieza cuando el filamento opera en la incandescencia, mientras se evapora el tungsteno. Normalmente las partículas de tungsteno se colectan en la pared de la bombilla, tiñendo de color negro la pared, esto es común en lámparas incandescentes y más notable hacia el final de su vida útil, sin embargo, en las lámparas de halógeno la temperatura dentro de la bombilla es muy alta y permite que se combine el tungsteno con el halógeno. La temperatura alrededor de la pared interna de la bombilla es alrededor de 260° C (500° F). La composición tungsteno-halógeno que resulta, también es un gas que circula en forma constante dentro de la lámpara hasta que entra en contacto con el filamento incandescente. Aquí el calor es suficiente para descomponer la mezcla en tungsteno, que se redeposita sobre el filamento, y halógeno, que es liberado para continuar su papel dentro de el ciclo regenerador. Sin embargo el tungsteno no es redepositado en el mismo sitio de donde salió, provocando esto que la lámpara tenga una vida finita. Las lámparas de tungsteno-halógeno deben ser encendidas periódicamente a toda su capacidad para que el ciclo regenerador limpie las paredes de la bombilla y mantenga su eficacia por más tiempo.



La figura muestra el ciclo regenerativo de una lámpara halógena.

Parámetros de Rendimiento.

Características de energía. En la figura observamos como es disipada la energía que entra a una lámpara de servicio general típica. La columna 2 nos indica la radiación en el espectro visible, que es el porcentaje de la potencia convertido a radiación visible. La columna 4 nos indica la cantidad de calor perdida en el filamento por convección, la cual es provocada por el gas que circula dentro de las lámparas. La pérdida de los extremo de los alambres guías y ganchos de apoyo que conducen calor al filamento se muestra en la columna 6. La columna 3 muestras la radiación total más allá de la bombilla, que es la absorbida por el vidrio de la bombilla y la base.

Potencia.	Radiacion en el espectro visible.	Radiacion mas alla de la bombilla.	Perdidas en el gas.	Perdidas en la base y la bombilla.	Perdidas en las terminaciones.	Calor en el filamento por la corriente (J)	Tiempo de calentamiento para alcanzar 90% de rendimiento. (S)	Tiempo de enfriamiento para alcanzar el 10 % de rendimiento. (S)
6*	6	93.0	—	5.5	1.5	0.25	0.04	0.01
0*	7.1	93.5	—	5.0	1.5	0.62	0.06	0.02
5*	8.7	94.0	—	4.5	1.5	2.8	0.10	0.03
40†	7.4	71.3	20.0	7.1	1.6	2.5	0.07	0.03
60‡	7.5	80.8	13.5	4.5	1.2	5.5	0.10	0.04
100‡	10.0	82.0	11.5	5.2	1.3	14.1	0.13	0.06
200†	10.2	77.4	13.7	7.2	1.7	39.5	0.22	0.09
300†	11.1	79.8	11.6	6.8	1.8	80.0	0.27	0.13
500†	12.0	82.3	8.8	7.1	1.8	182.0	0.38	0.19
1000†	12.1	87.4	6.0	4.7	1.9	568.0	0.67	0.30

***En las primeras 6 filas, el resultado es un porcentaje de la potencia de entrada.**

Las lámparas incandescentes que son operadas por debajo de 25 Hz muestran un parpadeo perceptible por el ojo humano, y creando un efecto estroboscopico. El parpadeo disminuye si se tiene un filamento mas largo y es operado a una frecuencia y potencia más altas. Las fuentes incandescentes modernas operadas a 60 Hz no producen parpadeo notable, ni efecto estroboscopico al ojo humano. La figura muestra el índice de parpadeo de varias lámparas incandescentes operadas a 25 y 60 Hz.

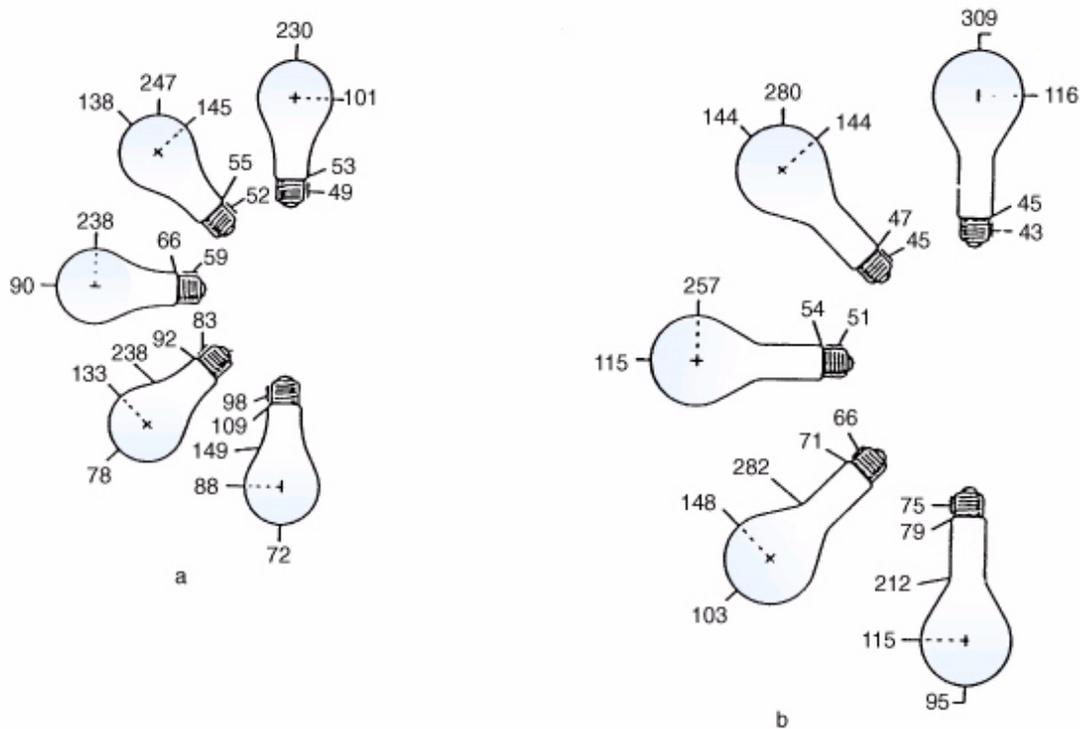
Potencia	Porcentaje de parpadeo		indice de parpadeo	
	60 Hz	25 Hz	60 Hz	25 Hz
6*	29	69	0.092	0.220
10*	17	40	0.054	0.127
25*	10	28	0.032	0.089
40+	13	29	0.041	0.092
60#	8	19	0.025	0.060
100#	5	14	0.016	0.045
200+	4	11	0.013	0.035
300+	3	8	0.010	0.025
500+	2	6	0.006	0.019
1000+	1	4	0.003	0.013

* Al vacio.

+ Con filamento de arrollamiento enrollado.

Con llenado de gas.

Las temperaturas de la bombilla y de la base. Las temperaturas a las que opera una lámpara incandescente son importantes por varias razones. Una temperatura excesiva en la lámpara puede afectar la vida de la lámpara, la vida del luminario y la vida del circuito de suministro eléctrico. Las altas temperaturas pueden ocasionar incendios en materiales flamables del luminario y materiales que se encuentren cerca. Bajo cierta atmósfera y condiciones de polvo, las altas temperaturas de la bombilla (arriba de 160° C) pueden provocar una explosión o un incendio. Las temperaturas de la bombilla y el casquillo para una lámpara 100-W A-19 y una lámpara 500-W PS-35, a una temperatura de 25° C, son mostradas en la figura.



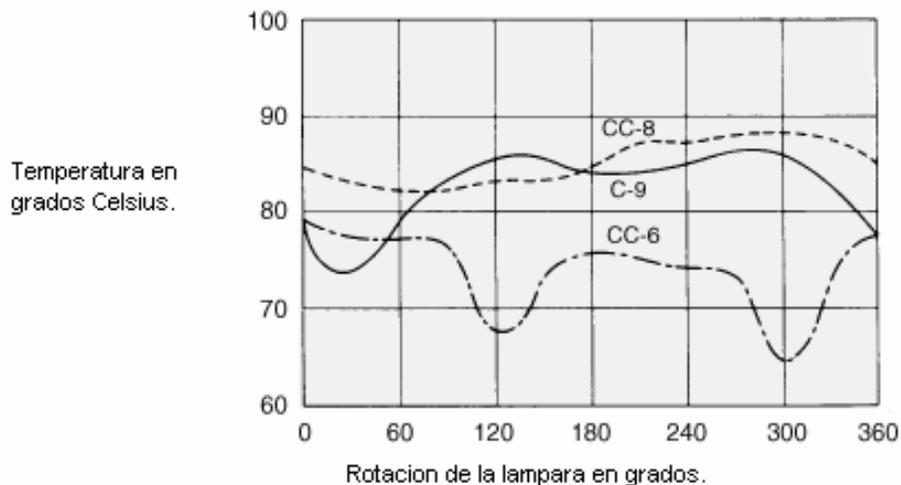
Las temperaturas de la bombilla y el casquillo para una lámpara 100-W A-19 y una lámpara 500-W PS-35, a una temperatura de 25° C, son mostradas en la figura.

Las bombillas de lámparas de filamento incandescente de servicio general son hechas de vidrio cal-soda (el más común y el más económico), siendo 370° C (698° F) su máxima temperatura de seguridad. Algunas lámparas de aplicaciones especiales, como las de iluminación de exteriores, tienen una bombilla de vidrio más resistente, siendo de 470° C (878° F) su temperatura máxima de seguridad. Existen lámparas con bombillas de vidrio aún más resistentes que pueden ser operadas a temperaturas por encima de 520° C (968° F).

La temperatura de seguridad máxima para la base en las lámparas de servicio general es de 170° C (338° F), medida en el empalme entre la base y la bombilla. Una temperatura excesiva puede causar una falla en el cemento de la base, o bien un ablandamiento en la soldadura usada para conectar los alambres guías con la base. El cemento de silicón y la soldadura de alto punto de fusión, permite a la temperatura de la base aproximarse a los 260° C (240° F). Las bases de dos postes resisten calor considerable en el enchufe a través de la base de clavijas y las partes del enchufe que están en contacto con la base de clavijas, siendo estos capaces de soportar temperaturas por arriba de 290° C (554° F). El cuarzo infrarrojo fundido en forma tubular y la lámpara de ciclo tungsteno-halógeno tiene una temperatura máxima en el sello de 350° C para prevenir la oxidación.

Algunos de los factores que afectan la temperatura de la base son: el tipo de filamento, la longitud del centro de luz, los protectores del calor, la forma y tamaño de la bombilla y el llenado de gas. La temperatura de la base no esta relaciona con la clasificación de potencia de las lámparas, puesto que una lámpara de baja potencia no necesariamente implica una baja temperatura en la base.

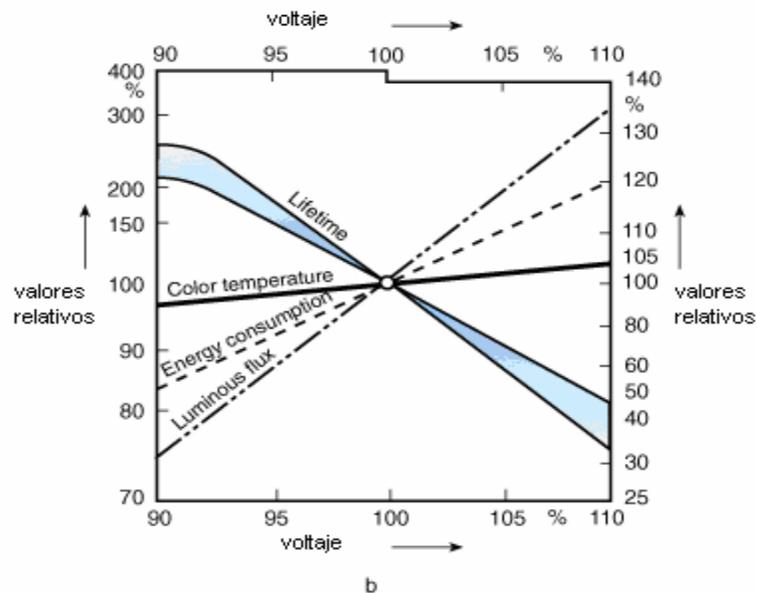
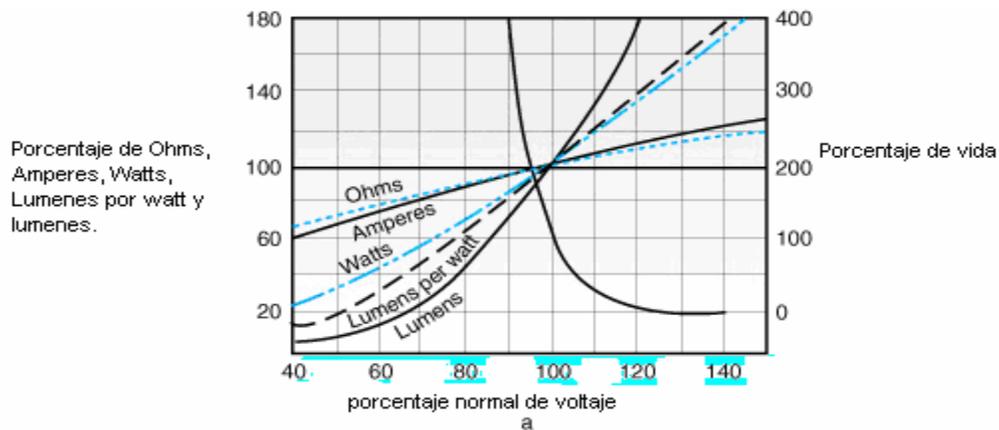
Las altas temperaturas reducen la vida del aislamiento eléctrico de las lámparas y de las partes del luminario. En la siguiente figura se observa cómo la posición del filamento afecta la temperatura de la bombilla, esta variación de la temperatura con la posición es suficientemente grande como para afectar la vida del aislamiento en los alambres y otros componentes del luminario.



Características de la lámpara

La relación entre vida, eficiencia, temperatura de color y voltaje. Si el voltaje que se aplica a una lámpara de filamento incandescente es variado, da como resultado un cambio en: la temperatura y la resistencia del filamento, la corriente, la potencia, el rendimiento, la eficacia y la vida útil. Estas características se encuentran relacionadas y no puedes cambiar una sin que sean afectadas las demás.

La figura muestra los efectos de variación de voltaje y corriente sobre las características de operación de: a) Lámparas de filamento incandescente en un circuito de alumbrado general (múltiple) y b) Lámparas de tungsteno-halógeno en un circuito en serie de alumbrado de calles.



Las curvas de la figura muestran el efecto con la variación de voltaje en las lámparas de un circuito de alumbrado general (múltiple). El efecto en la variación de voltaje sobre las características de las lámparas de tungsteno-halógeno no puede determinarse con precisión fuera de el rango de 90 a 110 % de el voltaje de operación normal.

El muescado de el filamento. Ordinariamente, en pruebas de operación en laboratorio, se determina la vida normal de la lámpara incandescente por medio de la evaporación normal del filamento de tungsteno, logrando alcanzar así una vida promedio. Otro factor que determina la vida de el filamento es el muescado o la aparición de muescas, en forma de huellas o parecidas a los dientes de una sierra, en todas las partes de la superficie de el filamento después de un largo uso. Estas muescas reducen en cualquier punto el diámetro del alambre del filamento. Siendo en algunos casos, especialmente en los filamentos de alambres finos, tan profundas que casi parten el alambre. La evaporación más rápida debido a las altas temperaturas en la muesca y la reducción de la resistencia en el filamento se convierten en los factores dominantes que influyen en la vida de la lámpara. Reduciendo esta causa el pronostico de vida de la lámpara a la mitad.

La aparición de muescas en el filamento es asociado con por lo menos tres factores (ocurriendo principalmente en lámparas de filamento de alambre finos o muy delgados): 1) La operación de el filamento con baja temperatura, como en lámparas de larga duración que son diseñadas de 10,000 hrs. a 100,000 hrs.; 2) Tamaños pequeños en el alambre de el filamento, típicamente menos de 0.025 mm. (0.001 in) en el diámetro. Y 3) La operación con corriente directa.

La depreciación Durante la Vida. Durante un período de tiempo, los filamentos incandescentes se evaporan y se ponen más pequeños, aumentando su resistencia. En los circuitos múltiples, el aumento en la resistencia del filamento reduce corriente, poder y luz. Una reducción extensa en el rendimiento de luz se causada por absorción de luz, debido a las partículas de tungsteno evaporadas y depositadas en la pared de la bombilla.

En los circuitos en serie con reguladores de corriente, el incremento de la resistencia en el filamento durante su vida, causa un incremento en el voltaje que pasa por la lámpara y en consecuencia un incremento en la potencia y lúmenes generados. El incremento en lúmenes está compensado en diversos grados por la absorción de luz causada por el tungsteno depositado sobre la bombilla. En lámparas de corriente baja la depreciación neta de la producción de luz durante su vida es muy pequeña, o en los tamaños más pequeños hay tal vez un incremento real. En lámparas clasificadas de 15 y 20 A. el ennegrecimiento es mucho mayor y es más que compensado el incremento de lúmenes debido al incremento de potencia durante toda su vida.

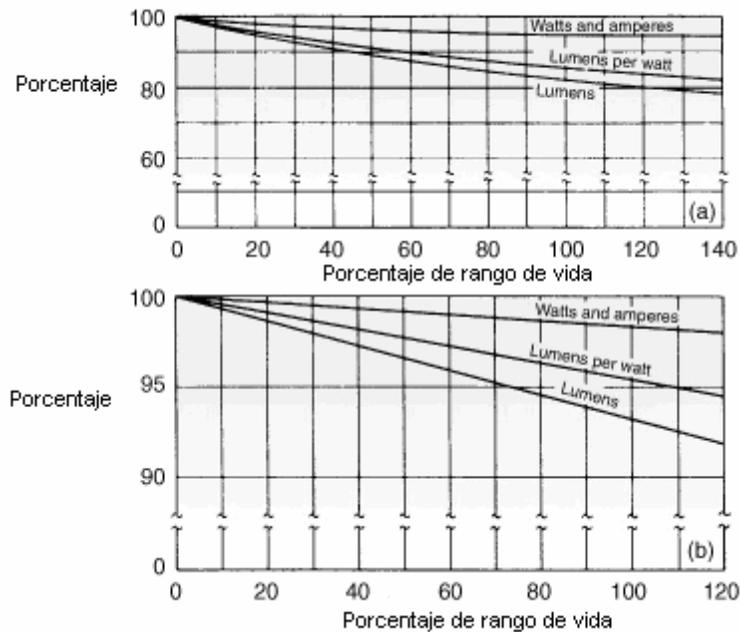
El ennegrecimiento sobre la bombilla en las lámparas al vacío se da de manera uniforme. En las lámparas llenadas de gas, las partículas de tungsteno son cargadas por corrientes de convección hacia la parte superior de la bombilla. Cuando las bombillas son prendidas con la base arriba, la

mayor parte del ennegrecimiento ocurre en el área del cuello, donde algo de luz es interceptada por la base. Consecuentemente, el mantenimiento del lumen con funcionamiento de base- arriba, es mejor que con base- abajo o funcionamiento horizontal de lámparas llenas de gas.

En una lámpara que funciona con base-arriba, una apreciable reducción en la Depreciación de Lumen de la Lámpara (LLD) puede ser obtenido mediante el uso de un filamento de arrollamiento enrollado, localizado sobre o paralelo a los ejes de la bombilla.

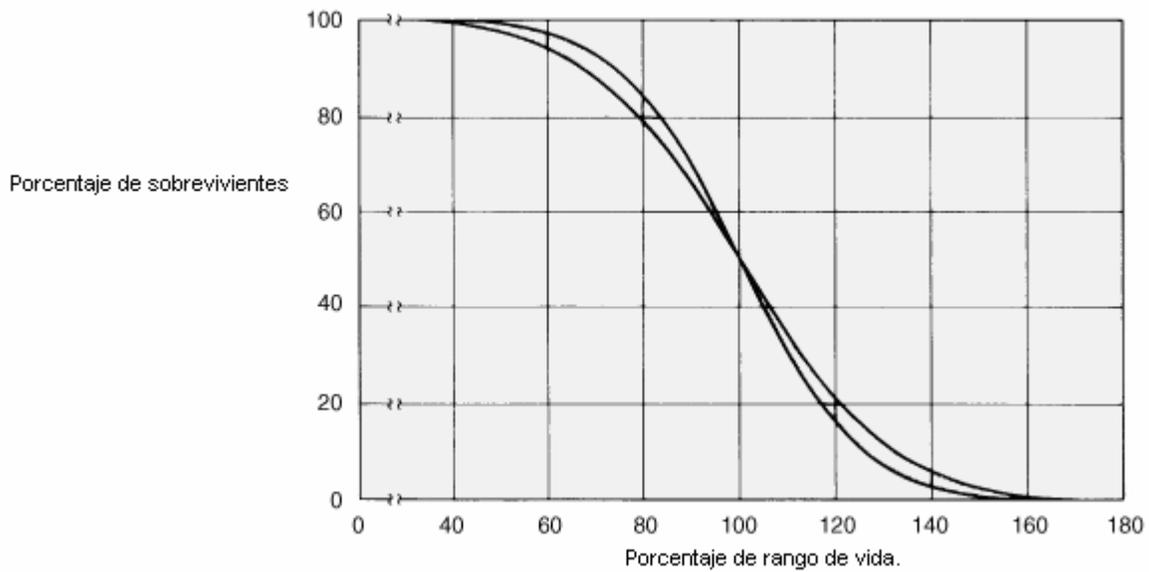
Para reducir el ennegrecimiento por rastros de oxígeno o vapor de agua en el gas de relleno, un químico activo, conocido como eliminador, es usado dentro de la bombilla para combinar y absorber las impurezas restantes en la bombilla.

Las lámparas de ciclo tungsteno-halógeno generalmente tiene significativamente menos depreciación durante su vida debido al ciclo regenerador, el cual remueve el tungsteno evaporado de la bombilla y lo redeposita sobre el filamento



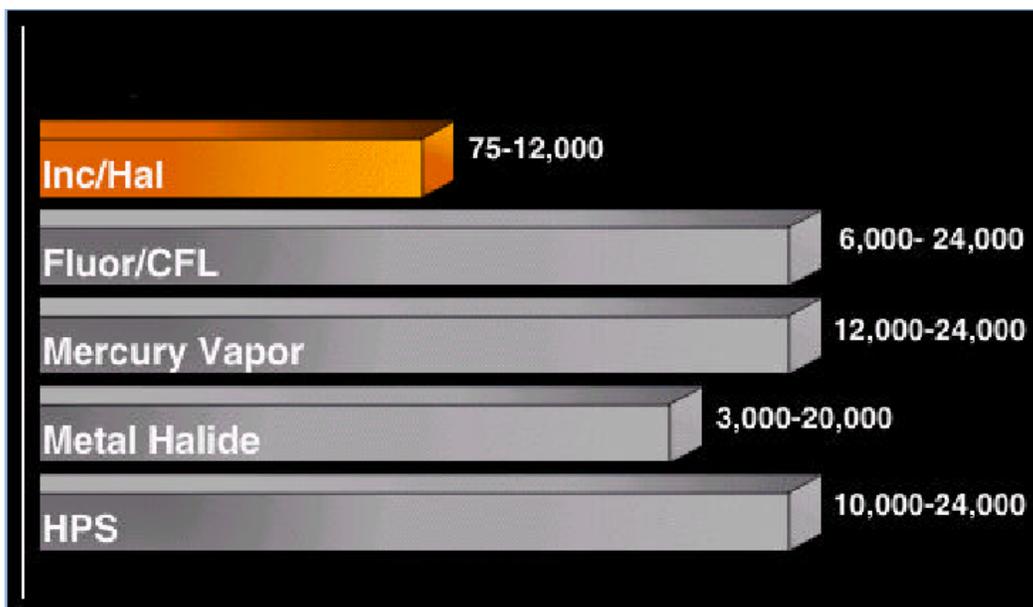
La figura de abajo muestra el rendimiento y la eficacia, para las típicas lámparas de tungsteno-halógeno (b) e incandescentes (a).

La Mortalidad de la lámpara. Muchos factores inherentes en el proceso de fabricación, hacen imposible lograr la vida tasada a cada lámpara para la cual fue diseñada. Por esta razón, la vida de la lámpara se tasa como el promedio de un grupo grande.



Un rango de curvas de mortalidad es representado por lámparas de alta calidad en la siguiente figura.

Vida útil de los diferentes tipos de lámparas.



Reguladores de lámparas incandescentes y lámparas de tungsteno-halógeno. Los reguladores de intensidad de luz (dimmers) actuales tienen un doble propósito: conservar la energía y efectos estéticos de iluminación. Las lámparas incandescentes pueden ser reguladas simplemente disminuyendo el voltaje que pasa por el filamento de la lámpara. Cuando es disminuido el voltaje, menos poder es disipado y menos luz es producida, con una temperatura de color menor. Un beneficio adicional es el incremento en la vida de la lámpara incandescente, por ejemplo, cuando una lámpara incandescente es operada al 80% de su rango de voltaje usando un regulador, su vida es incrementada por un factor cercano a 20. En las lámparas de tungsteno-halógeno la vida del filamento depende del voltaje justo como con las lámparas de filamento incandescente estándar. Sin embargo, debido a que el ciclo regenerativo se detiene cuando la temperatura en la pared de la bombilla cae por debajo de 260° C (500° F), las lámparas de tungsteno-halógeno se ennegrece y su vida útil no se extiende por casi el mismo factor como aquél de las lámparas incandescentes. Esto puede ser parcialmente compensado con la operación de la lámpara cerca o a su completa producción de luz, lo cual ayuda a limpiar la lámpara del tungsteno depositado.

En los años 50s, los reóstatos fueron usados como reguladores de intensidad de luz por regular la corriente en una lámpara incandescente. Ellos era grandes e ineficientes, hoy muchos dimmers son electrónicos, usando thyristor y circuitos de transistor que tienen bajo poder de disipación. Los modernos dimmers son eficaces y reducen el poder, regulando el rendimiento de la fuente. Thyristors funcionan como interruptores de alta-velocidad que rápidamente cambian el voltaje de la lámpara en encendido y apagado. Este cambio de voltaje puede causar una interferencia electromagnética con otra parte del equipo eléctrico, como un zumbido en el filamento de la lámpara. Existen los llamados rollos magnéticos conocidos como ahogadores que son usualmente usados como filtros para reducir estos efectos.

4.2.4 CLASIFICACION DE LAMPARAS INCANDESCENTES Y TUNGSTENO-HALOGENO.

Las lámparas incandescentes fueron divididas históricamente en tres grandes grupos: lámparas grandes, lámparas miniatura y lámparas de especialidad. Ellas también fueron catalogadas separadamente por los fabricantes de lámparas. En este catálogo se pueden observar cuatro categorías con el propósito de ilustrar su aplicación: lámparas generales, lámparas de aplicación especial, lámparas miniatura de bajo-voltaje y de sello ancho y lámparas fotográficas y foto-ópticas. A continuación se describen estas categorías de manera breve.

Lámparas generales.

Servicio general. Estas grandes lámparas construidas para la iluminación general en circuitos de 120 V. El rango de las lámparas de servicio general va de los 10 a los 1500 W y satisfacen la mayoría de las aplicaciones de iluminación incandescente. Las bombillas en todos sus tamaños están hechas ya sea claras o de esmerilado interno. Por debajo de los 200 W, están disponibles con acabados de una capa interna blanca.

Voltaje alto. Esta clase se refiere a las lámparas que son operadas directamente a circuitos de 200 a 300 V y representan una porción muy pequeña de las lámparas demandadas. Los productores de lámparas aprobaron que el nivel de voltaje apropiado para lámparas de hasta 250 V, sea de 250 V y 600 V para lámparas mayores de 250 V.

Las lámparas de alto voltaje tienen filamentos de menor diámetro y de longitud mayor, por lo que requieren más soportes de los que necesita una lámpara de 120 V. Por consiguiente, los filamentos son menos accidentados o irregulares y son 20 o 30 % menos eficientes porque tienen grandes pérdidas de calor. Debido al alto voltaje de operación, estas lámparas requieren menos corriente por el mismo poder, permitiendo alguna economía en el cableado.

El servicio extendido. Las lámparas de servicio extendido son deseadas para uso en aplicaciones donde una lámpara fallida causa un inconveniente considerable, molestia o riesgo, o donde el costo de la mano de obra para reemplazarlas es alto, o donde el costo del poder es extraordinariamente bajo. Para tales aplicaciones, donde la larga vida es más importante y una reducción en el rendimiento de luz es aceptable, están disponibles lámparas con 2500-hrs. o con un rango mayor de vida útil. Una vida más larga es obtenida por la operación del filamento por debajo de su temperatura normal, esto sin embargo baja la eficacia luminosa. En muchos de los servicios

generales, como el residencial, donde es importante su eficacia y su reemplazo es fácil, no se recomienda usar lámparas de vida larga, para tal uso se recomienda las diseñadas para una duración de 750 a 1000 hrs. que nos dan un rendimiento mayor de luz que las lámparas de servicio extendido.

Lámparas de tungsteno-halógeno para iluminación general. Estas lámparas son mejores que las fuentes normales incandescentes en varios sentidos. Sus ventajas sobre las fuentes incandescentes normales incluyendo un bajo factor de depreciación (LLD) y un tamaño compacto. También proporciona luz más blanca (mayor temperatura de color) y un rendimiento mas prolongado.

Las lámparas de halógeno estas disponibles para voltajes de línea y para voltajes bajos. Para voltajes de línea están disponibles lámparas de terminación sencilla, lámparas de doble terminación y PARs. Las lámparas de voltaje bajo son generalmente cápsulas o pequeños tipos de reflectores. También están disponibles para aplicaciones especiales.

Las lámparas de halógeno de voltaje bajo operan en el rango de voltaje de 5 a 30 V. Este voltaje se proporciona a través de un transformador. Las ventajas de lámparas de voltaje bajo son la mayor resistencia a la vibración e impactos, debido a su mayor diámetro en el alambre del filamento, un filamento mas compacto que permite un haz mas controlado y una mayor eficacia que las lámparas de voltaje de línea.

Hay mas generación de radiación UV en lámparas de tungsteno-halógeno que en lámparas incandescentes regulares, debido a la temperatura más alta en el filamento. La cantidad de radiación UV emitida es determinada por el material de recubrimiento. Cuarzo fundido y un vidrio al alto silicio transmiten más de la radiación UV emitida por el filamento, mientras que otro vidrio especial al alto silicio y aluminosilicio, absorbe la radiación UV. En iluminación general, los luminarios de tungsteno-halógeno pueden tener un lente o cubierta de vidrio que brinda una protección de seguridad en caso de una ruptura en la lámpara, además existe una mayor filtración de radiación UV.

El ciclo regenerativo del halógeno es muy sensible a las temperaturas por eso estas lámparas deben operarse de acuerdo a las especificaciones de los fabricantes.

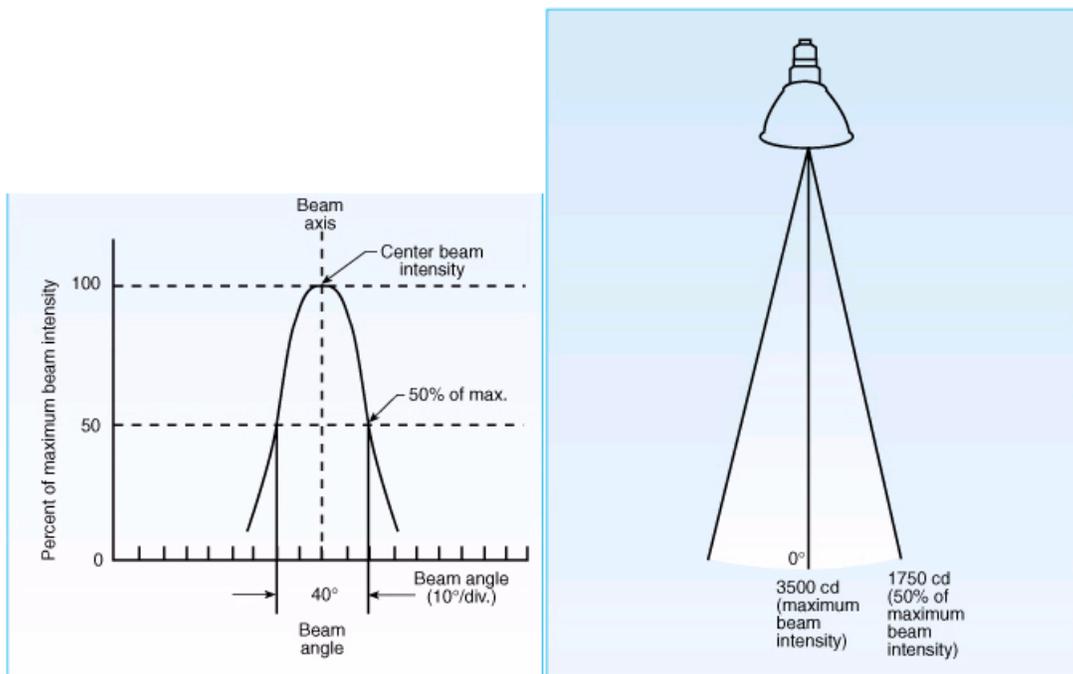
Usando multicapas que reflejen la radiación UV, se puede elevar el rendimiento de la lámpara, disminuyendo el poder de entrada y sin reducir su vida.

Reflector. Lámparas con reflector incluido están hechas con bombillas de formas estándar y especiales, ambas con una cubierta reflexiva en la superficie de estas. Cubiertas de plata y aluminio son usadas, la primera puede ser aplicada internamente o externamente. En el segundo caso esta es

protegida por una capa de cobre aplicada electrolíticamente y rociada con una terminación de aluminio. La capa de aluminio es aplicada internamente por condensación de aluminio vaporizado sobre la superficie de la lámpara.

Servicio rudo. Son lámparas provistas de resistencia a la ruptura del filamento, emplean múltiples soportes de filamento, debido al número de soportes, la pérdida de calor es mayor y la eficacia disminuye más que las lámparas de servicio general.

Incandescentes lineales. Lámparas con una bombilla tubular de 26mm. (1 pulg.) ,y dos bases metálicas de disco en cada orilla, con el filamento conectado entre ellas. Estas lámparas están disponibles con bombilla clara o blanca o de varios colores.



El Angulo de haz de luz es el Angulo dentro del cual la lámpara produce 50% de la máxima intensidad de la lámpara

Decorativas. Existe una gran variedad de lámparas para decoración, así como diferentes formas y colores para conseguir la apariencia deseada.

Tres-vías. Estas lámparas emplean dos filamentos que operan separadamente o en combinación para ofrecer tres niveles de iluminación.

Lámparas de aplicación especial

Las lámparas de aplicación especial, son aquellas lámparas que han sido diseñadas para una sola aplicación principalmente.

Reflectores y focos. Lámparas usadas en reflectores y focos o en otros luminarios especializados para la iluminación de escenarios de teatro, estudios de cine y estudios de televisión, tienen filamentos concentrados y colocados con exactitud con respecto de la base. Cuando el filamento es colocado en un punto focal de un reflector o un sistema de lentes, un haz de luz muy preciso y controlado es obtenido. Estas lámparas están dirigidas para uso con sistema de reflector externo. Debido a su construcción, estas lámparas deben ser encendidas en posición para la cual son diseñadas, para evitar fallas prematuras.

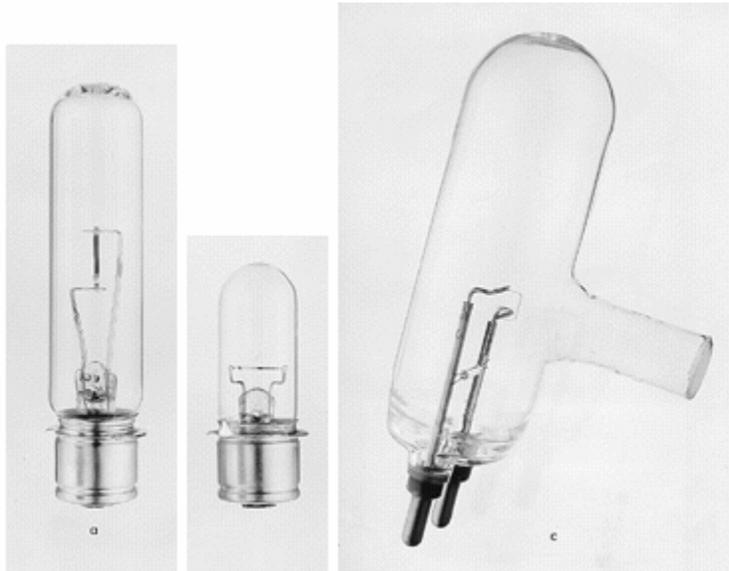
Lámparas para aparatos electrodomésticos. Lámparas de tipo alta-temperatura que pueden ser utilizadas a temperaturas por encima de 315° C están disponibles para hornos. Otros tipos son diseñadas para refrigeradores y lámparas de filamento rugoso son usadas en aspiradoras.

Servicio de vibración. La mayoría de las lámparas tiene la espiral del filamento hecho de tungsteno con alta resistencia a la cedencia. Las lámparas para vibración, diseñadas para uso donde la vibración puede causar una falla temprana. Están hechas con un filamento de tungsteno más maleable, permitiendo la movilidad del alambre y evitando un corto circuito entre el arrollamiento.

Señales. Mientras que un gran número de lámparas llenadas con gas son usadas en lugares cerrados y en otro tipo de señales eléctricas, aquellas diseñadas principalmente como lámparas de señal son de tipo al vacío. Estas lámparas se adaptan mejor para señales a la intemperie o en anuncios, debido a su menor temperatura en la bombilla, minimiza la incidencia de fracturas termales provocadas por la nieve y la lluvia. Algunas lámparas de bajo-wattage, sin embargo, son llenadas de gas y son usadas en señales intermitentes. La temperatura de la bombilla de lámparas llenadas de gas de bajo-wattage, es suficientemente bajo para permitir ser expuestas a exteriores usando circuitos de alta velocidad de parpadeo.

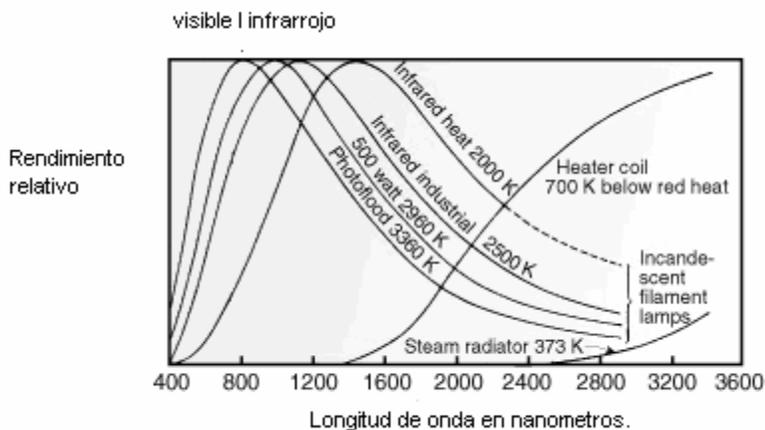
Lámparas de señales de tráfico. Las lámparas usadas en señales de tráfico son sujetas a más severos requerimientos que la mayoría de aplicaciones de las lámparas incandescentes. Tales lámparas deben ser compatibles con los requerimientos de diseño de las señales de tráfico estándar.

Lámparas de filamento de cinta. Lámparas incandescentes hechas con filamento de tungsteno en forma de tira o cinta han sido usadas en aplicaciones especiales donde se requiere una gran uniformidad de iluminación. Algunas son generalmente empleadas en grabadoras, oscilógrafos y en microscopios. Otras son usadas en pirómetros y espectrógrafos.



Típicas lámparas de filamento de cinta.

Lámparas infrarrojas para calentar. Todas las lámparas de filamento incandescente son generadoras efectivas de radiación IR. El poder de entrada de la mayoría de las lámparas de filamento incandescente es radiado en energía IR, que es absorbida por el recubrimiento de vidrio de cuarzo fundido. Lámparas diseñadas para calefacción por bajo rendimiento de luz y su larga vida. Estas lámparas pueden tener una vida de hasta 5000 hr. , debido a la menor temperatura en el filamento, la mayoría de la temperatura es absorbida por la bombilla.



Distribución de espectro de poder de varias fuentes infrarrojas.

Lámparas miniatura de bajo-voltaje y lámparas de sello ancho.

El termino de “miniatura” aplicado a las fuentes de luz es determinado por los canales comerciales a través de los cuales son distribuidas en lugar de por su tamaño o sus características. En general, la mayoría de las lámparas miniatura son pequeñas y requieren de poco poder relativamente. La más notable excepción de esta generalización son las lámparas de sello ancho, tales como faros automotores y las lámparas de aterrizaje en aviones, algunas de las cuales son miniatura, aunque puedan tener 200 mm. de diámetro y disipar arriba de 1000 w. La gran mayoría de lámparas miniatura son de filamento incandescente o lámparas brillantes, siendo las segundas del tipo de lámparas de descarga. Lámparas miniatura son usadas principalmente donde las condiciones requieren un tamaño pequeño y poco poder. Para asegurar que las lámparas sean tan pequeñas como sea posible, el tamaño de la base combina muy bien con la bombilla y su aplicación. Estas lámparas tienen muchos usos principalmente automotrices, en aviones, decorativos en lámparas brillantes en circuitos electrónicos, aunque lámparas miniatura incandescentes son remplazadas por lámparas miniatura halógenas, debido a su luz más blanca y brillante y su mayor duración.

Las lámparas subminiatura están incrementando su popularidad, estas son usadas principalmente en linternas pequeñas, joyerías e instrumentos médicos.

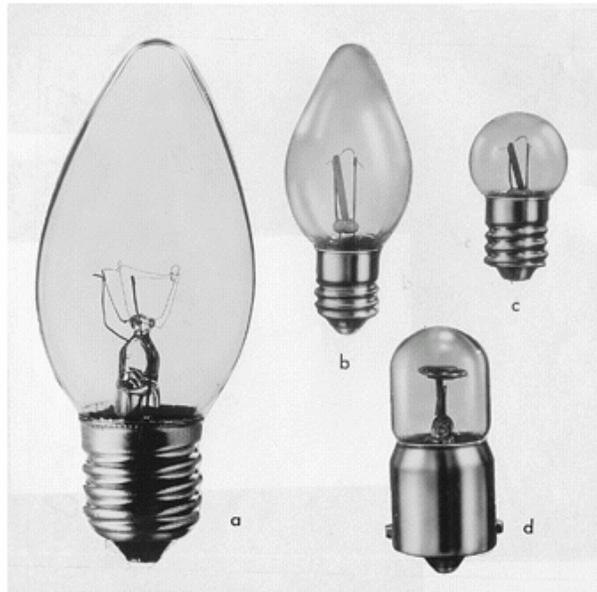
Trenes y locomotoras. Lámparas diseñadas para servicio en trenes y locomotoras son diseñadas en varias clases de servicio de bajo –voltaje. El poder es usualmente provisto por un generador, con una batería conectada en in paralelo. Las lámparas de bajo-voltaje tienen un filamento mas corto y pesado que las lámparas de 120 V de mismo wattage, por consecuencia este es más rugoso y tiene mayor eficiencia.

Aviación. La iluminación para aviación se divide en dos clases: iluminación en aeropuertos e iluminación en aviones. En iluminación de aeropuertos se usan lámparas múltiples o en serie. En aviones, lámparas miniatura y pequeñas son usadas tanto en interiores como en exteriores.

Lámparas destellantes.

Lámparas incandescentes que destelan automáticamente, debido a que están construidas con una tira bimetálica similar a la usada en los termostatos, se encuentran disponibles en varios tamaños. Cuando enciende la lámpara, el calor del filamento causa que la tira bimetálica se aleje del alambre guía, esta separación provoca que la lámpara se apague. Como la tira bimetálica se enfría, esta regresa

a su posición y vuelve a tener contacto con el alambre guía y se enciende de nuevo la lámpara, siendo este su ciclo de funcionamiento.



Lámparas de filamento de cinta típicas: a) 6 V, 18 A, T-10, 2 mm, 3000-K para iluminación de microscopio; b) 6V, 9 A, T-8 ½, 1 mm, 3000 K fuente óptica; c) 3.5 V, 30 A, T-24 con ventana de cuarzo, 3mm, filamento en forma de U, 2300 K para fuente de pirómetro y espectrómetro.

Usos típicos. Uno de los usos típicos de lámparas miniatura es como lámparas indicadoras en: tableros de control, señales de policía, interruptores de motores, etc.

Linternas, farol de mano y bicicletas. Lámparas que son comúnmente operadas con baterías de celdas que proveen el voltaje requerido.

Automotriz. Lámparas para la mayoría de los vehículos de pasajeros, camiones, autobuses. Operan a 12 V, la fuente de poder es un sistema rectificador de alternador y batería.

Aplicaciones foto-ópticas y fotográficas.

Lámparas foto-ópticas. Lámparas diseñadas especialmente para aplicaciones foto-ópticas típicamente requieren tolerancias mas ajustadas de la posición del filamento y a menudo tienen bases especiales para garantizar la alineación de su propósito. En la aplicación foto-óptica, el principal objetivo es coleccionar y dirigir la salida de la lámpara a través de un diafragma. En muchos casos son usados filamentos de bajo-voltaje que aunque pequeños proveen una mas alta fuente luminosa posible, resultando una más grande eficiencia óptica. A menudo la vida es sacrificada por

eficacia. Entre sus aplicaciones típicas tenemos: películas, diapositivas, proyección de video, iluminadores de microscopios y fibra óptica y retroproyectors.

Fotografía. Lámparas usadas específicamente para servicio de fotografía son adaptadas para responder a la sensibilidad de varias clases de emulsiones de película. Algunas lámparas son específicas en términos de temperatura de color, lo cual sirve como una clasificación básica. La vida de la lámpara es de menor importancia.

4.2.5 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAMPARAS INCANDESCENTES.

Ventajas:

- Muy puntual.
- Circuito simple.
- Excelente IRC.
- Opera en un buen rango de temperatura.
- Vida útil casi independiente de encendidos y apagados.
- Tiempo de encendido inmediato.
- Efecto estroboscopio nulo.
- Factor de potencia unitario.
- Bajo costo inicial.
- Enorme versatilidad.
- Amplia disponibilidad.

Desventajas:

- Baja eficacia.
- Alta temperatura.
- Alta iluminancia (brillantes).
- Elevado componente infrarrojo.
- Muy vulnerable a las variaciones de tensión.
- Corta vida.
- Alto costo de operación.
- Muy vulnerables a golpes.
- Posición y manejo especial.

4.3 LÁMPARAS FLUORESCENTES

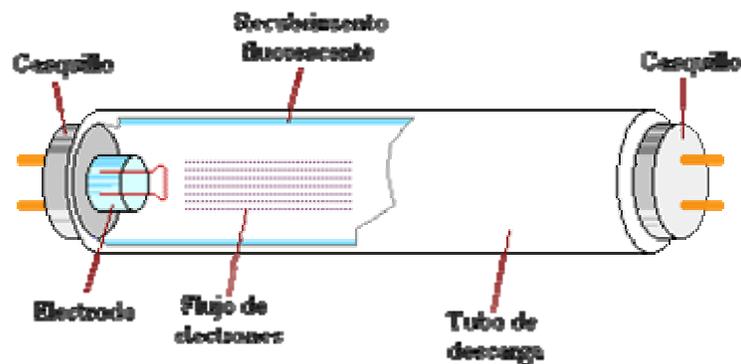


4.3.1 TEORIA DE FUNCIONAMIENTO

El principio de la producción de luz empleado en las lámparas fluorescentes fue del conocimiento de la ciencia por espacio de varios años antes de que se aplicara a una fuente de luz práctica. El principio de las lámparas incandescentes ya se conocía por muchos años antes de que el sabio Tomas A. Edison inventara una lámpara de ese tipo. La primera lámpara fluorescente hizo su aparición en el año de 1938.

La lámpara fluorescente es una fuente de descarga eléctrica que hace uso de la energía ultravioleta generada a una alta eficiencia por un vapor de mercurio en un gas inerte (argón, criptón o neón) a baja presión para activar un revestimiento de material fluorescente (fósforo) puesto sobre una superficie interna de un tubo de vidrio. El fósforo simplemente transforma la luz ultravioleta invisible en luz visible.

Esencialmente, la lámpara es un bombillo tubular revestido y evacuado que contiene una pequeña cantidad de mercurio y de gas inerte. Un electrodo especialmente tratado, denominado “cátodo incandescente”, va sellado en ambos extremos.

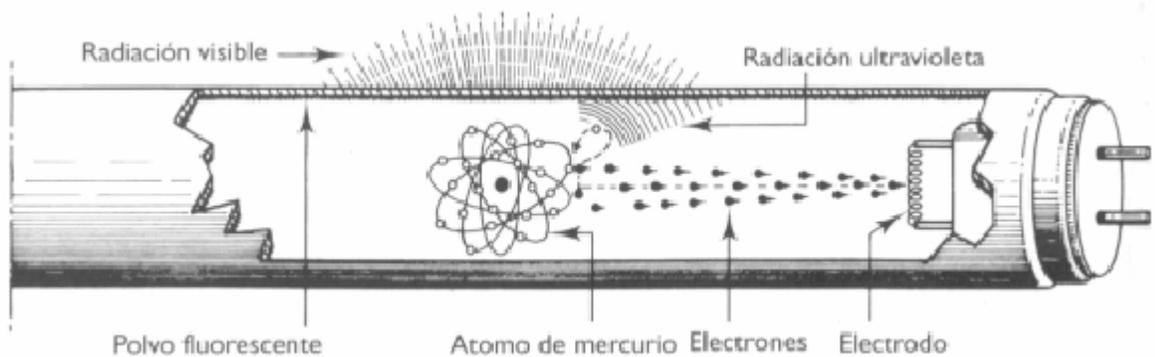


Lámpara fluorescente típica.

Al encenderse inicialmente la lámpara fluorescente, el paso de la corriente eléctrica a través de los electrodos hace que estos se calienten y suelten electrones del material emisor con el cual están revestidos. Además de los electrones liberados térmicamente, hay también electrones desprendidos por la diferencia de potencial entre los electrodos. Estos electrones viajan a altas velocidades desde un electrodo hasta el otro, estableciendo una descarga eléctrica o arco a través del vapor de mercurio. La lámpara se calienta rápidamente, aumentando la presión de vapor del mercurio al valor de máxima eficiencia.

Un arco de esa naturaleza, encerrado en un tubo de vidrio, tiene ciertas características que varían con la presión del gas y con el voltaje aplicado a los electrodos. La característica más importante es la producción de luz visible y ultravioleta. El choque entre los electrones de rápido movimiento, desde los electrodos, y los átomos de mercurio, desprenden electrones de los átomos de mercurio de su orbita. Esos electrones desplazados casi inmediatamente retornan a su lugar normal, liberando, por lo tanto, la energía que han absorbido, principalmente en forma de radiación ultravioleta a una longitud de onda de 253.7, 313, 365, 405, 436, 546 y 578 nanómetros.

La radiación ultravioleta es convertida en luz visible por los fósforos, los cuales tienen la propiedad de absorber la energía ultravioleta y de volverla a irradiar a longitudes de onda mayores que se puedan observar como luz visible. En otras palabras, los fósforos son excitados al punto de fosforescencia por la energía ultravioleta de la longitud de onda debida. El color de la luz producida depende de la composición química del revestimiento que va dentro del bombillo o foco.



Proceso de producción de luz dentro de una lámpara fluorescente.

Como en la mayoría de las lámparas de descarga, las lámparas fluorescentes deben ser operadas en serie con un aparato limitador de corriente. Este auxiliar, comúnmente llamado balastro, limita la corriente al valor para el cual está diseñada dicha lámpara. Este también provee el voltaje requerido para el encendido y la operación, siendo un regulador.

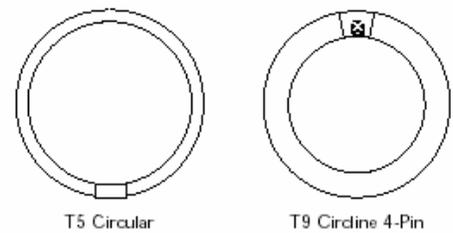
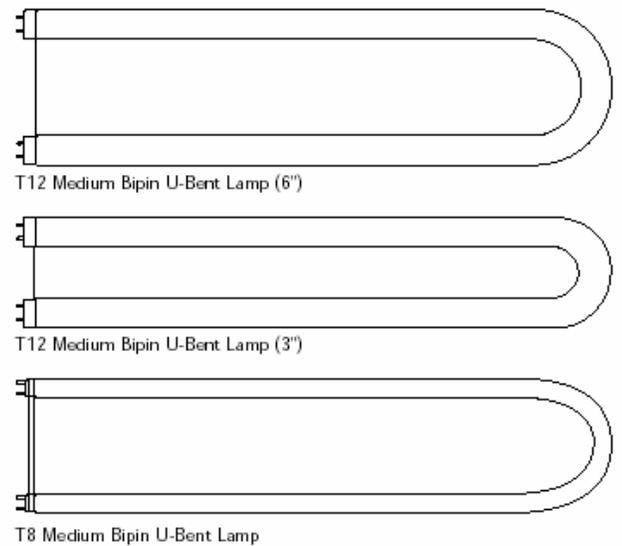
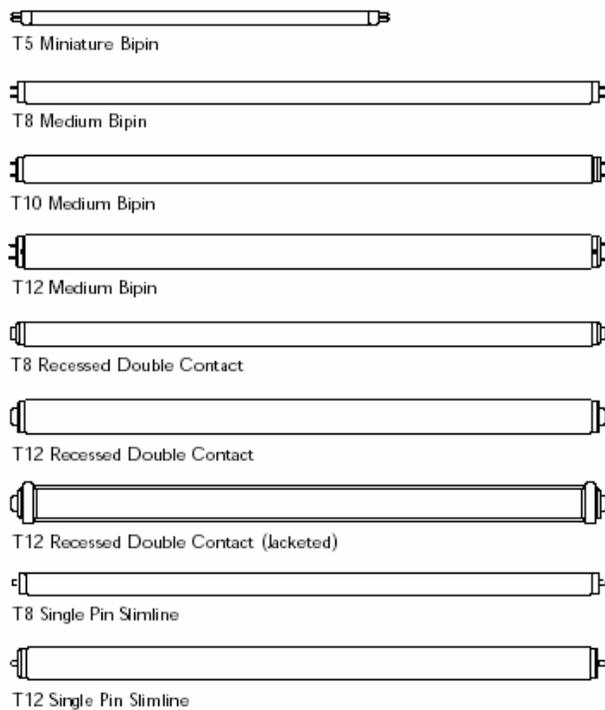


Ejemplos de balastos para lámparas fluorescentes.

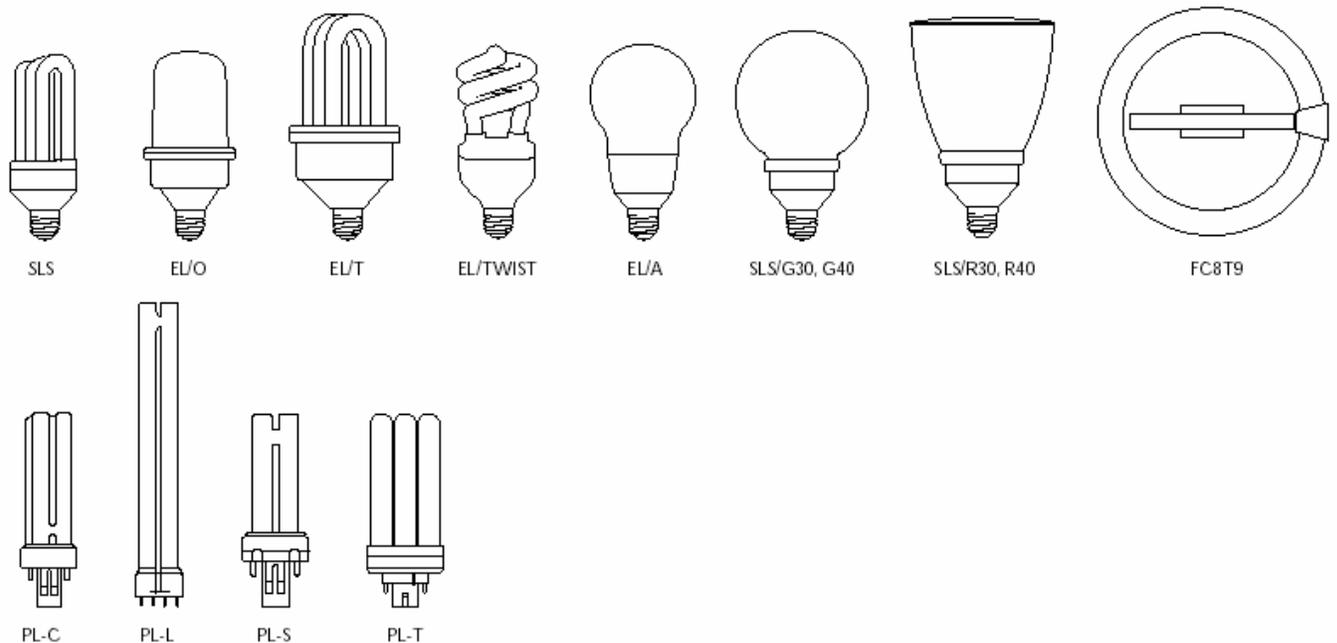
4.3.2 CONSTRUCCION DE LA LÁMPARA FLUORESCENTE.

Bombillas.

Las lámparas fluorescentes lineales están hechas comúnmente con bombillos tubulares rectos en una variedad de diámetro que van aproximadamente desde los 6mm. (0.25 in. T-2) hasta los 54mm. (2.125 in T-17) y una longitud general desde 100 hasta 2440 mm. (De 4 a 96 in). Los bombillos son designados históricamente por una letra que indica la forma, seguida de un número indicando el diámetro máximo en octavos de pulgada. Por ejemplo una lámpara T-8 indica una lámpara fluorescente de bombillo tubular de 8/8. Las lámparas fluorescentes se encuentran en formas diferentes que tubos rectos. Tubos en forma de U, formados por tubos doblado a la mitad, usados comúnmente en luminarias cuadrados de 0.61m. Las lámparas circulares utilizan tubos doblados en forma de círculo con sus dos terminaciones adyacentes una de otra. Se esta incrementando el uso de pequeños diámetros, con una terminación. Compactas, que consisten en tubos de múltiples formas unidos para formar un arco continuo. Estas lámparas están diseñadas para aproximarse al tamaño de las lámparas incandescentes.



Tipos de bombillas de lámparas fluorescentes.



Tipos de bombillas de lámparas fluorescentes compactas.

Nomenclatura de las lámparas fluorescentes. Las lámparas fluorescentes tienen una nomenclatura descriptiva que varía según el fabricante. Aquí tenemos un ejemplo de esta:

F (a)	32 (b)	T8 (c)	RE735 (d)	/ES/HO (e)
<p>(a) Tipo de Lámpara. "F" es usado para lámparas fluorescentes. "FB" o "FU" es usado para lámparas en forma de U, mientras que "FT" es usado para lámparas de dos tubos.</p> <p>(b) Wattage de lámparas de encendido rápido y precalentadas; o longitudes de las lámparas en pulgadas, para lámparas slimline y HO.</p> <p>(c) Diámetro del tubo (en octavos de pulgada). "T8" es un tubo de 1 pulgada de diámetro, y "T12" es un tubo de 1.5 pulgadas de diámetro.</p> <p>(d) Color de la lámpara (a veces es omitido). "RE" indica que son fosforos raros; "7" representa el primer dígito del Índice de Rendimiento de Color CRI (entre 70 y 79); "35" representa los primeros dos dígitos de la Temperatura de Color CCT (entre 3500 y 3599). Para lámparas halofosfatadas, el color se puede representar de esta forma: "CW" para blanco frío o "WW" para blanco cálido.</p> <p>(e) Modificaciones opcionales. "ES" representa lámparas ahorradoras de energía; "HO" es alto rendimiento; "VHO" es muy alto rendimiento. estas se escriben después de una diagonal.</p>				

Nomenclatura de las lámparas fluorescentes.

Electrodos.

Dos electrodos están herméticamente sellados dentro de la bombilla, uno en cada extremo. Estos electrodos están diseñados para operar como cátodo frío o caliente, mas correctamente llamados de operación brillante o de operación de modo de arco.

Electrodos de operación brillante (cátodo frío) pueden consistir en cilindros con terminaciones cerradas de metal, generalmente con una cubierta interna de un material emisivo. Las lámparas de cátodo frío operan a poco cientos de mili amperes, con un alto valor en la caída de voltaje de más de 50 voltios (que es el voltaje requerido para crear iones y un flujo de corriente de electrones).

El electrodo de modo de arco (cátodo caliente) generalmente es construido por un alambre de tungsteno o un alambre de tungsteno alrededor del cual otro fino alambre de tungsteno es uniformemente enrollado. El alambre mas grande es enrollado, produciendo así un electrodo de triple enrollamiento. Cuando el alambre fino esta ausente se refiere al electrodo como de doble enrollamiento. El doble o triple enrollamiento de tungsteno es cubierto por una mezcla de óxidos alcalinos para incrementar la emisión de electrones. Durante la operación de la lámpara el enrollamiento y la cubierta alcanzan una temperatura de aproximadamente 1100° C (2012° F), punto

en el cuál el electrodo emite grandes cantidades de electrones con una pequeña caída en el cátodo, en un rango de 10 a 12 V. la corriente normal de operación de las lámparas de modo de arco es de aproximadamente 1.5 A o menos. Como consecuencia de la baja caída en el cátodo en combinación con el cátodo caliente, se obtiene una mejor eficiencia de de operación de estas lámparas y por consiguiente la mayoría de las lámparas fluorescentes son diseñadas para tal uso.

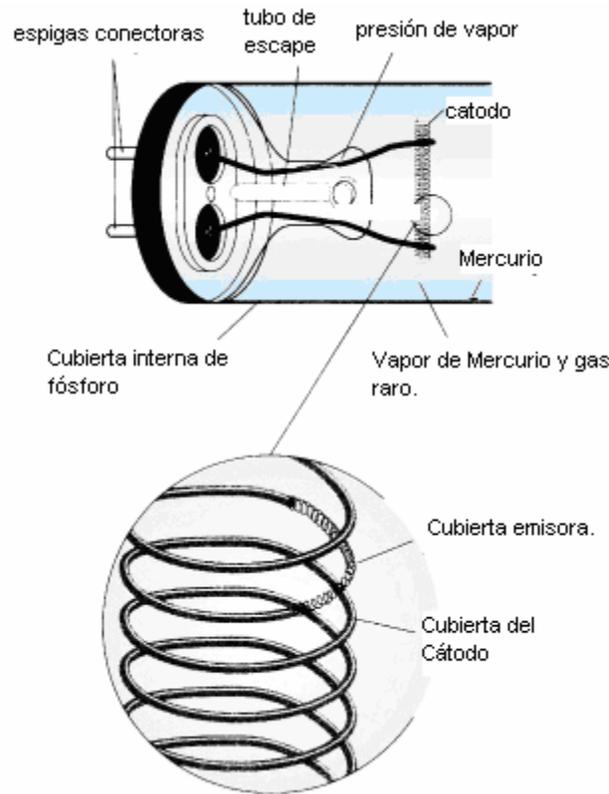


Diagrama de un cátodo de operación de arco (cátodo caliente).

Gas de relleno.

La operación de las lámparas fluorescentes depende de la formación de una descarga entre los dos electrodos sellados en los extremos de la bombilla de la lámpara. Esta descarga es formada por la ionización del gas de mercurio contenido en la bombilla. El gas de mercurio es mantenido normalmente a una presión de aproximadamente 1.07 Pa (0.00016 lb. / in²), la cual es la presión de vapor de el mercurio liquido a 40° C (104° F). En adición con el mercurio, un gas raro o una combinación de gases a baja presión, que va de 100 a 400 Pa. (0.015 a 0.058 lb. / in²) es adicionado

al interior de la lámpara para facilitar la formación del arco de descarga. Las lámparas estándar emplean gas argón; las de tipo ahorradoras de energía emplean una mezcla de criptón y argón; otras, una combinación de argón y de neón o de neón, xenón y argón, dependiendo de la aplicación.

Fósforos.

Los fósforos usados en lámparas fluorescentes son compuestos inorgánicos cristalinos de una alta pureza química junto con otra sustancia de composición controlada, llamada activador, que es adicionada para convertir estos en un eficiente material fluorescente. En algunos fósforos se encuentran presentes dos activadores; Uno de ellos, el activador primario, determina las características de absorción y puede ser usado solo, al ser material emisor también. El otro, el activador secundario, no entra en el mecanismo de absorción pero, recibe esta energía por estar en contacto con el activador primario. La luz emitida desde el activador secundario es más grande en su longitud de onda que el del activador primario. La cantidad relativa de emisión de los dos activadores es determinada por la concentración del activador secundario.

Los fósforos usados en muchas de las lámparas fluorescentes “blancas” son doblemente activados por fósforos de calcio halo fosfatados en combinación con fósforos de activación de tierras raras.

El color de la luz producida por las lámparas fluorescentes depende de la mezcla de los fósforos usados en la pared interna del tubo. Muchos diferentes blancos y colores están disponibles en las lámparas fluorescentes, cada uno con características propias de distribución de energía espectral. Las lámparas fluorescentes populares usan tres fósforos de activación de tierras raras y altamente eficientes con una alta emisión en las regiones de longitud de onda cortas, medias y largas del espectro visible.

Estas lámparas de trifósforos pueden ser obtenidas con un alto rendimiento de color, mejor mantenimiento de lúmenes y una buena eficacia con relación a la temperatura de color entre 2500 y 6000 K con relación a lámparas de halo fosfatos.

Ya que los fósforos de tierras raras son caros, la mayoría de las lámparas de trifósforo T-5, T-8, T-10 y T-12 típicamente, emplean un sistema de dos capas consistiendo en fósforos halo fosfatados menos caros aplicados con los de tierras raras. Los fósforos de tierras raras están más cerca de la descarga de mercurio y, como resultado, la distribución de energía espectral de la lámpara esta más influenciada por los fósforos. Los tipos comerciales comunes tienen una relación de temperatura de color de 3000, 3500 y 4100 K.

Una variedad de tipos de lámparas están disponibles que irradian en una región particular de longitud de onda para propósitos específicos, como son en crecimiento de plantas, realce de mercancías, y terapia médica.

Todas las lámparas son blancas cuando no están encendidas con excepción de las doradas, las rojas y las incandescentes, por estar revestidas con pigmentos de color en la parte interna de sus respectivos bombillos antes de aplicarles las sustancias fosforescentes. Las lámparas azules de luz ultravioleta filtrada, se hacen con un vidrio especial que filtra la luz visible.

Fósforos	Fluorescencia del color
Borato de cadmio	Rosado
Halo fosfato de calcio	Blanco
Silicato de calcio	Anaranjado
Tungstato de calcio	Azul
Germanato de magnesio	Azul
Tungstato de magnesio	Blanco azulado
Halo fosfato de estroncio	Verde claro
Silicato de zinc	Verde

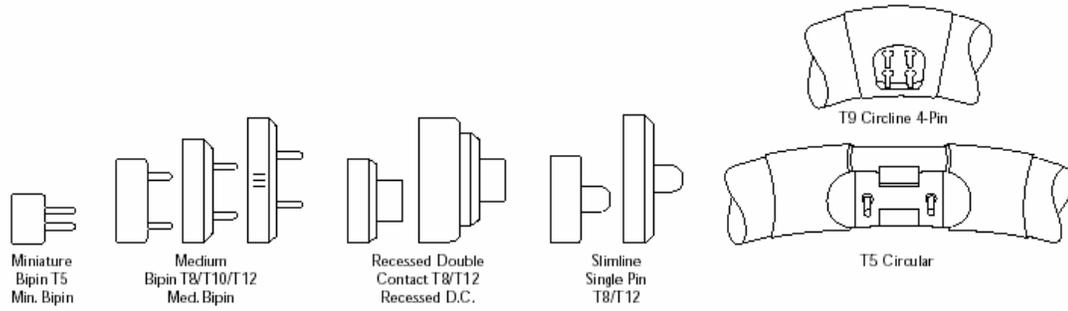
En la figura se observa algunos de los fósforos usados y el color característico de la luz.

Bases.

Para un comportamiento satisfactorio, una lámpara fluorescente debe ser conectada a un circuito eléctrico de balastro con el voltaje apropiado y la corriente característica para su tipo. Son usados varios diseños de bases para lámparas fluorescentes. Las bases soportan físicamente a la lámpara en la mayoría de los casos y proveen un medio de conexión eléctrica.

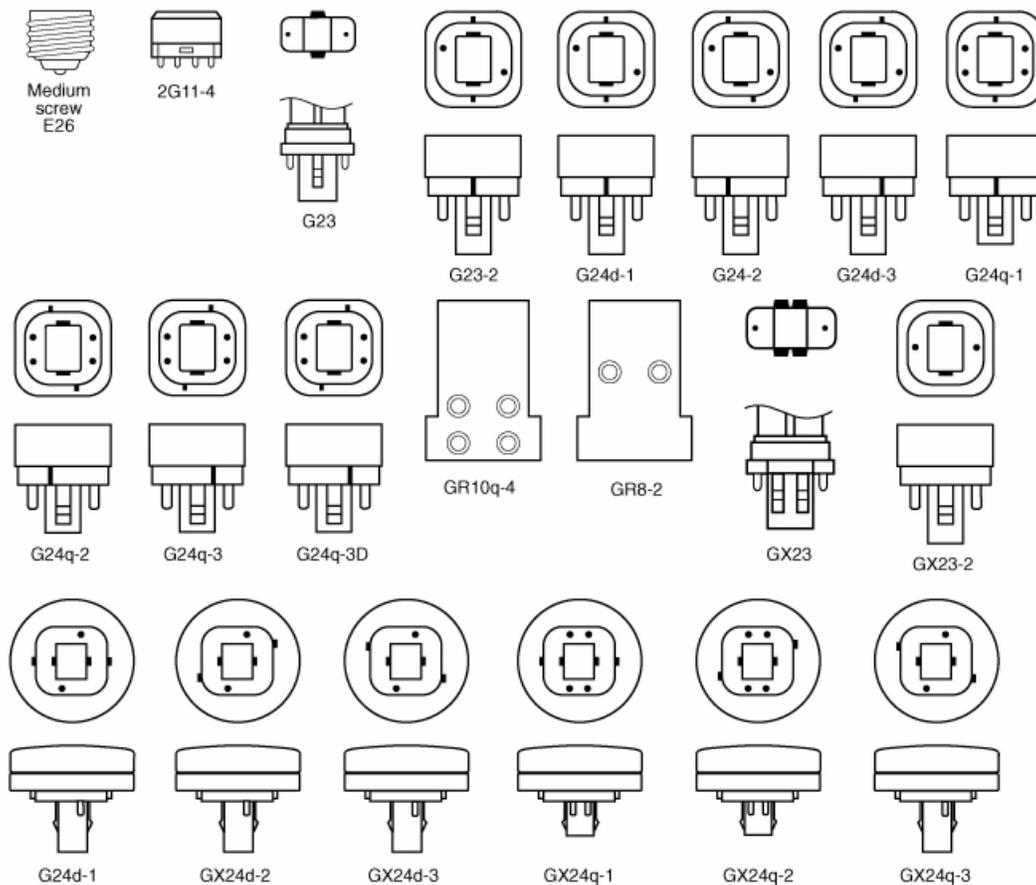
Lámparas tubulares rectas de encendido instantáneo generalmente tiene una conexión sencilla en cada terminación, por lo tanto. Es apropiado una base de una espiga.

Lámparas de precalentamiento y encendido rápido tienen cuatro conexiones eléctricas, dos en cada terminación del tubo, por consiguiente requieren una base de dos espigas. En el caso de lámparas circulares, una sola base de cuatro espigas es requerida. Muchas de las lámparas compactas fluorescentes tienen bases únicas que ayudan a garantizar su uso con el balastro indicado.



Bases de lámparas fluorescentes típicas.

Lámparas compactas fluorescentes de una sola terminación y con arrancadores integrados tienen bases de plástico con interruptores de encendido y filtros reductores de ruido. Estas bases tienen dos espigas para su conexión. Algunas lámparas están disponibles sin los componentes de arranque montados dentro de la base y tienen cuatro espigas para su conexión. Solo las lámparas de cuatro espigas son reguladas. Para las lámparas que sustituyen a las incandescentes en sus aplicaciones, se encuentran las lámparas compactas fluorescentes con balastro integrado, las cuales tienen una base media de rosca.



Bases de lámparas compactas fluorescentes.

4.3.3 FAMILIAS DE LAMPARAS FLUORESCENTES COMUNES.

Lámparas fluorescentes T-12.

Hasta que en 1992 se crea la EPACT (Energy Policy act), la lámpara fluorescente mas comúnmente aplicada en los Estados unidos y en Canadá era la T-12, 40W, 4 ft (1.22m), lámpara de arranque rápido con fósforos de color blanco fresco o blanco calido. La EPACT prohibió su producción después de 1995, así como también de la lámpara T-12, 8ft. Se querían lámparas de 4ft de voltaje reducido y mejor rendimiento de color. A menudo lámparas más eficientes T-8 en muchas instalaciones nuevas conseguían lo especificado.

Lámparas ahorradoras de energía. En respuesta a la crisis de energía de los años 70's, las compañías de lámparas introdujeron lamparas T-12 halofosfatadas llenadas con una mezcla de gas argón y criptón, en lugar de solo argón. Las lámparas de 4 ft (1.22m) pueden ser operadas adecuadamente con un balastro diseñado para lamparas de 4 ft (1.22) y 40 W, pero debido a la mezcla diferente de gas, ellas disipan aproximadamente 34W por lámpara. Algunos de los balastros ahorradores de energía que operan lámparas estándar a un total rendimiento pueden ser usados, siempre y cuando el balastro este incluido en la lista para su uso, esta información se encuentra en la etiqueta del balastro. Una capa conductiva transparente es aplicada a estas lámparas dando por resultado un bajo voltaje de arranque y menores lúmenes de salida. Sustituyendo estas lámparas por lámparas estándar se ahorran 5 o 6 W por lámpara.

Si las lámparas son operadas con balastros magnéticos estándar o de energía eficaz, las lámparas ahorradoras de energía generan el 87% de luz generada por una lámpara estándar (40-W T-12) a 25° C (77° F). Este sistema de balastro y lámpara es menos eficaz que el sistema estándar de balastro lámpara de gas argón, ya que este genera menos lúmenes por watt. Esto es debido al incremento de pérdidas en el balastro, además, estas lámparas no pueden ser reguladas tan fácilmente como las lámparas estándar T-12, y son mas sensibles a la temperatura especialmente en el sentido del encendido, ya que pueden no encender u operar a bajas temperaturas.

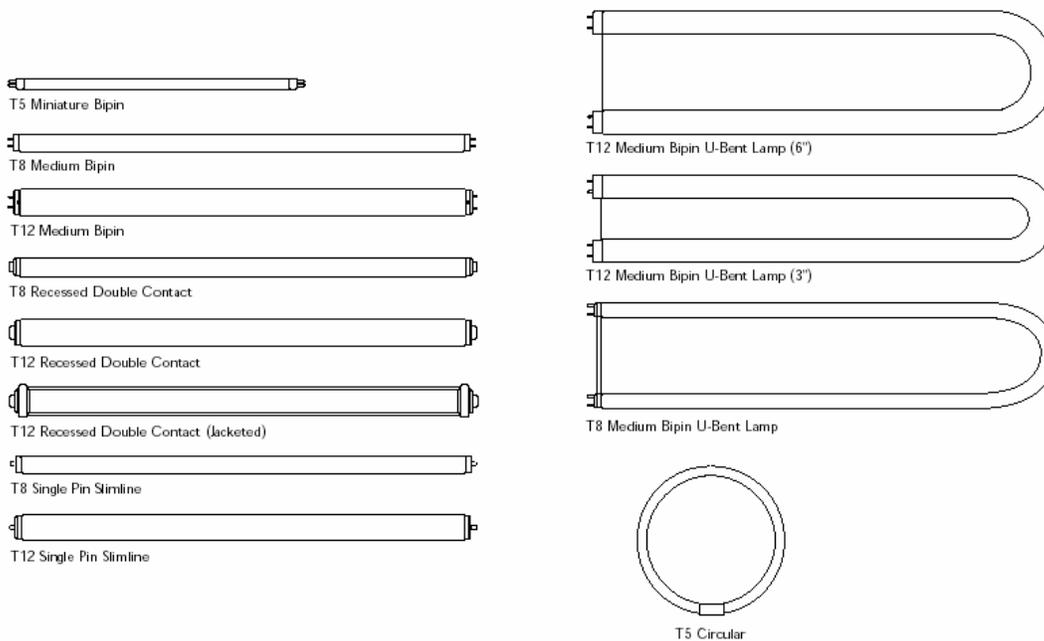
Lámparas fluorescentes T-8.

Las lámparas fluorescentes T-8 son de la familia de 1 plg. De diámetro (25.4 mm.). Lámparas tubulares rectas fabricadas en algunos de las mismas longitudes que las T-12. La versión de 4 ft. Esta diseñada para consumir aproximadamente 32 W, también esta disponible en 2-,3-,5- y 8-ft. (0.16-, 0.91-, 1.52-, y 2.44 m) de longitud. El menor diámetro hace económico el uso de fósforos

raros, caros y más eficaces. Aunque físicamente las T-8 y las T-12 son intercambiables, no pueden ser operadas con el mismo balastro. Las T-8 están diseñadas para operar sobre balastros de línea de frecuencia de encendido rápido aproximadamente 265 mA. o sobre balastros electrónicos de alta frecuencia con ligeramente menos corriente. Debido a las altas eficiencias que se pueden alcanzar con los sistemas T-8, ellas han reemplazado a las lámparas convencionales T-12 en la mayoría de las aplicaciones.

Lámparas fluorescentes T-5.

Las lámparas fluorescentes T-5 son una familia de lámparas de bombillas tubulares rectas de menor diámetro empleando la tecnología de trifósforos. Disponibles solo en longitudes métricas y minibases de dos espigas, las lámparas T-5 proporcionan una fuente de luminosidad más alta que las lámparas T-8 y un mejor control de luz. Las lámparas T-5 proporcionan su rendimiento de luz óptimo a los 35° C (95° F) en lugar de la típica de 25° C (77° F), permitiendo el diseño de luminarias más compactas. También están disponibles en versiones de alto-rendimiento proporcionando aproximadamente el doble de los lúmenes que las versiones estándar de la misma longitud. Las lámparas T-5 están diseñadas para operar solamente con balastros electrónicos. Sus longitudes únicas, sus soportes especiales y sus balastros requeridos hacen de ellas inapropiadas para su reemplazo. Estas lámparas son usadas en luminarias mas superficiales que los de las lámparas T-8, los cuales son mas eficaces que todos lo luminarios de lámparas T-8.



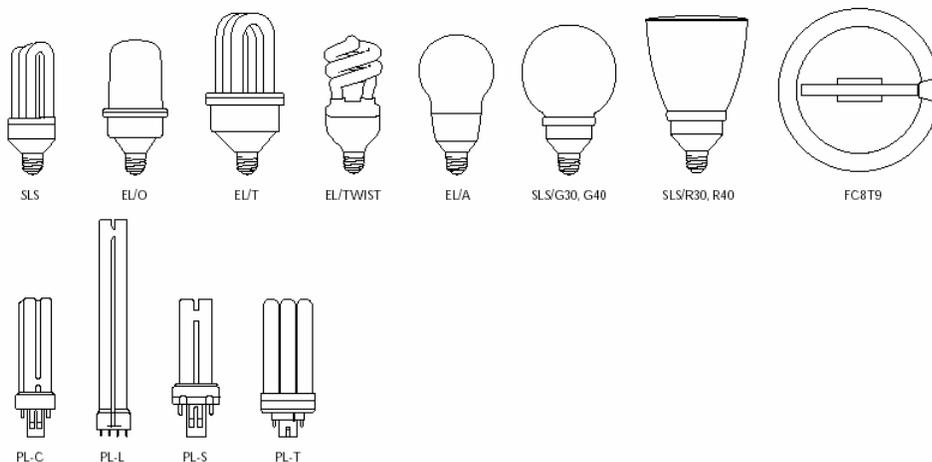
En la figura se observa algunas de las familias de lámparas fluorescentes.

Lámparas compactas fluorescentes.

Los fósforos de activación raros han llevado al desarrollo de un crecimiento de una variedad de lámparas multitubos o multicurvas de una sola terminación conocidas como lámparas fluorescentes compactas (CFLs). Originalmente las lámparas fueron diseñadas para ser intercambiadas por las lámparas incandescentes convencionales de 25 a 100 W, pero ahora este tipo de lámparas incluyen tamaños que reemplazan a lámparas fluorescentes convencionales en pequeños luminarios.

Tubos T-4 y T-5 típicamente son usados en lámparas compactas fluorescentes. Hay muchas de adición, doblado y conexión de tubos para obtener el tamaño y el rendimiento de lúmenes deseado. La porción de tubo de la lámpara es en ocasiones encerrado por una cubierta cilíndrica o esférica traslúcida hecha de vidrio o plástico. Algunas lámparas contienen el arrancador, mientras que otras contienen el arrancador y el balastro, los cuales pueden tomar la forma de un estrangulador magnético o un balastro electrónico.

La potencia de las lámparas compactas actuales varía de 5 a los 55 W, y considerando su rendimiento en el rango de 250 a los 4800 lm. La clasificación general de las longitudes varía de los 100 a los 570 mm. (De 3.93 a los 22.4 plg.), dependiendo de la potencia y la construcción de la lámpara. Algunos diseños con balastro integrado están equipados con bases de rosca tipo Edison que se usan en lámparas incandescentes, mientras que otros diseños usan una base especial tipo espiga para uso especializado, con casquillos de ensamble diseñados para lámparas de una potencia en particular. Debido a la alta densidad de poder de estas lamparas, fósforos de un alto rendimiento son usados extensamente ordenados para aumentar el brillo, mantenimiento de lúmenes y el rendimiento de color. Por debajo de la temperatura de operación pueden ser adheridas amalgamas en algunas versiones para aumentar el rendimiento.



En la figura se observa algunas de las lámparas fluorescentes compactas.

Lámparas fluorescentes especiales

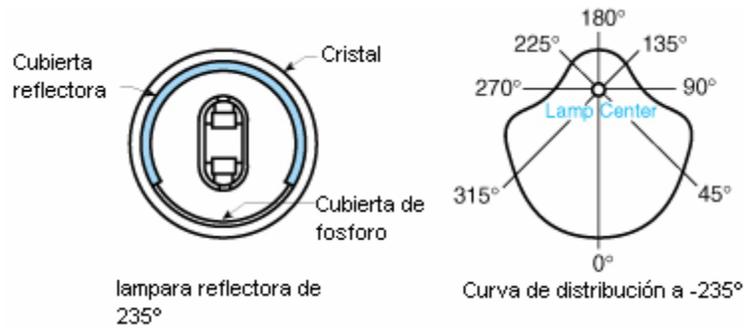
Las lámparas fluorescentes subminiatura son extremadamente pequeñas. Siendo utilizadas primero para la iluminación de fondo en las pantallas de cristal líquido. Estas son de dos tipos: de cátodo caliente y de cátodo frío. Las lámparas tienen un diámetro de bombilla de 7 mm. (Aproximadamente T-2-1/2).

La serie de cátodo frío tienen un rango de 1 a 3 W, con rendimientos de 15 a 130 lm, respectivamente. Son lámparas de longitudes estándar con un rango de 10 a los 50 mm (de 0.4 a las 2 plg.). Estas fuentes de luz de bajo-poder tienen una pared de bombilla de baja temperatura, lo cual es importante en la iluminación de fondo de pantallas, donde el espacio es limitado y los componentes deben mantenerse fríos. Estas lámparas tienen un rango de vida de 20 000 hr.

La familia de cátodo caliente de las lámparas fluorescentes subminiatura tiene un rango de 4 a 13 W, con rendimientos de 95 a 860 lm, respectivamente. El rendimiento de lúmenes es similar a las lámparas T-5 precalentadas de igual longitud. Las lámparas de cátodo caliente tienen un rango de vida de 10 000 hr. Tienen un alto rendimiento de luz y son utilizadas en aplicaciones de iluminación general como iluminación en pantallas, mobiliario de iluminación y en otras aplicaciones que requieren de una fuente de luz de diámetro linear pequeño.

La mezcla de trifosforos en ambos productos utilizada para mejorar la eficacia a la más alta potencia y un buen rendimiento de color (ICR cerca de 80).

Las lámparas fluorescentes reflectoras son diseñadas para aplicaciones donde se requiere dirección en los patrones de distribución de la luz de salida. Ellas tienen una capa reflexiva de polvos blancos entre los fósforos y la bombilla que cubre una mayor porción angular de la pared envolvente. Este reflector proporciona un control direccional que tiene aproximadamente 60 por ciento más de luz debajo de las lámparas que el producido por lámparas regulares sin reflectores. Tienen las mismas características físicas y eléctricas que las lámparas comunes y corrientes y son, por lo tanto, intercambiables. Vienen con reflectores que varían entre 135 y 235 grados, en distintos tamaños. Las lámparas reflectoras se recomiendan especialmente para usarse en zonas industriales no muy limpias que tienen instalaciones de artefactos difíciles de alcanzar para limpiarlos. Otras de sus aplicaciones ideales son en las cornisas cóncavas o bovedillas, escaparates u otros sistemas en donde los reflectores no resultan prácticos debido a la escasez de espacio o de insuficiente reflectancia. En algunas instalaciones se usan para iluminación indirecta dirigiendo los rayos de luz hacia el cielorraso.



En la figura se ilustra una lámpara reflectora.

Lámparas Gro-Lux. Las lámparas fluorescentes Gro-Lux tienen por objeto producir energía radiante en las bandas de longitud de onda que estimulan el crecimiento de las plantas. Suministran altos niveles de radiación roja y azul que son sumamente beneficiosos para la propagación de las plantas. Además, contribuyen a mejorar el crecimiento vegetal y reproductivo de muchas plantas para uso comercial y en el hogar.

Hay dos tipos de lámparas Gro-Lux en varios tamaños. La del tipo común y corriente no solo estimula el crecimiento de las plantas sino que tiene una luz purpurina que realza la apariencia de las flores a la vez que imparte un aspecto atractivo a los peces tropicales en el acuario. Para los cultivadores comerciales se recomienda el uso de lámparas fluorescentes Gro-Lux de amplio espectro diseñada específicamente para este fin. La emisión producida por este tipo de lámpara es bastante fuerte en las longitudes de onda de radiación que son las que promueven dos reacciones fotoquímicas importantes, fotosíntesis y síntesis clorofílica.

Lámparas de luz negra y de luz negra azulada. Las lámparas fluorescentes de luz negra se diferencian de las lámparas fluorescentes comunes y corrientes únicamente en la composición de los fósforos utilizados, que son los que irradian la mayor parte de su energía en la región ultravioleta (máximo a 356.0 nanómetros), en vez de en la gama visible. Dado que las lámparas de luz negra también emiten alguna radiación azul visible, a menudo se usan como un filtro externo de color azul oscuro para suprimir la luz visible. Las lámparas fluorescentes de luz negra azulada son como las lámparas fluorescentes de luz negra salvo que van dotadas de un tubo especial azul oscuro que absorbe casi toda la luz visible mientras transmiten libremente radiación ultravioleta, dando como resultado la eliminación de un filtro separado. Ambos tipos de lámparas trabajan en los mismos circuitos y equipos como lo hacen las otras lámparas fluorescentes comunes del mismo

voltaje. Existe un sinnúmero de aplicaciones para las lámparas de luz negra en la industria, así como también en el teatro y en los servicios de efectos de luz decorativa en general.

Lámparas germicidas. Las lámparas germicidas pertenecen al grupo de lámparas fluorescentes aun cuando sus bombillos de vidrio claro no van revestidos con pigmento fluorescente. El vidrio normal que se utiliza en las lámparas fluorescentes suprime la radiación por debajo de los 280 nanómetros aproximadamente. El bombillo germicida consiste en un vidrio especial que transmite la energía ultravioleta de 253.7 nanómetros, generada por el arco. La radiación de esta longitud de onda de 253.7 nanómetros se sabe que mata una inmensa variedad de bacterias y gérmenes de moho. Es muy importante proteger la piel y los ojos contra la radiación ultravioleta producida por dichas lámparas, pues podrían irritarse debido a la exposición prolongada. Nunca deben verse directamente las lámparas desnudas.

Las lámparas de cátodo frío a menudo son usadas en aplicaciones decorativas, señales y de arquitectura. Debido a sus altas pérdidas de energía asociadas con la operación de del electrodo, no son tan eficaces como las lámparas mas generales de cátodo caliente de longitudes mayores de 2.44 m (8 ft). Estas lamparas pueden ser fabricadas en formas y tamaños especiales. Ellas son frecuentemente fabricadas con un pequeño diámetro tubular para poder doblarse de varias formas y tamaños. Las lamparas de cátodo frío pueden reemplazar a las lamparas de neón en muchas aplicaciones donde las lamparas al descubierto son aceptables. Otra ventaja de las lamparas de cátodo frío es el encendido instantáneo, incluso bajo condiciones frías y no afectando su vida útil el numero de encendidas.

Otras lámparas especiales están disponibles para temperaturas ambientales extremas. Una familia, diseñada para bajas temperaturas, que incorporan una cubierta para conservar el calor. Y otras, para altas temperaturas que, que incorporan una amalgama de mercurio. Ambas familias son diseñadas para optimizar la presión del vapor de mercurio a temperaturas inusuales.

Lámparas sin electrodos. Las partes más vulnerables de toda lámpara a descarga son los electrodos. Durante su vida útil, las lámparas reducen y pierden su potencia emisora por el impacto de iones rápidos o por reacciones químicas con vapores energicos en el tubo de descarga. Los electrodos en las lámparas a descarga de alta presión, producen además una gran cantidad de radiación infrarroja derrochada, la cual disminuye la eficiencia de la lámpara. Las lámparas sin

electrodos han empezado a aparecer en el mercado de iluminación debido a los avances en la industria electrónica y a los cambios en las normas de interferencia electromagnética (EMI) ocurridos en los últimos treinta años.

Las lamparas sin electrodos usan un campo electromagnético, en lugar de una corriente eléctrica que pasa a través de los electrodos, para excitar al gas dentro de la bombilla. Las lamparas sin electrodos pueden ser catalogadas de acuerdo al método por el cual producen el campo electromagnético: por descarga inductiva o por descarga de microondas.

Las lámparas de descarga inductiva, también conocidas como lamparas de inducción, operan usando el principio de inducción. Estas lamparas también son llamadas lamparas fluorescentes sin electrodos debido a que el campo electromagnético produce luz excitando a los mismos fósforos encontrados en las lamparas fluorescentes convencionales. Estas lamparas operan de la siguiente manera:

1. El poder de frecuencias de radio abastecidas manda una corriente eléctrica a un arrollamiento inductivo (un alambre que envuelve un núcleo de metal o plástico).
2. La corriente pasa a través del arrollamiento inductivo, generando un campo electromagnético.
3. El campo electromagnético excita el gas de mercurio, causando que el mercurio emita energía ultravioleta.
4. La energía choca contra la capa de fósforo, excitándola dentro de la bombilla de vidrio, transformando la energía ultra violeta en luz visible.

La lámpara de inducción, introduce un concepto totalmente nuevo en la generación de la luz. Basada en el principio de descarga de gas de baja presión, la principal característica del sistema de lámpara nuevo, es que prescinde de la necesidad de los electrodos de originar la ionización del gas. Existen en la actualidad dos sistemas distintos para producir esta nueva ionización del gas sin electrodos.

a) Lámparas fluorescentes de alta potencia sin electrodos. La descarga en esta lámpara no empieza y acaba en dos electrodos como en una lámpara fluorescente convencional. La forma de anillo cerrado del vidrio de la lámpara permite obtener una descarga sin electrodos, ya que la energía es suministrada desde el exterior por un campo magnético. Dicho campo magnético está producido en dos anillos de ferrita, lo que constituye una importante ventaja para la duración de la lámpara.

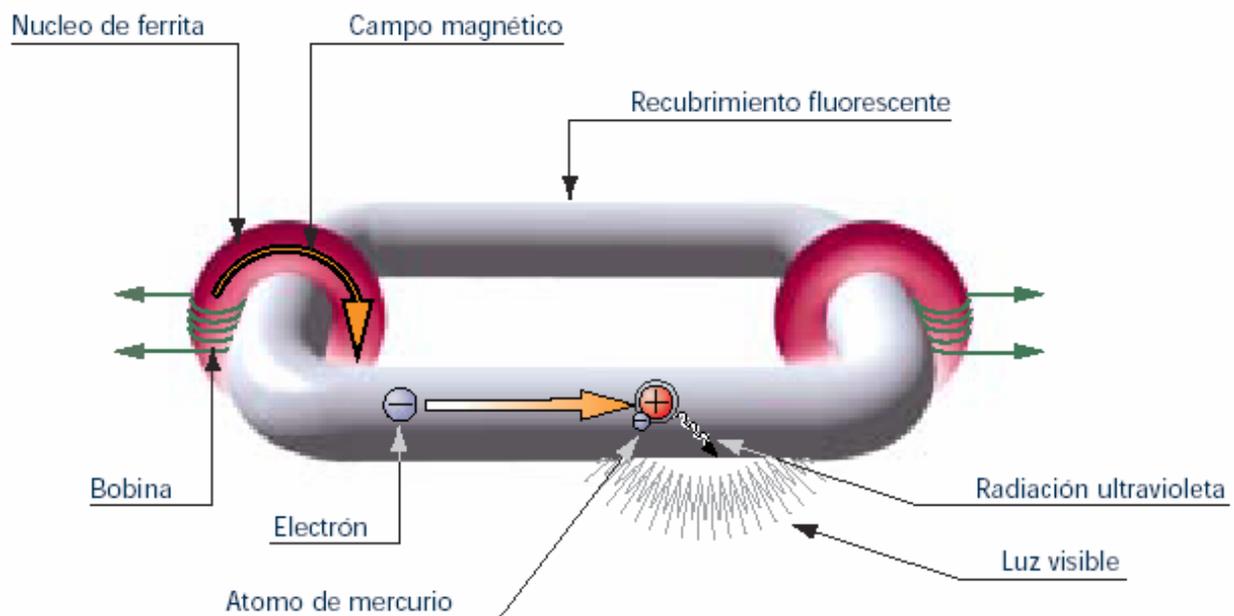
El sistema consta, además del tubo fluorescente sin electrodos, de un equipo de control electrónico (a una frecuencia de 250kHz aproximadamente) separado de la lámpara, lo que permite conservar la

energía óptima de la descarga en la lámpara fluorescente y alcanzar una alta potencia lumínica con una buena eficacia.

Las principales ventajas de esta lámpara son:

- Duración de vida extremadamente larga: 60.000 horas.
- Potencia de lámparas 100 y 150 W.
- Flujo luminoso hasta 12.000 lúmenes.
- Eficacia luminosa de 80 lm/W.
- Bajo perfil geométrico que permite el desarrollo de luminarias planas.
- Luz confortable sin oscilaciones.
- Arranque sin parpadeos ni destellos.

Estas lámparas son especialmente indicadas para aquellas aplicaciones donde las dificultades de sustitución de las lámparas incrementan los costos de mantenimiento excesivamente, como por ejemplo, iluminación de túneles, techos de naves industriales muy altos y de difícil acceso, etc.

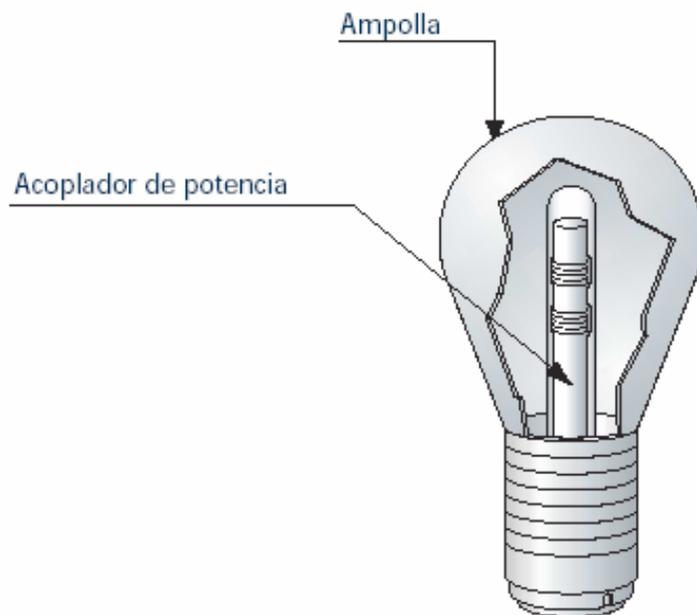


b) *Lámparas de descarga de gas a baja presión por inducción* Este tipo de lámpara consta de un recipiente de descarga que contiene el gas a baja presión y un acoplador de potencia (antena). Dicho acoplador de potencia, compuesto por un núcleo cilíndrico de ferrita, crea un campo electromagnético dentro del recipiente de descarga que induce una corriente eléctrica en el gas generando su ionización. La energía suficiente para iniciar y mantener la descarga es suministrada a la antena por un generador de alta frecuencia (2'65 MHz) mediante un cable coaxial de longitud determinada, ya que forma parte del circuito oscilador.

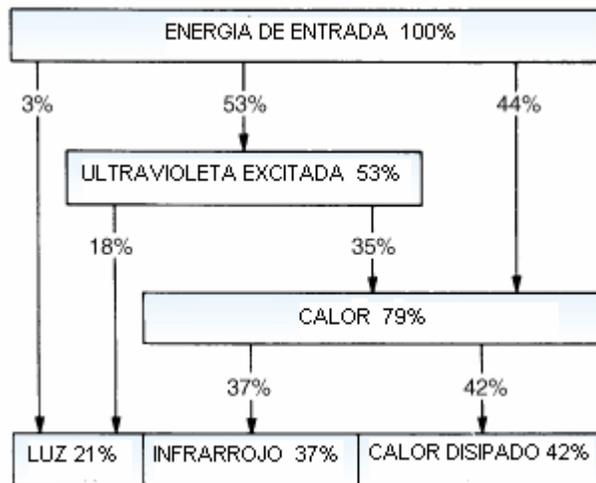
Las principales ventajas de estas lámparas son:

- Duración extremadamente larga: 60.000 horas.
- Potencias de lámparas de 55, 85 y 165 W.
- Flujo luminoso hasta 12.000 lúmenes.
- Eficacia luminosa entre 65 y 81 lm/W.
- Encendido instantáneo libre de parpadeos y efectos estroboscópicos.
- Agradable luz de gran confort visual.

Estas lámparas se utilizan para muchas aplicaciones de alumbrado general y especial, principalmente para la reducción de costos de mantenimiento, como en edificios públicos, alumbrado público exterior, aplicaciones industriales, etc.



4.3.4. PARAMETROS DE DISEÑO



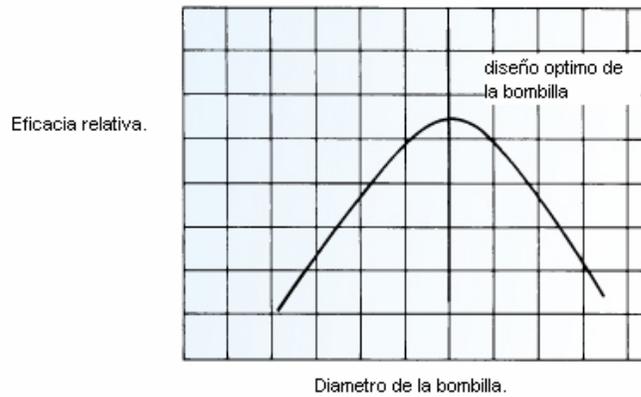
La figura muestra la distribución de energía en una lámpara fluorescente blanco frío típica.

En esta figura se menciona varios parámetros de diseño para la mayoría de las lámparas fluorescentes comunes. De estos parámetros se hablara con mayor detalle a continuación.

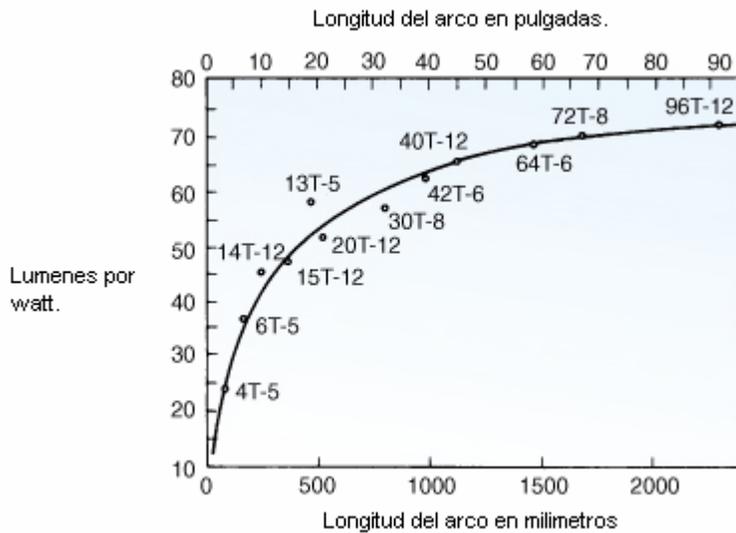
La eficacia luminosa o rendimiento de luz.

Tres conversiones de de energía ocurren en una lámpara fluorescente. Inicialmente, la energía eléctrica es convertida en energía cinética por la aceleración de las partículas cargadas. Esta energía resultante debido a la colisión de las partículas es convertida en radiación electromagnética, particularmente en ultravioleta. Esta energía ultravioleta es convertida en energía visible por los fósforos de la lámpara. Durante cada conversión alguna energía es perdida, tanto que solo un pequeño porcentaje de entrada es convertido en radiación visible.

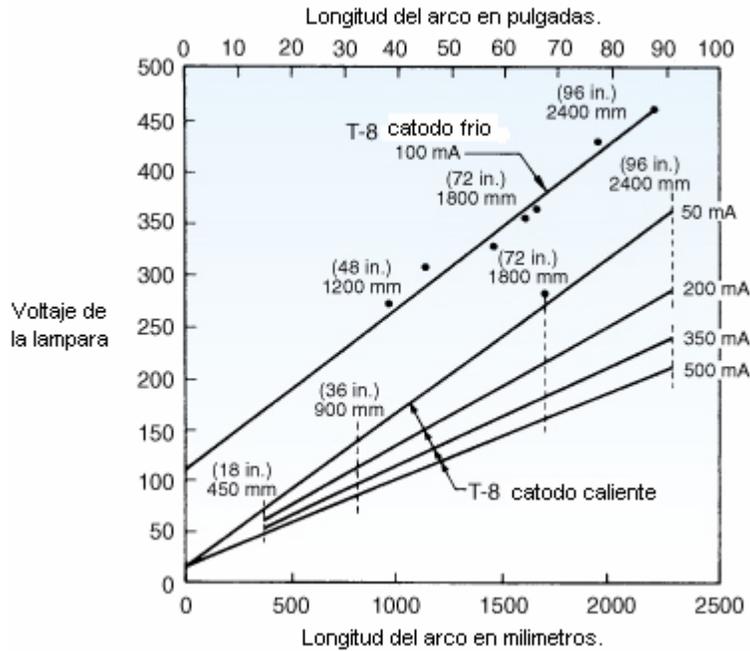
El diseño geométrico y las condiciones de operación de la lámpara influyen en la eficacia de esta. La figura muestra que con una corriente constante, al incrementarse el diámetro de la lámpara, la eficacia también incrementa, alcanzando su punto máximo, y luego decrece. Las razones de este fenómeno son por una doble causa. En lámparas de diámetros pequeños, una excesiva cantidad de energía se pierde por la recombinación de electrones con iones de la pared de la bombilla. Como es incrementado el diámetro de la bombilla, las pérdidas decrecen, pero las pérdidas debido al aprisionamiento de radiación se vuelven más grandes simultáneamente.



La longitud de la lámpara también influye en gran medida en la eficacia de la lámpara. Esto es basado sobre dos pérdidas de energía dentro de la lámpara: la energía absorbida por los electrones, la cual no genera alguna luz apreciable, y las pérdidas de energía asociadas directamente con la generación de luz. Las pérdidas del electrodo son esencialmente constantes, mientras que las pérdidas asociadas con la generación de luz dependen de la longitud de la lámpara. Como incrementa la longitud de la lámpara, las pérdidas en los electrodos decrecen. La figura siguiente ilustra esto.



El voltaje de la lámpara, como su eficacia, está en función de su longitud, como se puede observar en esta figura de lámparas T-8



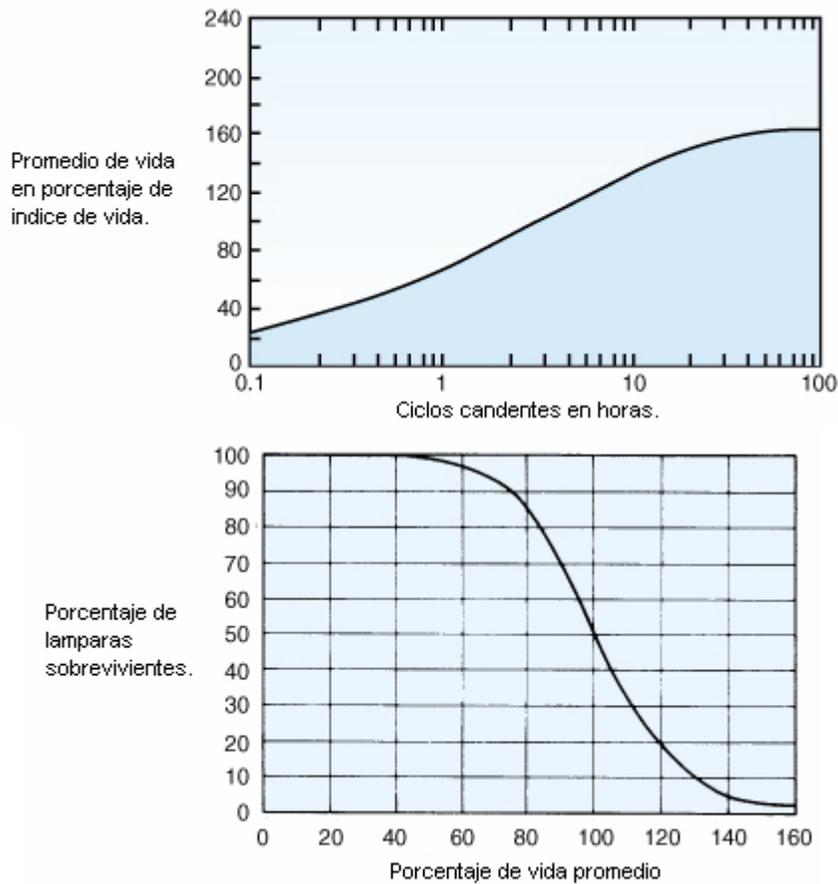
Las lámparas convencionales de dos espigas tienen eficacias (sin incluir las pérdidas en el balastro) que fluctúan entre 24 y 81 lúmenes por vatio, según el tamaño y el color del bombillo o foco. Las lámparas circulares fluctúan entre 48 y 85 lúmenes por vatio; las de gran emisión lumínica entre 40 y 92; las de muy alta emisión lumínica entre 45 y 75 lúmenes por vatio.

Vida de la lámpara.

La vida de la lámpara de cátodo caliente está determinada por el tipo de pérdidas de la cubierta emisiva de los electrodos. Algo de la cubierta es erosionada cada vez que encendemos la lámpara, la cubierta emisiva también se va perdiendo por evaporación durante la operación normal de la lámpara. Los electrodos son diseñados para minimizar ambos efectos. El fin de la vida de la lámpara es alcanzado cuando la cubierta es completamente removida de cualquiera de los dos electrodos o la cubierta restante se vuelva no emisiva.

Debido a que una parte de la capa emisiva es perdida con cada encendido de la lámpara, la frecuencia con la que encendemos las lámparas de cátodo caliente influye en su vida útil. El rango de vida de las lámparas candentes está basado sobre tres horas de uso por cada encendida. Los efectos de los ciclos abrasadores sobre una lámpara fluorescente normalizados al 100% con tres

horas por encendido son reflejados en la siguiente figura. Las lámparas de cátodo frío no son apreciablemente afectadas con el número de encendidas debido al tipo de electrodo usado.



Efecto que tienen los periodos de encendido sobre las lámparas.

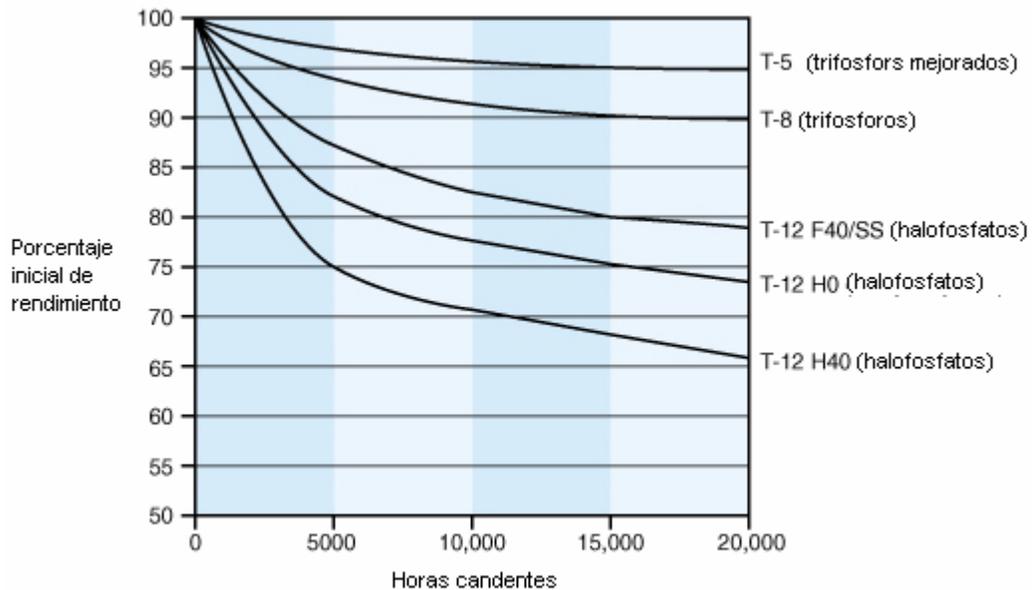
En virtud de que las cifras publicadas sobre el periodo de duración nominal de las lámparas se basan por regla general en un ciclo de encendido de tres horas, los cálculos tienen que reflejar los efectos tanto de los periodos de encendido como de arranque. Por lo tanto, cualquier cambio en las horas de encendido por ciclo, se reflejara en las horas de servicio. Los ciclos de encendido más cortos (arranques más frecuentes) reducen la duración y los ciclos de encendido mayores (arranques menos frecuentes) la aumentan.

Tipo de lámpara	Horas por arranque					
	3	6	10	12	16	Continuo
De precalentamiento de 40W.	12000	14000	17000	18000	20000	22500
De arranque rápido de 40W.	18000	22000	25000	26000	28500	34000
De alta emisión lumínica.	12000	14000	17000	18000	20000	22500
De muy alta emisión lumínica.	9000	11000	13500	14400	16200	22500
Slimline (96 T12)	12000	14000	17000	18000	20000	22500

Promedio de duración en horas de las lámparas fluorescentes a distintos ciclos de encendido.

Depreciación de lúmenes.

El rendimiento de luz de las lámparas fluorescentes decrece con la acumulación de tiempo de operación debida a la degradación fotoquímica de la cubierta de fósforo y el tubo de vidrio, y la acumulación de depósitos que absorben la luz dentro de la lámpara. El índice de degradación de los fósforos crece con el arco de poder y decrece con el incremento de la densidad de la cubierta de fósforos. Las curvas de depreciación de lúmenes de la lámpara (LLD) para diferentes lámparas fluorescentes se muestran en la siguiente figura.

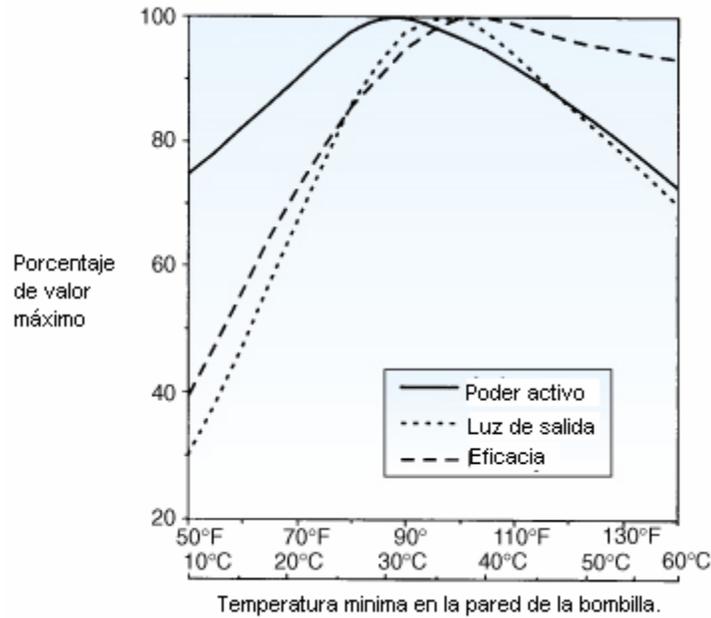


Cubiertas protectoras son usadas en algunas ocasiones para reducir la degradación de los fósforos. Los trifosforos son más estables y permiten niveles más altos de carga, por ejemplo en T-5, T-8, compactas y lámparas subminiatura.

Los depósitos de material evaporado de los electrodos durante la operación de la lámpara causan ennegrecimiento en las terminaciones. Esto reduce la luz de salida cerca de las terminaciones de la lámpara.

Efectos de la temperatura sobre la operación.

El rendimiento luminoso, la luz de salida y el color de las lámparas fluorescentes son dependientes de la presión de vapor de mercurio que se encuentra dentro de la lámpara como se muestra en la siguiente figura.



Una lámpara fluorescente contiene una mayor cantidad de mercurio líquido que se vaporizará en algún momento. El exceso de mercurio líquido se condensa en el punto o puntos más fríos de la lámpara. La presión de mercurio dentro de la lámpara depende de la temperatura del punto o de los puntos más fríos de la lámpara. La construcción de la lámpara, diseño y el wattage, así como el diseño del luminario, la temperatura ambiente y los vientos o los cambios de condiciones, afectan el punto frío.

Lámparas con amalgamas de mercurio están disponibles para utilizarse a altas temperaturas ambientales. Una amalgama es una aleación de mercurio con otros metales. La amalgama estabiliza y controla la presión de mercurio. Colocada en una lámpara fluorescente, determina la presión de mercurio en la descarga por mercurio absorbente o emisor. Las amalgamas son usadas típicamente en lámparas fluorescentes compactas donde la pared de la bombilla está tan caliente que las técnicas de control de temperatura convencionales son menos efectivas.

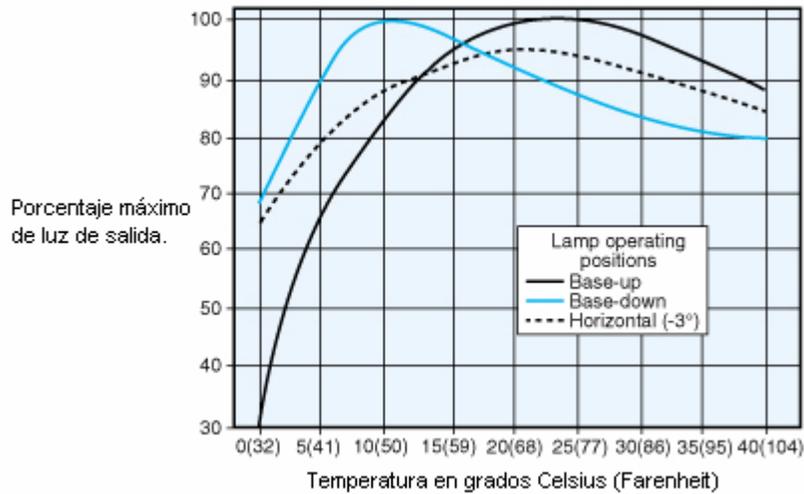
La amalgama mantiene la presión de mercurio en la descarga como en los cambios de temperatura en un valor óptimo. Como resultado, una lámpara con amalgama puede producir más del 90% de su rendimiento de luz sobre un amplio rango de temperatura. Sin embargo las lámparas con amalgamas pueden tomar más tiempo para alcanzar su rendimiento de luz total cuando son encendidas.

La temperatura interna del luminario puede afectar desfavorablemente la vida de algunos tipos de lámparas fluorescentes. Las altas temperaturas ambientales no solo disminuyen el rendimiento de lúmenes de la lámpara sino también cambian las características eléctricas de la lámpara, estando estas características fuera de los rangos de diseño del balastro, y por consiguiente necesita fluir un índice de corriente mayor. Una larga operación con corrientes más altas, acorta la vida de la lámpara.

Como la temperatura del punto frío cambia, el rendimiento de luz y el poder activo también cambian. El rendimiento de luz y el poder activo tienen su temperatura óptima. La eficacia de la lámpara, definida como el rendimiento de luz entre el poder activo, es típicamente maximizado aproximadamente a los 40° C (104° F).

Las lámparas compactas fluorescentes a menudo son más sensitivas al medio ambiente de operación que las lámparas estándar de tubo recto. En algunos casos el incremento de temperatura dentro del luminario resulta una disminución en el índice de rendimiento de luz. Adicionalmente, el rendimiento de muchos tipos de lámparas compactas fluorescentes depende de su posición de operación, como lo muestra la siguiente figura.

Algunas lámparas fluorescentes compactas emplean la tecnología de las amalgamas que reduce la sensibilidad de la lámpara a la posición candente o abrasadora y las pérdidas de lúmenes, debido a altas y bajas temperaturas.



Efectos de la temperatura sobre el color.

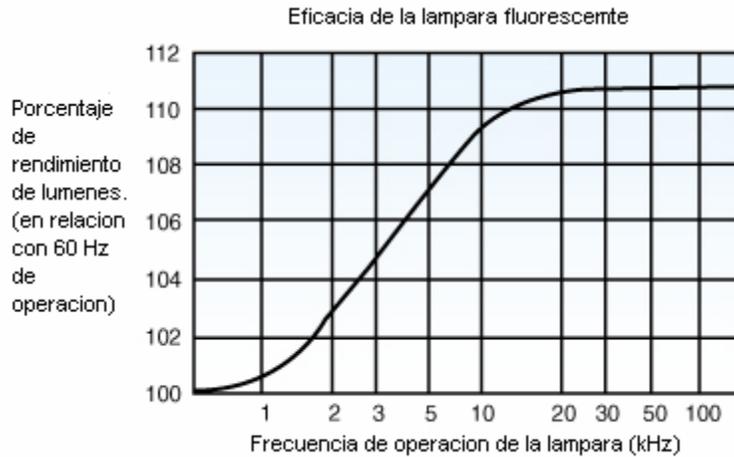
El color de la luz de una lámpara fluorescente depende de la cubierta de fósforo y también del arco de mercurio. Cada componente reacciona diferente a los cambios de temperatura.

Los cambios de color pueden ser una preocupación cuando existen diferencias considerables en la temperatura interna entre luminarios contiguos. Esto puede surgir de la cercanía de ciertos luminarios con difusores de aire o ventanas abiertas, por diferencias en las condiciones del techo o equipos empotrados a la superficie del techo, por diferencias de distancia entre el equipamiento, por diferencias de número de lámparas en luminarios idénticos y por el uso de algunos luminarios como difusores de aire en sistemas de aire acondicionado.

Operación de lámparas fluorescentes a altas frecuencias.

Generalmente los balastos electrónicos de alta-frecuencia proveen poder a la lámpara fluorescente en el rango de 10 a 50 KHz. para uno rango de 50 a 60 hz. de poder suministrado. La principal ventaja de los balastos electrónicos de alta-frecuencia para sistemas de iluminación fluorescente es su más alta eficacia con relación a los sistemas de balastos magnéticos de 60 Hz.

Con la operación de lámparas a alta-frecuencia se reducen pérdidas en las terminales y se mejora el arco, logrando así una mayor eficacia y reducción en la potencia, que refleja un ahorro de energía.



Interferencia de radio.

El arco de mercurio en lámparas fluorescentes emite radiación electromagnética. Esta radiación puede ser recibida por radios cercanos, causando un sonido molesto. Esta radiación es recibida, ya sea por la antena o por la línea de poder. Normalmente en banda AM es cuando se percibe, la solución es mover la antena o separa el radio a una distancia de 3 m aproximadamente, si esto no es posible una posible solución es usar un escudo como un cristal conductor. La banda FM, la televisión y altas frecuencias son raramente afectadas por esta interferencia radiada, pero si pueden afectarse por interferencia conducida por la línea de poder, esto lo solucionamos con unos filtros eléctricos dispuestos en la línea de poder del luminario.

La mayoría de los balastos de encendido-instantáneo y arrancadores para circuitos precalentados contienen capacitores para reducir la radio interferencia.

Interferencia infrarroja con lámparas compactas fluorescentes.

El uso de radiación infrarroja IR para transmitir datos y señales de control, ha incrementado su popularidad para equipos tales como televisión, videograbadoras, computadoras y dispositivos médicos. Tales equipos utilizan receptores infrarrojos que operan a altas frecuencias. Con el incremento en el uso de lámparas compactas fluorescentes operadas sobre balastos electrónicos, causan interferencia en dichos equipos, ya que la banda de frecuencia o de los armónicos se encuentra dentro de la banda de frecuencia de los receptores infrarrojos. Una posible solución es mover de lugar la lámpara o usar otra combinación de lámpara y balastro que no se encuentre dentro de la banda de frecuencia de los receptores infrarrojos. Aunque se van mejorando la tecnología y los receptores se hacen cada vez menos sensibles a esto.

Parpadeo y efecto estroboscópico.

El rendimiento de luz de una lámpara fluorescente varía con la entrada instantánea de poder. Operando sobre balastos magnéticos con 60 Hz de frecuencia de poder de entrada, resulta una variación de 120 Hz, combinada con la persistencia de los fósforos hacen la fluctuación de salida de luz tan rápida que la mayoría de la gente no la percibe, se asume que el poder de entrada está libre de ruido eléctrico. La presencia de ruido eléctrico de otro equipo puede resultar en frecuencias que se manifiesten como un parpadeo visible. Con el uso de balastos electrónicos el índice de parpadeo es mucho menor que con el uso de balastos electromagnéticos.

4.3.5 OPERACION DE LA LAMPARA Y EQUIPO AUXILIAR.

Generalidades.

Como la mayoría de las lámparas de descarga de arco, las lámparas fluorescentes tienen características de Voltaje-Amperaje y por consiguiente requieren de un dispositivo auxiliar para limitar el flujo de corriente. Este dispositivo, llamado balastro, puede proporcionar un voltaje suficiente para encender la descarga de arco. Este voltaje puede variar entre 1.5 a 4 veces el voltaje de operación normal de la lámpara.

La clasificación de vida y luz de salida están basados en su uso con balastos que proporcionen las características apropiadas para su operación, las cuales han sido establecidas en las normas ANSI para características eléctricas y de dimensión de las lámparas fluorescentes. Los balastos que no proporcionen los valores eléctricos apropiados pueden reducir la vida o el rendimiento de luz o ambos. Este equipo auxiliar requiere de un poder eléctrico y por consiguiente reduce la eficacia del sistema por debajo del basado en los requisitos de poder de la lámpara.

Encendido de la lámpara.

El encendido de la lámpara fluorescente ocurre en dos etapas. Primero, los electrodos deben ser calentados a su temperatura de emisión. Segundo, un voltaje suficiente debe existir a través de la lámpara para ionizar el gas en la lámpara y producir el arco. En algunos sistemas de encendido, un voltaje es aplicado entre uno de los electrodos para ayudar a la ionización.

Cuando la temperatura ambiente se reduce, se hace más difícil el encendido de la lámpara. Voltajes más altos son requeridos para un encendido confiable a bajas temperaturas. Para operación eficiente de lámparas y balastos, balastos específicos están generalmente disponibles para cada

uno de los siguientes rangos de temperatura: por encima de los 10° C (50° F) para interiores, por encima de los -18° C (0° F) para exteriores, por encima de los -29° C (-20° F) para exteriores.

Tres diferentes formas de encendido de lámparas han sido desarrolladas. Encendido precalentado, requiere de un interruptor manual o automático. Encendido instantáneo, requiere de un balastro de circuito de voltaje abierto alto. Encendido rápido, el más comúnmente usado en circuitos de encendido, calienta continuamente los electrodos, evitando altos voltajes e interruptores de encendido.

En general, para operaciones con balastos magnéticos, hay diferencias entre los diseños de la lámpara para los diferentes métodos de encendido, por consiguiente, es importante para coincidir la lámpara con el circuito de encendido apropiado. La descripción de la lámpara normalmente identifica el circuito apropiado, que es, encendido precalentado, rápido o instantáneo.

Para balastos electrónicos, técnicas nuevas de encendido de lámparas fluorescentes han sido desarrolladas. Los balastos electrónicos han sido introducidos, ya que pueden encender al instante la mayoría de las lámparas de encendido rápido. Adicionalmente, métodos de encendido electrónicos híbridos que combinan las características de encendido rápido y de precalentamiento están disponibles. Existen también balastos electrónicos con una secuencia de encendido sencilla, la cual es diseñada para minimizar el daño en los electrodos durante el encendido y por consiguiente para alargar la vida de la lámpara.

Lámparas precalentadas y operación de balastro.

En circuitos precalentados, los electrodos de la lámpara son calentados antes de la aplicación de un voltaje alto a través de la lámpara. Las lámparas diseñadas para tales operaciones tienen bases de dos espigas para facilitar el calentamiento de los electrodos. El precalentamiento requiere de unos segundos y el necesario retraso es conseguido por un interruptor automático que coloca los electrodos de la lámpara en serie con la salida del balastro. El flujo de corriente a través de los filamentos de ambos electrodos, los calienta. Posteriormente, el interruptor se abre, aplicando el voltaje a través de la lámpara. Debido a la abertura del interruptor, un voltaje transitorio es desarrollado en el circuito, el cual se añade en la ignición de la lámpara. Si la lámpara no prende, el interruptor se cierra y recalienta los filamentos. En algunos sistemas, el precalentamiento se logra por un interruptor manual. El interruptor automático es comúnmente llamado arrancador. Este puede incorporar un pequeño capacitor (0.006 μ F) entre los contactos del interruptor para desviar las oscilaciones de alta frecuencia que pueden causar la radio interferencia.

Están disponibles balastos para operar algunas lámparas precalentadas sin el uso de arrancadores. Estos balastos usan los principios de encendido-rápido de las lámparas y popularmente son llamados balastos de encendido de gatillo.

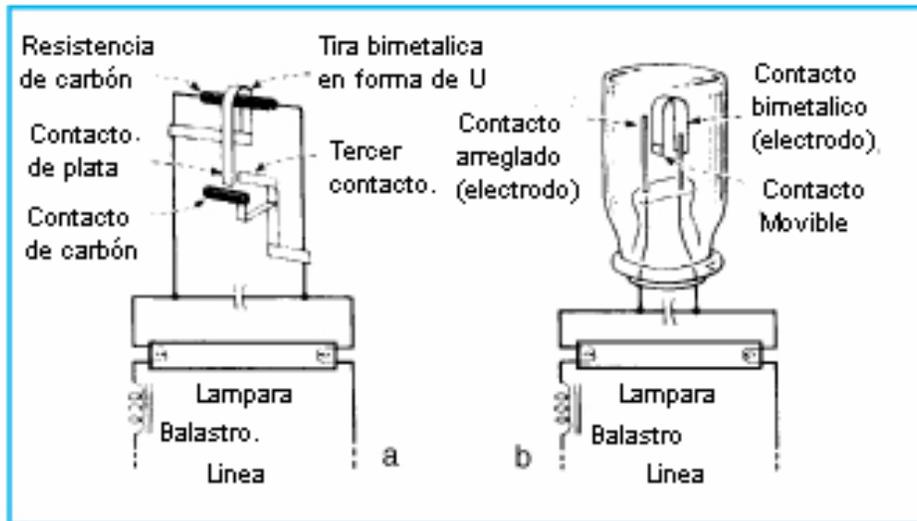
Arrancadores para circuitos precalentados. La operación de un circuito precalentado requiere calefacción de los electrodos previo a la aplicación de voltaje a través de la lámpara. La recalentación puede ser afectada por el uso de un interruptor manual o un interruptor que es activado por el voltaje en el circuito de balastro. Un gran número de diseños de interruptores automáticos están comercialmente disponibles.

Interruptor térmico de arranque. Inicialmente los contactos de plata y carbón del arrancador térmico están cerrados, colocando los electrodos en serie con la combinación paralela del bimetálico y la resistencia de carbón. En el circuito del balastro cerrado, el voltaje de salida del balastro es aplicado a la combinación paralela en serie. La corriente calienta la tira bimetálica en el arranque, causando que se abran los contactos de plata y carbón. El tiempo de apertura es suficiente para aumentar la temperatura de los electrodos a un valor de operación normal. En el circuito abierto, el voltaje de salida del balastro en serie con una carga de voltaje inductiva es aplicado a la lámpara. Si la lámpara prende, el voltaje de operación normal mantiene una corriente baja a través de la resistencia de carbón, desarrollando y trasladando suficiente calor al bimetálico para mantener este contacto en lo sucesivo abierto.

Puede que la lámpara falle en el arranque en el primer intento, el balastro abre el circuito de voltaje aplicado al resistor de carbón, calentando el bimetálico lo suficiente para que el contacto de plata se mueva contra el tercer contacto. Este corto circuito de la resistencia de carbón, permite que una corriente de recalentación fluya a través de los electrodos. Cuando el bimetálico se enfría, el circuito a través del tercer contacto se abre, resultando la aplicación de voltaje al circuito de la lámpara otra vez. Este proceso a través del tercer contacto continúa mientras enciende la lámpara. El circuito bimetálico se mantiene abierto mientras no se necesite. El circuito de contacto de carbón funciona solo cuando el voltaje de línea es inicialmente aplicado al balastro.

El interruptor de arranque térmico requiere algo de poder durante la operación de la lámpara (de 0.5 a 1.5 W), pero su diseño garantiza un inicio positivo brindando un periodo adecuado de precalentación, un alto voltaje inducido inicial y características inherentemente menos susceptibles a variaciones de voltaje de línea. Por estas razones dan buenas prestaciones bajo condiciones adversas, tales como, operación con corriente directa, temperatura ambiental baja y variación de voltaje.

Diagrama de dos diseños de interruptores automáticos.



Interruptores de arranque para circuitos de cátodos precalentados. (a) De tipo térmico, (b) de tipo interruptor de destello.

Interruptor de arranque de destello. La bombilla es llenada con un gas inerte escogido para las características de voltaje deseado. En un principio, el interruptor de línea esta cerrado. Casi no hay caída de voltaje en el balastro y el voltaje en el arrancador es suficiente para producir una descarga brillante entre los contactos. El calor en los destellos de la tira bimetálica hace que los contactos se cierren y empiece la precalefacción de los electrodos. En este corto circuito el bimetálico se enfría y en un corto tiempo los contactos se abren. El circuito de voltaje abierto en serie con una carga inductiva es aplicado a la lámpara. Si la lámpara falla en el encendido, el balastro abre el circuito de voltaje de nuevo, desarrollando un destello en la bombilla, y esta secuencia es repetida hasta que la lámpara encienda.

Durante la operación normal, no hay suficiente voltaje que cruce la lámpara para producir un destello de arranque más, así que los contactos permanecen abiertos y deja de funcionar el proceso de arranque.

Arrancador cortacircuito. Este arrancador se maneja manual o automáticamente, está diseñado para evitar el parpadeo repetido o los intentos de arrancar la lámpara desactivada. Este tipo de arrancador puede ser bueno para por lo menos diez o más reanudaciones.

Falla de la lámpara en circuitos precalentados. Los arrancadores mencionados no tienen forma de desactivarse cuando la lámpara falla, ellos siguen con los intentos de arrancar la lámpara. La lámpara enciende y se apaga repetidamente hasta que finalmente el balastro o el arrancador fallaran. Así de este modo es importante cambiar inmediatamente la lámpara precalentada dañada.

Lámparas de arranque instantáneo y la operación del balastro.

El arco de iniciación de las lámparas de encendido instantáneo depende solamente de la aplicación de un voltaje alto a través de la lámpara. Este voltaje (de 400 a 1000 V) expulsa los electrones de los electrodos por una emisión de campo. Estos electrones fluyen a través del tubo, ionizando el gas e iniciando una descarga de arco. A partir de ahí, la corriente de arco proporciona calor a los electrodos. Las lámparas de encendido instantáneo necesitan solo un contacto simple en cada extremo. Una clavija simple es usada en la mayoría de las lámparas de encendido instantáneo. Estas son llamadas comúnmente lámparas slimline. Pocas lámparas usan bases de doble espiga con las espigas conectadas internamente. En el caso de lámparas diseñadas para encendido instantáneo en circuito abierto de 400 a 1000 V, es necesario proporcionar algunas maneras de contrarrestar la humedad sobre la corriente de tierra de la lámpara, que inicia la descarga necesaria. Muchos fabricantes cubren la superficie de la bombilla con material impermeable y transparente. Otros aplican una delgada tira conductora a lo largo de la bombilla. Una placa conductora conectada a tierra, conocido como aditamento de encendido, tal como un reflector de metal cerca de la lámpara, es necesario para obtener el voltaje de encendido de la lámpara mas bajo.

Lámparas de encendido rápido y operación del balastro.

Las lámparas diseñadas para operación de encendido rápido tienen generalmente cátodos de baja resistencia. Normalmente, los cátodos son calentados continuamente por la aplicación de voltaje mientras la lámpara esta en operación. En algunos circuitos ahorradores de energía, el voltaje del cátodo es reducido o desconectado después de encender la lámpara. El calentamiento es conseguido a través del bajo voltaje zigzagueante elaborado en el balastro o a través de transformadores separados de bajo voltaje, diseñados para este propósito. Estos resultados requieren de voltaje de arranque similar al de las lámparas precalentadas. Las lámparas usualmente encienden en un segundo aproximadamente, siendo el tiempo requerido para calentar el filamento a su temperatura apropiada. Un aditamento de encendido, consiste en una placa conducida a tierra, es requerida para un encendido confiable. Para lámparas de 500 mA o menos, la distancia nominal entre la lámpara y

la placa de 25 mm (1 plg) de ancho es de 13 mm (0.5 plg), para la operación de lámparas con corrientes mayores de 500 mA, la distancia nominal de la tira conductora es de 25 mm (1 plg).

Las lámparas de encendido rápido están cubiertas con un material transparente impermeable para contrarrestar los efectos de la humedad en el encendido de la lámpara. Todas las lámparas de 800 mA y la mayoría de 1500 mA, operan con el principio de encendido rápido. Lámparas de 40 W y circulares diseñadas para servicio de encendido rápido también pueden ser usadas en circuitos precalentados comparables.

Encendido de balastro electrónico. Tres métodos de encendido son empleados en los balastos electrónicos. Cuando se aplican balastos electrónicos, las diferencias entre las técnicas de encendido rápido y precalentamiento se vuelven menos considerables. Los diseños precalentados usan componentes de momento internos que demoran la abertura del voltaje, mientras se aplica energía a los electrodos para su precalentamiento. Después enciende, la energía de los electrodos es reducida casi a cero. La mayoría de los sistemas de encendido rápido no cuentan con potencial a tierra para ayudar para encender como con los balastos magnéticos. El método de encendido es similar a la técnica de precalentamiento excepto que el voltaje del electrodo permanece después de encender la lámpara. Los balastos electrónicos han sido diseñados para un encendido instantáneo de las lámparas fluorescentes de encendido rápido. Normalmente habría una reducción de vida cuando son operadas de esta manera.

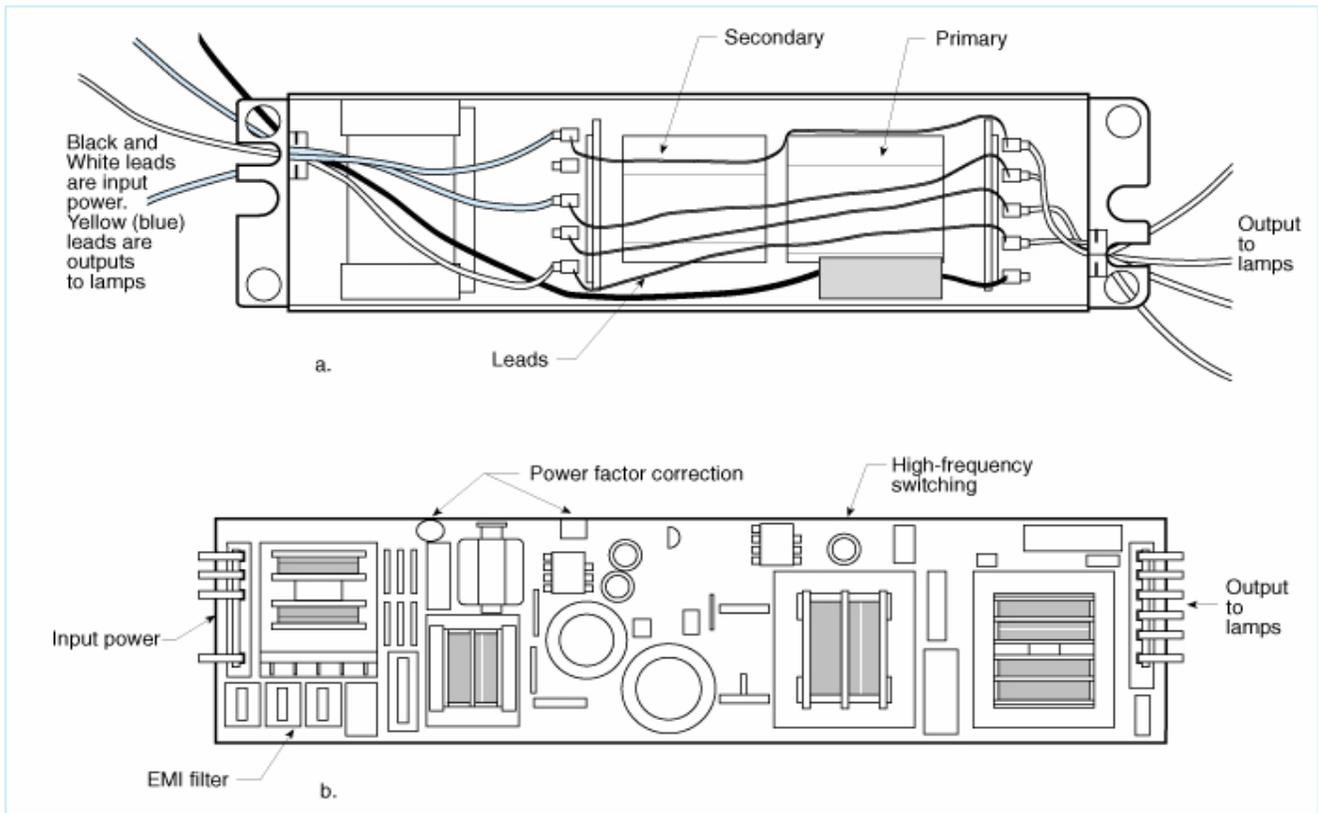
Balastos.

Balastos magnéticos. La construcción de un balastro termalmente protegido típico se muestra a continuación.

Los componentes incluyen un transformador tipo núcleo y bobina. Un capacitor puede ser incluido. Estos componentes son el corazón del balastro, suministrando el voltaje suficiente para el encendido de la lámpara y regulando la corriente a través de su reactancia.

El ensamblaje de núcleo y bobina esta hecho de un transformador de acero laminado enrollado con alambre imantado de cobre o aluminio.

El ensamblaje esta impregnado con un aislamiento eléctrico para ayudar en la disipación del calor y sujetados con los cables, es colocado en su funda. La funda es llenada con un material de relleno como el sílice. Este compuesto llena completamente la funda, encapsulando el núcleo, la bobina y el capacitor. Entonces la base es sujeta.



El porcentaje de vida del balastro al 50% de ciclo de servicio y a una temperatura de operación apropiada es normalmente estimada de doce años. La vida del balastro es reducida por altas temperaturas y largos ciclos de servicio.

La mayoría de los balastros de lámparas fluorescentes usadas en interiores deberían tener un dispositivo de protección térmica interno. Esto evita aplicaciones erróneas del balastro en altas temperaturas y protege contra fallas y condiciones no deseadas que pueden ocurrir al final de la vida del balastro. En los Estados Unidos de Norte América los balastros protegidos térmicamente aprobados por laboratorios son conocidos y marcados o etiquetados como “Clase P”.

Debido a los componentes magnéticos de algunos balastros, incluidos los balastros electrónicos, las vibraciones pueden provocar un ruido. El ruido depende de varios factores, incluyendo la construcción, montaje, número, el espacio del balastro, los luminarios, las características acústicas y uso del cuarto.

Los fabricantes de balastros publican los rangos de sonido que indican el potencial relativo de sonido producido por diferentes modelos. Estos rangos están basados en experiencias de modelos en condiciones ambientales diferentes, operando en rango de lugares silenciosos como, salones de escuela, iglesias u oficinas, hasta oficinas de negocios relativamente ruidosas, tiendas y fábricas. El

rango “A” significa que el zumbido del balastro-luminaria probablemente no sea notado en lugares silenciosos o callados. El rango B esta en la frontera de las aplicaciones en lugares silenciosos, pero no tiene problema en aplicaciones de lugares mas ruidosos. El rango C solo se usa en lugares ruidosos como fabricas.

Balastro electrónico. La frecuencia de operación del balastro electrónico es elegida para ser lo bastante alta para incrementar la eficacia de la lámpara y hacer el ruido del balastro inaudible, pero no tan alta como para causar interferencia electromagnética (EMI). Los balastros electrónicos también suministran un nivel de regulación de rendimiento que no esta disponible totalmente pasivo. Están disponibles diseños para lámparas de encendido rápido e instantáneo. Algunos balastros electrónicos están diseñados para operar con más de cuatro lámparas cada uno. Muchos están construidos en la misma forma y tamaño que las unidades magnéticas para facilitar su reemplazo directo. Algunos diseños tienen circuitos que mantienen la distorsión de armónicas de la corriente por debajo del 20% y suministran un factor de poder por encima del 90%. Algunos balastros también emplean circuitos para limitar la corriente cuando es aplicada al balastro. Los balastros electrónicos también pueden ser diseñados para operar en sistemas de corriente directa y bajo voltaje, para aplicaciones en camiones, aviones, trailers y en sistemas de emergencia que operan con baterías.

En suma, han sido reportado que algunas lámparas fluorescentes pequeñas y T 5 tienen problemas en el final de su vida en aplicaciones de campo. Cuando una lámpara fluorescente falla, normalmente uno de los electrodos vuelve a abrir el circuito. Esto puede crear una condición de corriente de operación asimétrica que puede provocar un alto calentamiento local, el cual puede tronar la bombilla de la lámpara o sobrecalentar y deformar la base de la lámpara. Las especificaciones ANSI para balastros magnéticos han sido revisadas para tratar el final de la vida de estas lámparas.

Balastros de potencia reducida. Balastros disponibles que operan lámparas estándar de 50 a 80% de su rango de potencia. Las lámparas ahorradoras de energía no pueden ser usadas en combinación con este tipo de balastros, ya que el arco tenderá a fallar.

Balastros ahorradores de energía. Los balastros aradores de energía tienen menores perdidas de poder que los balastros magnéticos comunes. Esto puede ser ratificado por la certificación de fabricantes de balastros (C B M) y son usados con lámparas comunes o con lámparas de potencia reducida. Por ejemplo, las pérdidas de poder en una unidad de dos lámparas de 40 W con balastro de encendido rápido han sido reducidas de 4 a 5 W por lámpara sobre los balastros magnéticos

comunes. Una unidad típica de dos lámparas de 40 W con balastro ahorrador de energía de pérdida menor disipa 86 W, comparada con aproximadamente 95W para la mayoría de balastos magnéticos.

Sistemas ahorradores de energía. Combinaciones especializadas de lámpara-balastro están disponibles para conseguir un ahorro de energía. Estos incluyen lámparas de 32 W T-8 (4 pies) con balastos de alta eficiencia y lámparas de 28W T-12 también con balastos de alta eficiencia, teniendo interruptores de estado-sólido que apagan el voltaje que calienta el cátodo de encendido rápido usual. Estos balastos pueden operar también lámparas de potencia reducido de 34 W. los dispositivos electrónicos de estado-sólido están conectados en serie con el balastro de la lámpara para reducir la potencia de operación.

Factor del balastro BF y Factor de eficacia del balastro BEF. El Factor del balastro es la medida expresada en decimal o en porcentaje que determina los lúmenes de salida producidos por un balastro comercial comparado a los lúmenes emitidos por un balastro de referencia.

$$BF = \frac{\text{Lúmenes totales en lámpara(s) en balastro Com.}}{\text{Lúmenes totales en lámpara(s) en balastro Ref.}}$$

El factor de eficiencia del balastro es la medida que describe la eficiencia del balastro. Se define como el Factor del Balastro entre la Potencia de entrada del sistema.

$$BEF = \frac{BF \times 100}{\text{Potencia de Entrada (W)}}$$

Armónicas.

Las armónicas son corrientes y/o voltajes presentes en un sistema eléctrico, con una frecuencia múltiplo de la frecuencia fundamental. Así, en sistemas con frecuencia de 60 Hz y cargas monofásicas, las armónicas características son la tercera (180 Hz), quinta (300 Hz), y séptima (420 Hz) por ejemplo. Con el creciente aumento en el uso de cargas no lineales (procedentes de la electrónica de potencia), se han empezado a tener algunos problemas en las instalaciones eléctricas debido a los efectos de las componentes armónicas de corrientes y voltajes en el sistema eléctrico, que no se contemplaban anteriormente. Entre estos están el sobrecalentamiento de cables, transformadores y motores, corrientes excesivas en el neutro, fenómenos de resonancia entre los

elementos del circuito (si se cuentan con bancos de capacitores para corrección del factor de potencia) y en general la calidad en el suministro de energía eléctrica se ha ido deteriorando por la distorsión presente en los voltajes y corrientes. Esta situación puede llegar a causar un funcionamiento incorrecto de muchos equipos (especialmente los menos robustos) que han sido diseñados para operar bajo condiciones normales (poca distorsión armónica). Además, se presenta un incremento en los costos de operación como resultado de algunos factores ligados a la generación de armónicas.

En general, cualquier tipo de carga no lineal conectada al sistema eléctrico causará distorsión armónica. A continuación se muestra una lista de ejemplos comunes de fuentes de armónicas en sistemas de potencia, entre las que se citan algunas cuyos efectos se pueden despreciar de manera segura en sistemas de distribución:

- a. Saturación de transformadores
- b. Corrientes de energización de transformadores
- c. Conexiones al neutro de transformadores
- d. Fuerzas magnetomotrices en máquinas rotatorias de corriente alterna
- e. Hornos de arco eléctrico
- f. Lámparas fluorescentes
- g. Fuentes reguladas por conmutación
- h. Cargadores de baterías
- i. Compensadores estáticos de VAR's
- j. Variadores de frecuencia para motores ("drives"), inversores
- k. Convertidores de estado sólido

Regulación de lámparas fluorescentes.

Muchos tipos de lámparas son convenientes para regularse. La regulación de lámparas fluorescentes difiere de las lámparas incandescentes de dos maneras. Primero, los reguladores de lámparas fluorescentes no pueden regularlas hasta cero como las lámparas incandescentes. Lo máximo que pueden ser reguladas las lámparas fluorescentes se encuentra dentro del rango de 0.5 a 25% menos del rendimiento de luz. Segundo, cuando son reguladas las lámparas fluorescentes, la relación de la temperatura de color varía menos sobre el rango de regulación que las lámparas incandescentes.

La regulación es lograda por la reducción de la corriente efectiva de la lámpara. Cuando se hace esto, es necesario suministrar el voltaje de encendido total y mantener el voltaje de arranque necesario para cada ciclo de 60 Hz. Esto es especialmente cierto cuando se operan las lámparas a bajo rendimiento de luz de salida. Esto es también necesario para calentamiento de los filamentos a todas las lámparas, excepto las de cátodo frío, logrando mantener la emisión de electrones de los electrodos a todas intensidades.

Sujetadores de lámparas fluorescentes.

Los sujetadores están diseñados para cada estilo de base de lámpara. Normalmente varias versiones están disponibles para permitir varios espacios y métodos de montaje en luminarios. Un espacio apropiado debe mantenerse entre los sujetadores en el lumunario para garantizar el contacto eléctrico satisfactorio.

El catalogo de los fabricantes debe ser consultado para información de dimensión y espacio o algún tipo de sujetador particular.

Cuando las lámparas fluorescentes son usadas en circuitos abiertos que proveen voltaje por encima de los 300 V, o en circuitos que permiten una lámpara para ionizar y conducir corriente con solo una terminación insertada en el sujetador, los códigos eléctricos requieren de un medio automático para abrir el circuito cuando la lámpara es retirada. Esto normalmente es logrado por el sujetador de la lámpara removida, el circuito del balastro principal es abierto. Las bases de contacto empotradas sobre 800 y 1500 mA de lámparas fluorescentes eliminan la necesidad de desconectarse para estas lámparas.

Las bases para muchas lámparas fluorescentes compactas son construidas con sistemas únicos de ensamble para evitar una mala instalación de la lámpara.



4.4 LAMPARAS DE DESCARGA DE ALTA INTENSIDAD.



4.4.1 LAMPARAS DE DESCARGA DE ALTA INTENSIDAD.

Las lámparas de descarga de alta intensidad (HID) incluyen los grupos de lámparas comúnmente conocidas como lámparas de mercurio, lámparas de aditivos metálicos y lámparas de sodio de alta presión. El elemento productor de luz de este tipo de lámparas es una barrera estabilizadora de descarga de arco contenida dentro de un refractario. (Tubo de arco) con carga en la barrera por encima de 3 W/cm^2 (19.4 W/plg^2)

Designaciones de las lámparas.

Las designaciones corrientes de las lámparas de descarga de alta intensidad generalmente siguen un sistema que es autorizado y administrado por ANSI. Todas las designaciones empiezan con una letra (H para mercurio, M para haluros metálicos, S para sodio a alta presión). A continuación le sigue un número asignado por ANSI que identifica las características eléctricas de la lámpara y el balastro. Después del número hay dos letras que identifican el tamaño, la forma y el terminado de la bombilla. Después de todo esto, los fabricantes pueden adherir tres letras que pueden dar información sobre la potencia, el color de la lámpara, etc.

Algunos ejemplos están a continuación.

M	57	PF	175/3K
(a)	(b)	(c)	(d)

(a) tipo HID. "S" es para lámparas HPS, "M" es para lámparas MH y "H" es para lámparas de mercurio.

(b) Características electrónicas. Por ejemplo, "57" es para lámparas MH de 175-W, "51" es para lámparas HPS de 400-W, "33" es para lámparas mercurio de 400-W.

(c) Características de la bombilla. Por ejemplo, "PF" es una bombilla ED con cubierta de fósforo, "PE" es una bombilla ED clara.

(d) Características adicionales. La mayoría de los fabricantes de lámparas adhieren letras que describen más explícitamente a la lámpara como ; la potencia (175-W), la temperatura de color (3000 K) u otras características especiales.

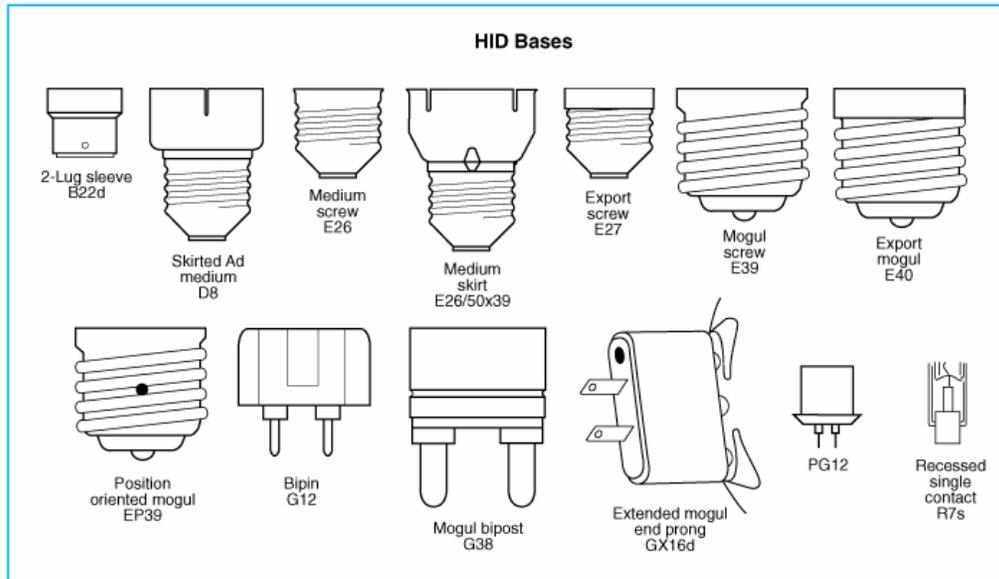
4.4.2 CONSTRUCCION Y OPERACION DE LAS LAMPARAS HID.

Todas las lámparas de descarga de alta intensidad producen luz por medio de una descarga de arco eléctrico contenida en un tubo de arco dentro del bulbo. El tubo de arco contiene electrodos de tungsteno que finalizan la descarga de arco en cada punta del tubo de arco. El tubo de arco también contiene un gas de encendido que es relativamente fácil ionizar a baja presión en temperaturas ambientales. Este gas de encendido es usualmente: argón, xenón o una mezcla de argón, neón o xenón, dependiendo del tipo de lámpara HID. El tubo de arco también contiene metales o compuestos de aditivos metálicos que, cuando se evaporan en la descarga de arco, producen líneas características de energía radiante. Cada tipo de lámpara HID produce luz relacionada con el tipo de metal que está contenido dentro del arco. Las lámparas de vapor de mercurio producen luz estimulando átomos de mercurio; las lámparas de sodio de alta presión producen luz estimulando átomos de sodio; y las lámparas de aditivos metálicos producen luz, mediante la estimulación de distintos átomos y moléculas, principalmente sodio, escandio, tulio, holmio y disprosio.

El tubo de arco está contenido dentro de una bombilla exterior de cristal blando o duro para proteger el tubo de arco y las conexiones eléctricas del medio ambiente. La bombilla exterior absorbe la mayoría de energía UV radiada por el tubo de arco mientras permite que la luz pase a través de él. La bombilla de cristal exterior puede ser cubierta con un material difusor que reduce la fuente brillante de la lámpara. En lámparas de vapor de mercurio y aditivos metálicos, esta capa difusora puede ser un fósforo corrector de color que usa la energía UV radiada por el tubo de arco para mejorar las propiedades de rendimiento de color en general.

Dentro de la bombilla exterior hay alambres apropiados para altas temperaturas que conducen electricidad al tubo de arco y componentes estructurales que sostienen el tubo de arco. Puede haber otros componentes, incluyendo resistores o diodos usados para ayudar a iniciar la descarga de arco, y dispositivos que purifican la atmósfera dentro la lámpara. La atmósfera dentro de la bombilla exterior puede ser un gas de baja presión (normalmente nitrógeno) o, en muchos casos, un vacío.

Las lámparas HID tienen bases de rosca (medias o mogul) hechas de latón, níquel, o de aleación especial que minimiza la corrosión. Algunas lámparas HID tienen bases especiales de dos espigas o pares de bases de contacto sencillas en cada terminación de la lámpara que suministra la conexión eléctrica.



Bases para lámparas de descarga de alta intensidad.

Si el bulbo exterior es roto y el tubo de arco continúa operando, la lámpara emite una cantidad significativa de energía UV. Si alguna persona se encuentra expuesta a esta energía por más de 15 minutos puede sufrir, desde el enrojecimiento, hasta efectos más severos en la piel. Las lámparas de auto apagado usualmente contienen un filamento de tungsteno, en lugar de una porción de cable de níquel, que se oxidará y separará rápidamente, extinguiéndose el arco eléctrico y apagándose la lámpara. La lámpara es entonces inoperable y necesita ser reemplazada.

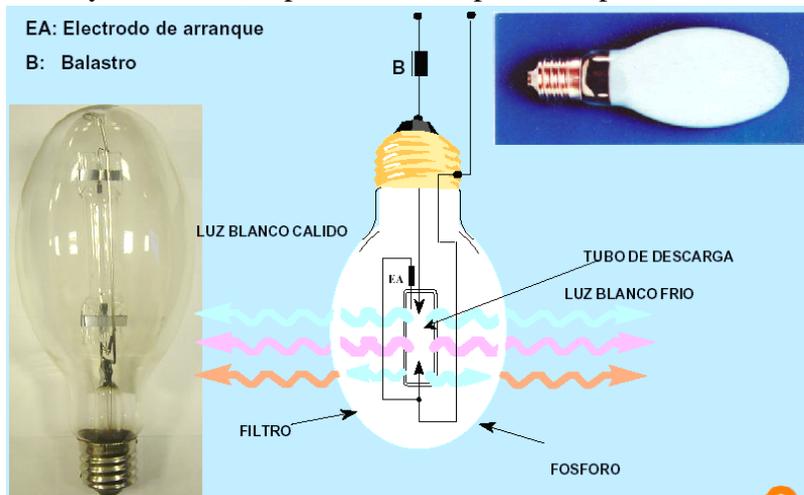


4.4.3 ENCENDIDO DE LA LAMPARA HID.

Lámparas de mercurio.

Algunas lámparas especiales de dos electrodos, y muchos tipos fotoquímicos, necesitan de un circuito abierto de alto voltaje para ionizar el gas argón y permitir que el arco se forme. En la mayoría de las lámparas comunes de tres electrodos, un electrodo auxiliar de encendido es colocado cerca de uno de los electrodos principales haciendo posible el encendido de la lámpara a un voltaje menor. Aquí, un campo eléctrico es establecido primero entre el electrodo de arranque, el cual es conectado al electrodo principal opuesto a través de un resistor que limita la corriente, y el electrodo principal adyacente. Esto provoca una emisión de electrones, los cuales desarrollan una descarga brillante y ionizan el gas de arranque. Entonces el arco se forma entre los electrodos principales. El mercurio es gradualmente vaporizado por el calor del arco y la corriente. Durante este proceso el color del arco cambia de azulado brillante de argón a azul-verde de mercurio, incrementando grandemente su luminosidad y concentración apropiada a lo largo de el eje del tubo. En el instante que el arco aparece, el voltaje de la lámpara es bajo. Los valores de operación normal son alcanzados después de un periodo de varios minutos en el que aumenta la temperatura, durante el cual aumenta el voltaje hasta que alcanza a estabilizarse la presión de vapor, el mercurio es entonces evaporado totalmente.

Si el arco es extinguido, la lámpara no volverá a encender hasta que esta este suficientemente fría para disminuir la presión de vapor a un punto donde el arco vuelva a formarse con un voltaje apropiado. El tiempo de encendido inicial hasta lograr el rendimiento completo a temperaturas de un cuarto ordinario, con unidad de iluminación no encerradas y también cuando son apagadas y vuelven a encender (que es el tiempo de enfriamiento requerido antes de volver a encender la lámpara), varía entre 3 y 7 minutos, dependiendo el tipo de lámpara.



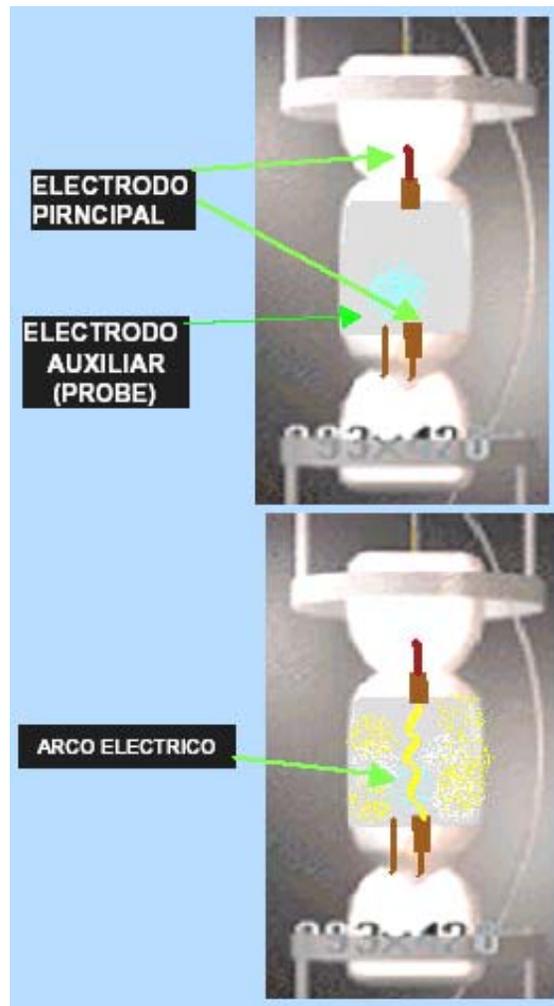
Lámparas de aditivos metálicos.

El método de encendido de la mayoría de las lámparas de aditivos metálicos de más de 150 W es a través de un electrodo auxiliar de arranque similar al usado en lámparas de mercurio. La presencia de haluros metálicos provoca que el voltaje de arranque sea más alto que el que necesita las lámparas de mercurio. Por consiguiente, las lámparas de haluros metálicos de voltaje más alto generalmente no son operadas bajo mecanismos de control para mercurio. Algunas veces la gente opera lámparas de haluros metálicos de 400 W sobre balastos para mercurio estándar. Esta práctica no es buena ya que las lámparas con el tiempo requieren de voltajes de arranque más altos.

Los cuerpos de tubo formado más recientes no tienen espacio para acomodar un electrodo de arranque dentro del tubo de arco sellado de las lámparas, y por consiguiente un método diferente de encendido es empleado. Estas lámparas usan un arrancador, un aparato que genera alto voltaje y corriente baja, como parte del circuito de control externo. El arrancador suministra un suficiente voltaje a través de los electrodos principales para iniciar el arco. La mayoría de las lámparas debajo de 150 W usan un arrancador para encender.

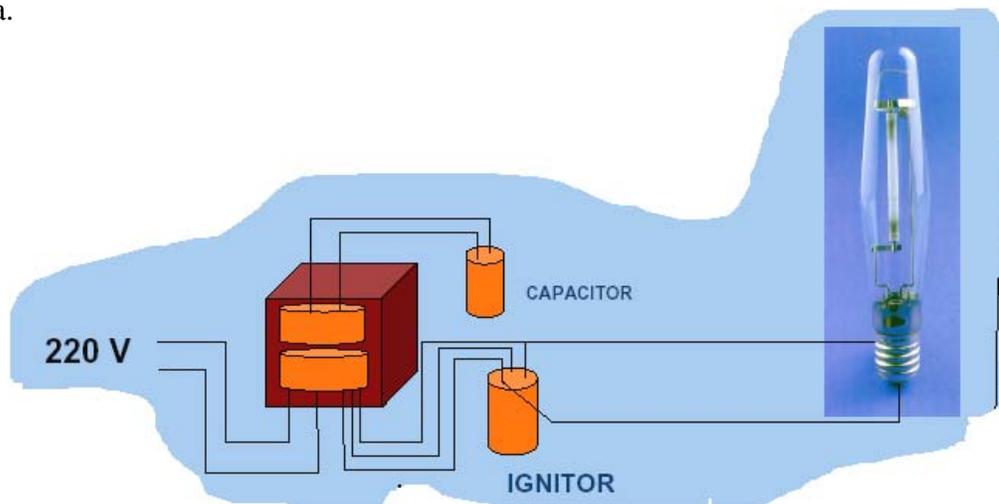
Las lámparas de haluros metálicos no pueden alcanzar su rendimiento de luz total inmediatamente porque su periodo de calentamiento tarda varios minutos (el tiempo para alcanzar su rendimiento de luz total es mas largo en lámparas de potencias mayores). Durante esta fase, el color de la descarga cambia según se calienten, evaporen e incorporen al arco, los haluros metálicos. Ya caliente, el color de la lámpara y sus características eléctricas se estabilizan.

Ya que el tubo de arco de las lámparas de aditivos metálicos es más pequeño que aquellas lámparas de mercurio de potencias equivalentes, estas operan a temperaturas más altas. Como el tiempo de enfriamiento es mas largo, su tiempo de reencendido es mas largo. El tiempo de reencendido de tubo de arco sellado convencional puede ser de 15 minutos o más. Las lámparas que usan arrancadores su tiempo de reencendido es menor que en las de tubo de arco sellado convencionales debido a los pulsos de voltaje mas altos.

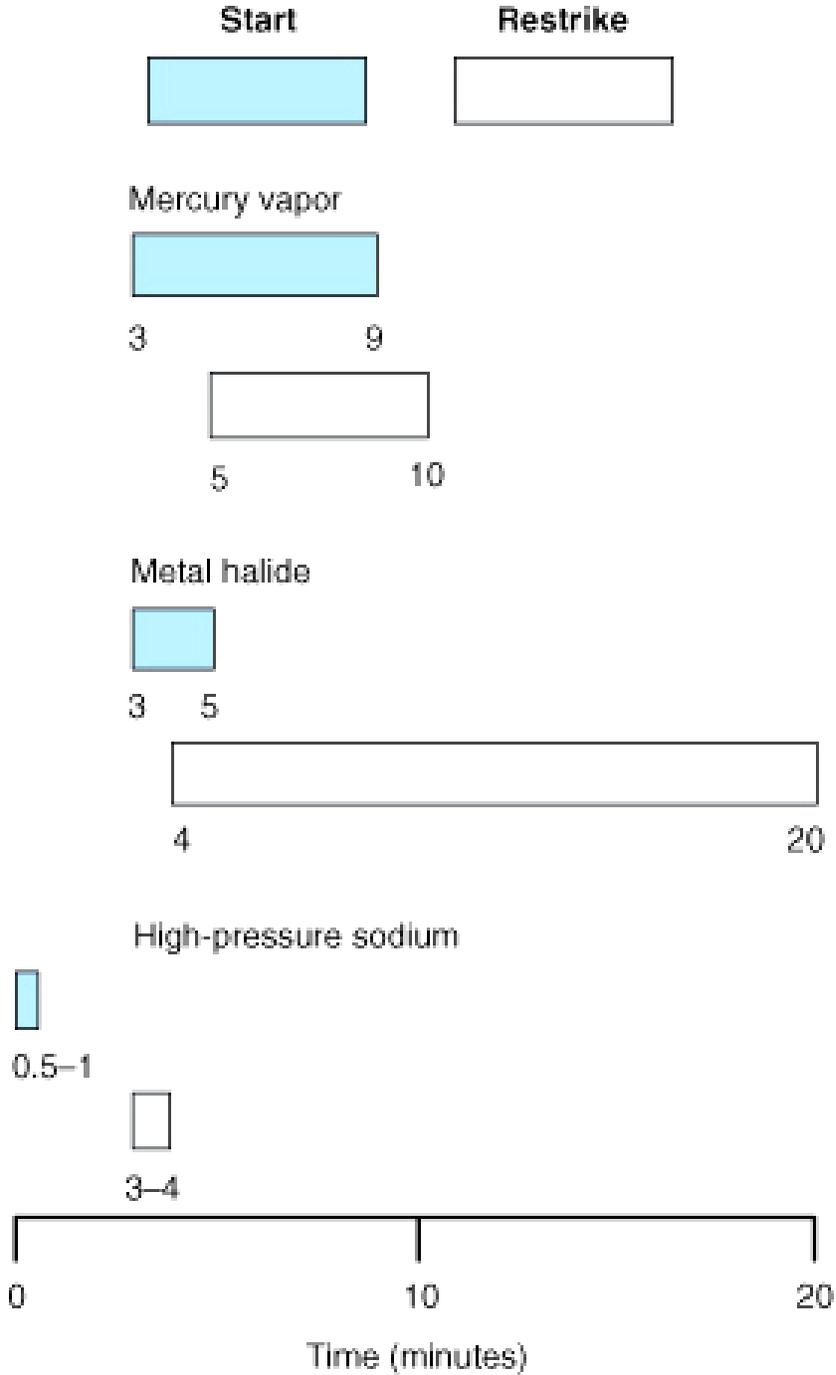


Lámparas de sodio de alta presión.

Ya que las lámparas de sodio de alta presión no contienen electrodos de arranque, pulso de alto voltaje y alta frecuencia es usado para ionizar el gas de arranque. Una vez encendida, la lámpara se calienta para su rendimiento total en aproximadamente 10 minutos. Durante los cuales el color cambia.



Debido a que la presión de gas de una lámpara de sodio de alta presión es mas baja que en aquellas lámparas de mercurio, el tiempo de reencendido es mas corto, por lo general es en menos de un minuto y tarda en calentarse otra vez entre 3 o 4 minutos generalmente.



Tiempos de encendido y reencendido de los diferentes tipos de lámparas HID.

4.4.4 LAMPARAS DE MERCURIO.

En las lámparas de mercurio, la luz es producida por el paso de una corriente eléctrica a través de vapor de mercurio. Puesto que el mercurio tiene una presión de vapor baja en lugares cerrados, y aún más baja cuando hace frío, una pequeña cantidad de gas argón ionizado, es introducida para facilitar el encendido. El arco original es formado a través de la ionización del gas argón. Una vez que el arco es formado, su calor comienza a vaporizar el mercurio, y este proceso continúa hasta que todo el mercurio es evaporado. La cantidad de mercurio dentro de la lámpara determina esencialmente la presión final de operación, la cual es, de 200 á 400 kPa (29 á 58 lb. /plg.) En la mayoría de las lámparas.

Los electrodos de lámparas de mercurio usualmente están hechos de tungsteno, dentro del cual el material emisor, compuesto de varios óxidos metálicos, es incrustado dentro de los giros de un arrollamiento de tungsteno protegido por un arrollamiento exterior también de tungsteno. Los electrodos son calentados a la temperatura apropiada de emisión del electrón, por medio de bombardeo de energía proveniente del arco.

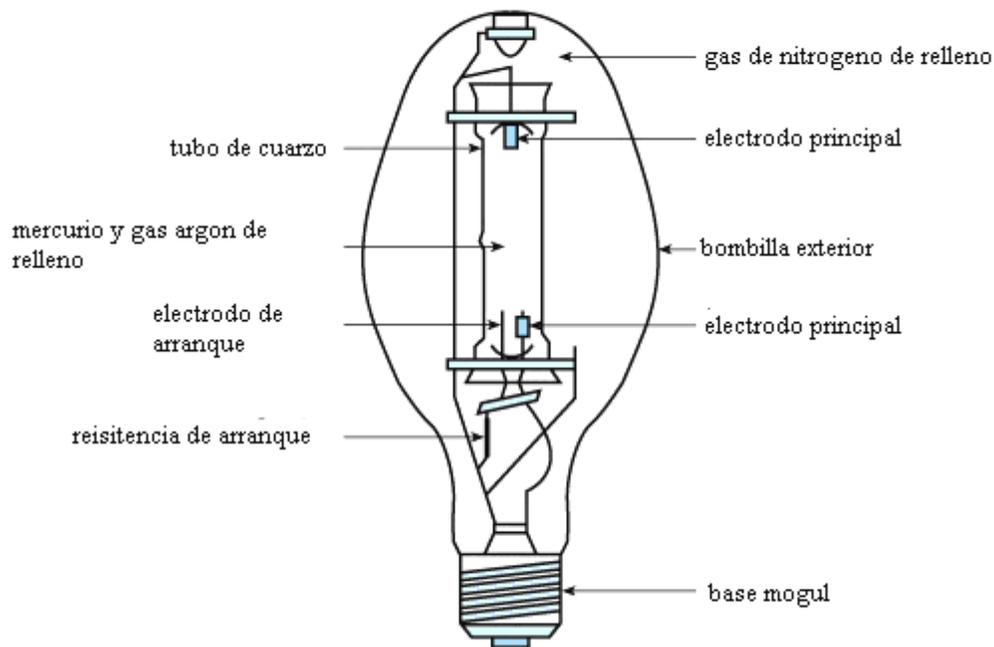
La mayoría de las lámparas de mercurio son construidas con dos envolturas: una envoltura interior (tubo de arco) que contiene el arco y una envoltura exterior que (1) protege el tubo de arco de movimientos y cambios de temperatura; (2) usualmente contiene un gas estable de baja presión (generalmente nitrógeno) que previene la oxidación de componentes internos y también incrementa el voltaje de ruptura a través de las partes exteriores del bulbo; (3) provee una superficie interior que aceptará capas de fósforo; y (4) normalmente actúa como un filtro, removiendo la mayoría de la radiación UV producida por el arco.

Los fósforos colocados dentro de la envoltura exterior pueden convertir alguna de esta energía UV en luz, como en las lámparas fluorescentes.

Normalmente, la envoltura interior de las lámparas de mercurio (tubo de arco) está hecha de sílice fundido con cintas de molibdeno delgadas selladas a los extremos como conductores de corriente.

La envoltura exterior (bulbo) está usualmente hecha de vidrio duro (boro silicato) pero también puede ser de otros vidrios especiales para transmisión o en donde la contaminación y los choques térmicos no son problemas.

Los detalles de construcción esenciales mostrados en la figura son típicos de lámparas, con tubos de arco internos de sílice fundido debajo de una envoltura exterior. Otras lámparas, tales como esas para aplicación fotoquímica especial y tipos autobalastado, tienen diferentes construcciones.



Construcción de lámparas de vapor de mercurio.

La presión a la que una lámpara de mercurio operará, se debe en gran medida por su distribución de poder espectral característico. En general, la presión de operación más alta tiende a cambiar una proporción más grande de radiación emitida a más largas longitudes de onda. En presión extremadamente alta, hay también una tendencia a extender el espectro de línea en bandas más anchas. Dentro de la región visible el espectro de mercurio consiste de cinco líneas principales (404.7, 435.8, 546.1, 577, y 579 nm) que resultan en luz azul verdosa en eficacias de 30 á 65 lm/W, excluyendo pérdidas de balasto. Mientras la fuente de luz aparece con un tono blanco azulado, hay una deficiencia de radiación de longitud de onda larga, especialmente en lámparas de baja y media presión, y la mayoría de objetos aparecen presentando colores distorsionados. Azul, verde y amarillo son acentuados; naranja y rojo aparecen parduscos. Las lámparas de mercurio claras generalmente tienen un valor CRI de aproximadamente 15, y no son apropiados para uso donde la gente ocupará el espacio. Ellas son, sin embargo, completamente indicadas para el alumbrado de paisaje.

Una porción significativa de la energía radiada por el arco de mercurio está en la región UV. A través del uso de capas de fósforo en la superficie interior de la envoltura exterior, algo de esta energía UV es convertida a radiación visible. Las lámparas usadas más ampliamente de este tipo están cubiertas con un fósforo de vanadato (4000 K, designación DX) que emite radiación de longitud de onda larga (naranja-rojo); esto mejora eficacia y la interpretación del color.

4.4.5 LAMPARAS DE ADITIVOS METALICOS.

Las lámparas de aditivos metálicos son similares en construcción a las lámparas de mercurio, la mayor diferencia es que el tubo de arco de lámparas de aditivos metálicos contiene varios haluros de metal en adición con mercurio y argón. Cuando la lámpara alcanza la temperatura completa de operación, los haluros de metal en el tubo de arco son vaporizados. Cuando los vapores de los haluros se aproximan al núcleo central de alta temperatura, ellos son disociados en halógeno y metales, con los metales radiando su espectro. Cuando el halógeno y los átomos de metal se mueven cerca de la pared del tubo de arco más fresco por difusión y convección, se recombinan y el ciclo se repite.

El uso de haluros o aditivos de metal dentro del tubo de arco presenta dos ventajas. Primero, los aditivos de metal son más volátiles a temperaturas de operación del tubo de arco que los metales puros. Esto permite la introducción de metales con propiedades de emisión adecuadas en el arco en temperaturas del tubo de arco normales. Segundo, esos metales que reaccionan químicamente con el tubo de arco pueden ser usados en la forma de haluros, los cuales no reaccionan fácilmente con la sílice fundida.

La eficacia de las lámparas de aditivos metálicos sobre las lámparas de mercurio, es ampliamente mejorada. Comercialmente las lámparas de aditivos metálicos tienen eficacias de 75 a 125 lúmenes/watt (excluyendo las pérdidas del balastro). Casi todas las variedades de lámparas de aditivos metálicos de luz blanca tienen propiedades de rendimiento de color tan buenas o superiores que las lámparas de mercurio con cubiertas de fósforo.

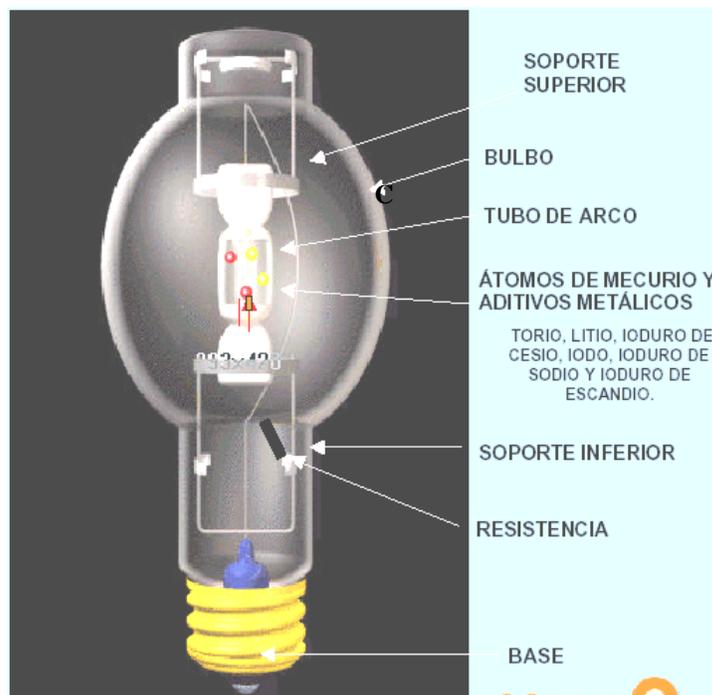
Los metales irradiantes introducidos como haluros en estas lámparas tienen emisiones características que son espectralmente selectivas. Algunos metales producen principalmente radiación visible en una longitud de onda simple, mientras que otras producen una multitud de longitudes de onda independientes. Incluso otras mejoran un espectro continuo de radiación. Para obtener un espectro en orden deseado, son usadas mezclas de haluros metálicos. Principalmente dos combinaciones de haluros usadas son yoduros de escandio y sodio, y yoduros raros de disprosio, holmio, y tulio.

Otros metales, tales como el estaño, cuando introducidos como haluros, irradian como moléculas, suministrando una banda espectral continua a través de un espectro visible. El sistema escandio-sodio, por ejemplo, puede producir CCT entre 2500 y 5000 K por variaciones de la proporción de la mezcla y la temperatura de operación del tubo de arco. El sistema “tierras-raras”, por otra parte,

tiene características de CCT de aproximadamente 5400 K, el cual, es aumentado por la inclusión de yoduro de sodio, puede ser reducido a 4300 K. los sistemas “tierras-raras” incrementados con yoduros de cesio y sodio pueden conseguir un CCT de 3000 K. los sistemas “tierras-raras” proporcionan un poco mas alto el índice de rendimiento de color general que el sistema escandio-sodio; adiciones de yoduro de litio pueden ser buenas para incrementar las propiedades de rendimiento de color de los sistemas escandio-sodio.

Colores seleccionados también pueden ser producidos usando elementos simples dentro del tubo de arco: sodio para naranja, talio para verde, indio para azul y hierro para UV. La eficiencia luminosa y la vida de la lámpara tienden a ser mayores para lámparas de escandio y sodio, pero el talio puede ser usado para mejorar la eficiencia de lámparas RE. Estos sacrificios deben ser considerados en la selección de un tipo de lámpara para una aplicación particular. Las lámparas de haluros metálicos están también disponibles con fósforos aplicados en envolturas exteriores. Estos fósforos disminuyen el CCT de las lámparas aproximadamente 300 K. el principal uso de las cubiertas de fósforo es para crea una fuente de luz mas difusa.

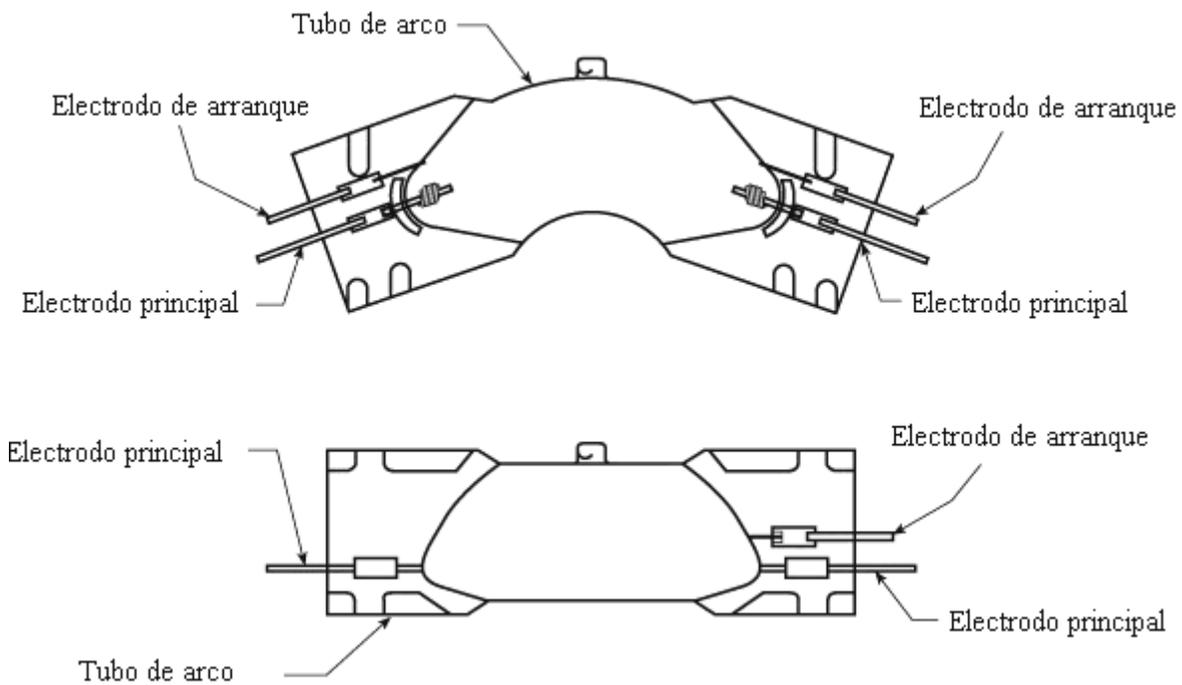
La construcción de las lámparas de aditivos metálicos es similar a la de las lámparas de mercurio. Una característica de diseño característica es que el arco de tubo normalmente es más pequeño para potencias equivalentes. El tubo de arco de aditivos metálico tiene una cubierta blanca aplicada en las terminaciones para aumentar la vaporización de los haluros metálicos.



Construcción de una lámpara de aditivos metálicos.

Otra característica de diseño de las lámparas de aditivos metálicos, es que el tubo de arco a menudo tiene una forma tradicional. En la mayoría de las lámparas de haluros metálicos, su rango de vida y lúmenes, es en posición de operación vertical. Por ejemplo, lámparas de operación universal tienen mejores prestaciones en posición vertical. Cuando una lámpara universal es operada horizontalmente, el arco tiende hacia arriba debido a las corrientes de convección. Al mismo tiempo la porción de aditivos metálicos (la cual es líquida) se mueve al centro del tubo de arco. La curva del arco se aleja más de los aditivos o haluros metálicos, que cuando la lámpara está vertical, provocando que se enfríen. Esto disminuye la presión del vapor de los químicos de haluros metálicos y decrece la concentración de metal en el arco, resultando pérdida de luz. En suma, la curva del arco se acerca a la pared superior del tubo de arco, causando que se incremente la temperatura. La carga mas alta sobre el material de la pared del tubo de arco da como resultado un a disminución de su rango de vida de un 25 % aproximadamente.

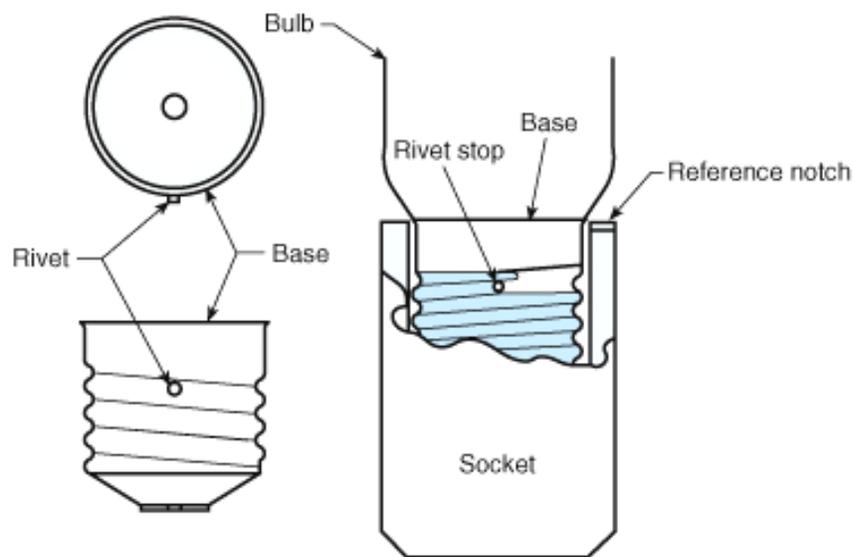
Puesto que muchas aplicaciones requieren de una lámpara de orientación horizontal, un número de diseños de tubo de arco se han desarrollado. Hay dos configuraciones comunes para tubos de arco de alto rendimiento horizontales, como se muestran en la siguiente figura.



Configuraciones comunes para lámparas de aditivos metálicos horizontales.

El primero es un tubo de arco de forma arqueada para imitar la forma natural del arco en forma horizontal. En este diseño, los químicos están reclusos en las terminaciones del tubo de arco como forma de evitar la emigración. El segundo diseño es un tubo de arco asimétrico con los electrodos mas abajo, dentro del cuerpo del tubo de arco, tal que la silueta del arco quede sobre la línea del centro del tubo de arco. Ambos diseños proveen un incremento de luz (aproximadamente un 25%) y de vida (aproximadamente un 33%) sobre lámparas universales operadas horizontalmente.

Desde que tubos horizontales de alto rendimiento son diseñados para acomodar el arco y pueda operar de manera horizontal, los tubos de arco pueden ser operados horizontalmente evitar sobrecalentamiento en las paredes del tubo de arco, el cual acorta dramáticamente la vida de la lámpara e incrementa la probabilidad de una fractura violenta. Una base y casquillo especiales son usados siempre con lámparas de alto rendimiento horizontales para ayudar a garantizar la orientación apropiada del tubo de arco.

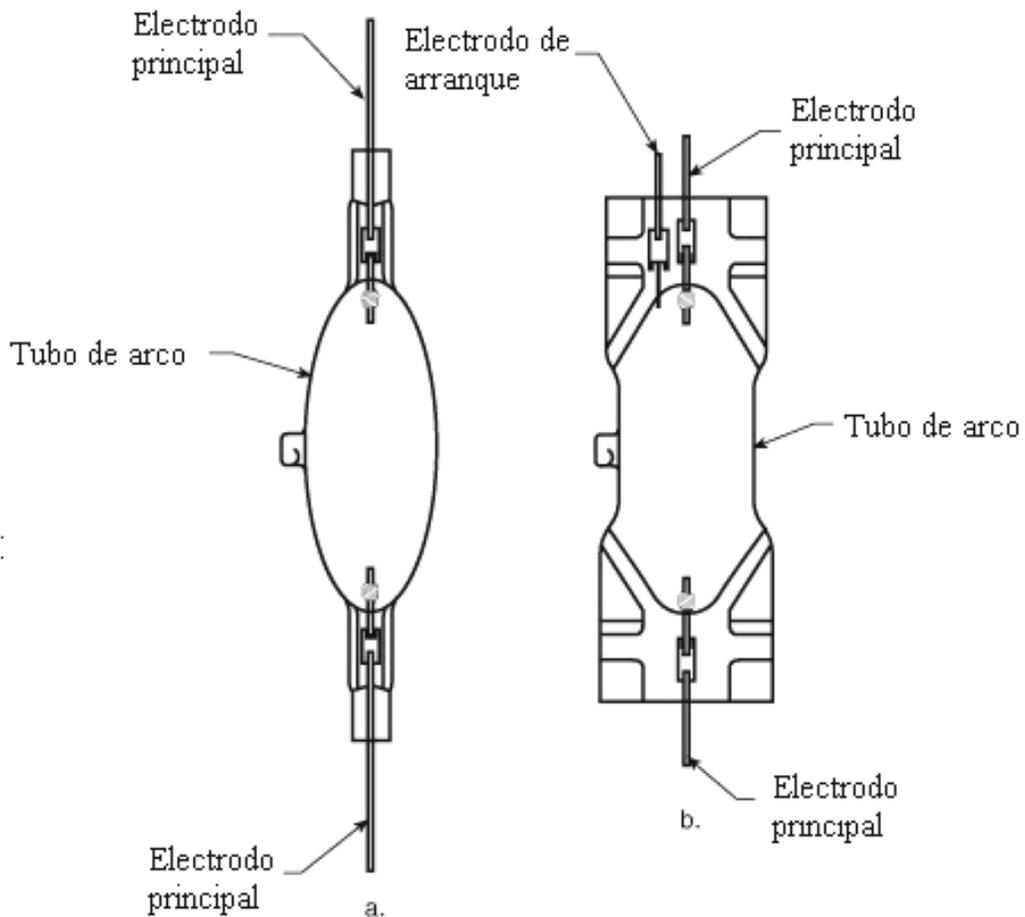


Configuraciones de base y socket para algunas lámparas de aditivos metálicos de alto rendimiento horizontales

La posición de operación es mucho menor importante en lámparas de mercurio y sodio de alta presión.

Algunos tubos de arco han sido diseñados con formas ovoides. Estos tubos de arco se forman en realidad en un molde usando gas a alta presión. Ellos son nombrados comúnmente como tubos de arco de cuerpo formado. Los tubos de arco de diseño más viejo son nombrados tubos de arco de cuerpo sellado. El proceso de moldeado garantiza una repetición altamente precisa de la forma de

cada tubo de arco. El contorno y forma actuales de los tubos de arco dan algunos excelentes beneficios en rendimiento. Las paredes del tubo de arco están contorneadas para un mejor seguimiento de la forma del arco, así, de ese modo se permite un mayor perfil de uniformidad térmico para el tubo de arco. Esta forma permite que los químicos de haluro de metal se calienten más rápidamente que aquellos tubos de arco de cuerpo sellado convencionales. En promedio, los tubos de arco de cuerpo formado se calientan tres veces más rápido que los tubos de arco de cuerpo sellado de una misma potencia. Los tubos de arco de cuerpo formado tienen áreas selladas más pequeñas. Estas áreas sirven para enfriar las cámaras de las terminaciones del tubo de arco y así, de ese modo se reduce la eficacia de la lámpara por la disminución de temperatura en los haluros metálicos. Este enfriamiento no deseado es un problema mayor en lámparas de menor potencia en las cuales el área sellada comprende una mayor parte del total de la masa térmica del tubo de arco.



Tubos de arco comunes (a) ovoide, (b) cuerpo sellado

El área mas pequeña de sellado tiene un efecto sobre el encendido de la lámpara. El viejo diseño de sellado usa un electrodo secundario de arranque que ayuda a iniciar el vencimiento de los gases del tubo de arco. En el tubo de arco de cuerpo formado. No hay espacio para un electrodo secundario. Consecuentemente el arco es iniciado por un pulso de alto voltaje (normalmente 3000 V mínimo) aplicado directamente a través de los electrodos principales. Los aparatos llamados arrancadores son usados para suministrar estos pulsos de arranque. Los arrancadores de encendido han sido basados para tener elementos de rendimiento adicionales. En general, las lámparas arrancan más rápido cuando se usan arrancadores. Ellos arrancan más confiablemente y la presión del gas dentro del tubo de arco puede ser incrementada sobre los sistemas de electrodos de arranque estándar. La más alta presión de llenado ayuda a retardar la evaporización del tungsteno del electrodo, la cual causa una depreciación de lúmenes debido al ennegrecimiento de las paredes del tubo de arco.

Las lámparas clásicas de aditivos metálicos de cuerpo sellado que usan un electrodo de arranque deben contener también un sistema que abra el circuito de arranque después de que la lámpara haya encendido. Esto es requerido para evitar la electrolisis en la sílice fundida entre el electrodo de arranque y el de operación, especialmente cuando un haluro como el yoduro de sodio es usado en la lámpara. La falla en el corte o abertura del circuito del electrodo de arranque dará como resultado una vida muy corta en la lámpara. Este circuito de arranque normalmente usa un interruptor bimetalito. La ubicación y tipo del interruptor puede limitar la posición de operación de la lámpara ya que el bimetalo debe conseguir cierta temperatura para funcionar.

En algunas lámparas de aditivos metálicos la conexión eléctrica de el electrodo a la cúpula de la lámpara esta hecha por un alambre no magnético pequeño distante desde el tubo de arco. Esto evita la difusión del sodio a través del tubo de arco por electrolisis causado por un efecto fotoeléctrico cuando la corriente esta cerca del tubo de arco. La mayoría de las lámparas de aditivos metálicos arriba de 150 W necesita un circuito de abertura de arranque de más alto voltaje que las lámparas de mercurio de potencia semejante. Por consiguiente, ellas necesitan balastros específicos. Ciertos diseños de lámparas de aditivos metálicos, no obstante, pueden operar con algunos tipos de balastros de mercurio en situaciones circunstanciales.

La mayoría de las lámparas de aditivos metálicos usan colectores para vencer impurezas que, si se presentan fuera de la cubierta de la lámpara de aditivos metálicos, puede comprometer el rendimiento, el problema predominante surge de la contaminación de hidrogeno y carbón.

Lámparas de aditivos metálicos especiales que automáticamente extinguen el arco que podría romper la cubierta exterior o perforarla, están disponibles, ellas pueden ser usadas en lugares donde la exposición de radiación UV debe ser evitada.

Las lámparas de aditivos metálicos de baja potencia (por debajo de 175 W) vienen en muchas variedades para diferentes aplicaciones, tales como pantallas, iluminación empotrada, iluminación de pistas o caminos. Ellas producen una luz blanca brillante dentro de una capsula de arco pequeña, encerrada dentro de una cubierta exterior pequeña. Tales lámparas incluyen lámparas de una sola terminación con bases medianas o E27 (32 a 175 W), lámparas de una sola terminación con bases de dos espigas (de 35 a 150 W) y lámparas de doble terminación con bases simples de contacto empotradas (de 70 a 150 W).

Algunas lámparas de terminación simple usan una manga transparente circundante del tubo de arco llamado envoltorio. Un envoltorio delgado es útil como un protector de calor porque ayuda a lograr una temperatura de arco mas uniforme; esto también retrasa la perdida de sodio. Un envoltorio grueso es conveniente en lámparas de luminarias abiertas. Estos envoltorios previenen que la cubierta exterior de la lámpara se rompa en caso de una falla violenta del tubo de arco. En luminarias abiertas se debe utilizar solo lámparas indicadas para ello (aquellas que tienen este envoltorio). Para evitar un mal uso de aplicación la industria han desarrollado bases y casquillos únicos para lámparas de base media y mogul.

Determinadas lámparas de aditivos metálicos deben ser operadas en diseños de luminarios cerrados para contener algún fragmento de cuarzo caliente que pueda resultar de una ruptura del tubo de arco. Algunas lámparas de aditivos metálicos no tienen una cubierta exterior de cristal gruesa. Estas lámparas pueden o no tener cubierta exterior que esta hecha de sílice fundida que transmite energía UV. En estos diseños, los luminarios deben tener una cubierta de cristal que proporciona filtración UV.

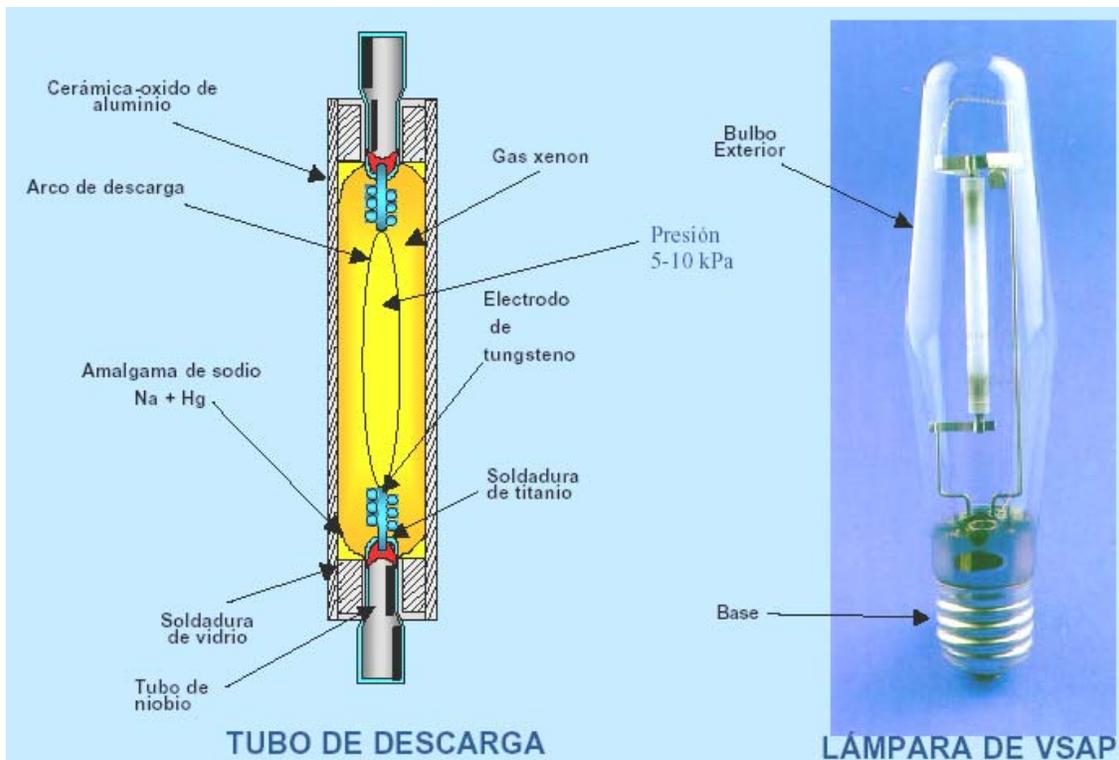
4.4.6 LAMPARAS DE VAPOR DE SODIO DE ALTA PRESION.

Las lámparas de sodio de alta presión son el tipo más eficiente de la familia de lámparas de descarga de alta intensidad (H I D). La luz se produce por el paso de una corriente eléctrica a través de vapor de sodio, con una presión determinada a alta temperatura. Sus características físicas, eléctricas y fotométricas son diferentes a otros tipos de lámparas de descarga de alta intensidad.

Al igual que las lámparas de vapor de mercurio y aditivos metálicos, este tipo de lámparas se fabrica con dos envoltorios: un bulbo exterior “cubierta” y uno interior “tubo de arco”. El

envolvente o bombilla exterior de vidrio resistente a la intemperie (borosilicato), protege al tubo de arco y , debido a que se encuentra al vacío, reduce las pérdidas de calor por las corrientes de conducción y convección originadas en el tubo de arco, asegurando de esta forma una alta eficacia.

El tubo de arco en la lámpara de vapor de sodio de alta presión es largo y esbelto, se fabrica con cerámica de óxido de aluminio policristalino. La geometría del tubo está determinada por los requerimientos de alta temperatura para vaporizar el sodio. Se requiere que la cerámica resista esas temperaturas. El material del tubo de descarga es translúcido y adecuado para la transmisión y generación de luz en lámparas de descarga de alta intensidad, con una transmisión de aproximadamente 95 % en esas longitudes de onda de luz visible. Debido a que el material no contiene impurezas ni pequeños poros, el material de fabricación del tubo de arco es altamente resistente al efecto corrosivo del sodio a alta temperatura. El sodio a altas temperaturas deteriora el cuarzo o cualquier otro material similar rápidamente.



Construcción de una lámpara de vapor de sodio de alta presión.

El óxido de aluminio policristalino no puede ser fundido en metal por fusión del aluminio, sin que cause que el material se rompa, por consiguiente un sello intermedio es usado. Ambas soldaduras, de cristal o metal pueden ser usadas. Enchufes cerámicos también pueden ser usados para formar el

sello intermedio. El tubo de arco contiene gas de xenón como gas de arranque y una pequeña cantidad de amalgama de sodio y mercurio, la cual es parcialmente evaporada cuando la lámpara alcanza la temperatura de operación. El mercurio actúa como gas amortiguador para aumentar la presión del gas y el voltaje de operación de la lámpara. El mercurio actúa también como corrector de color.

La mayoría de las lámparas de sodio de alta presión pueden ser operadas en cualquier posición. La posición de operación no tiene efecto significativo en la luz de salida. Las lámparas también están disponibles con cubiertas difusas sobre el interior de la bombilla exterior para aumentar el tamaño de la fuente luminosa o reducir la luminosidad.

Las lámparas de sodio de alta presión irradian energía a través del espectro visible. Esto es en contraste con lámparas de sodio de baja presión, las cuales irradian principalmente líneas doble D de sodio a 589 nm. Las lámparas de sodio de alta presión estándar con un rango de presión de sodio de 5 a 10 kpa (de 40 a 70 Torr), normalmente exhiben temperaturas de color de 1900 a 2200 K y tienen un CRI de 22. A presiones más altas, por encima aproximadamente de 27 kpa (200 Torr), la radiación de sodio de líneas D es auto absorbida por el gas y es radiada como espectro continuo en ambos lados de la línea D. esto resulta en una región oscura a 589 nm.

Incrementando la presión del sodio, incrementa el CRI a por lo menos 65 un poco más alto relacionado con la temperatura de color, sin embargo, la vida y la eficacia son reducidas. Las lámparas de sodio de alta presión blancas han sido desarrolladas con una relación de temperatura de color de 2700 y 2800 K y un CRI entre 70 y 80. La operación a altas frecuencias es un método de suministrar luz blanca y reducir la presión de sodio. Las lámparas de sodio de alta presión tienen eficacias de 45 a 150 lm/watt, dependiendo de su potencia y de las propiedades de rendimiento de color deseado.

Debido al pequeño diámetro del tubo de arco de las lámparas de sodio de alta presión, no es incluido un electrodo de arranque como en las lámparas de mercurio, en su lugar, un voltaje alto, un pulso de alta frecuencia es suministrado por un arrancador para encender estas lámparas. Algunas lámparas de sodio de alta presión especiales usan una mezcla de gas para encender (una combinación de argón y neón que requiere un voltaje de arranque menor que si estuvieran solos) y una ayuda de arranque dentro de la bombilla exterior. Estas lámparas pueden arrancar y ser operadas con muchos balastos de lámparas de mercurio.

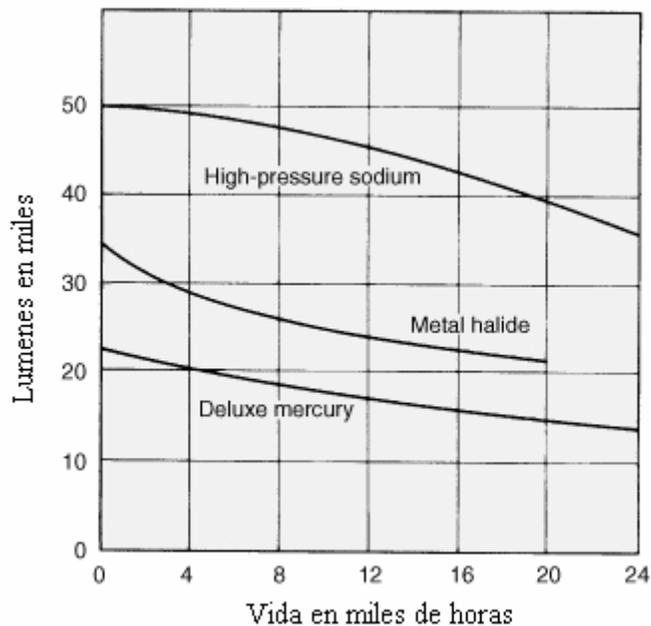
Las lámparas de sodio de alta presión están disponibles también con dos tubos de arco idénticos contenidos dentro de la bombilla exterior. Estos tubos de arco están conectados en paralelo dentro

de la lámpara, pero solo uno de los tubos de arco es encendido con el pulso del arrancador. Cuando existe por un momento la falta de poder, este tubo dual de arco enciende inmediatamente cuando este poder es restaurado y tarda alrededor de un minuto para retornar su rendimiento completo.

4.4.7 LA VIDA DE LAS LAMPARAS Y SU DEPRECIACIÓN DE LUMENES

El promedio de vida de la lámpara es definido como aquel tiempo en el cual el 50 % de un grupo grande de lámparas están todavía en operación. El procedimiento prescribe ciclos de operación para lámparas HID de 11 horas encendidas y 1 hora apagadas. Para ciertos tipos de lámparas y aplicaciones el criterio de falla puede ser considerado como, ciclos rápidos, drásticos cambios de color o una reducción significativa de l rendimiento de lúmenes. La vida de la lámpara esta generalmente basada sobre los ciclos de operación prescritos. Sin embargo la vida y el mantenimiento de lúmenes son afectados por cambios en el ciclo de operación. Como una regla se tiene que si los periodos son acortados un 50%, la vida de la lámpara se reduce un 25% aproximadamente. Los fabricantes pueden dar más información sobre la reducción de vida en los periodos cortos de las lámparas.

Las lámparas HID tienen un rango de lúmenes iniciales después de 100 horas de operación. En la siguiente figura se ilustran las perdidas de luz de tres tipos de lámparas de 400W a cierto tiempo.



Curvas de mantenimiento de lúmenes de lámparas de descarga de alta intensidad de 44-W

Lámparas de mercurio.

Las lámparas de mercurio de servicio general tienen un rango de vida promedio largo. Ellas normalmente emplean un electrodo con una mezcla de óxidos de metal incrustados en lugar del arrollamiento de tungsteno del cual el electrodo está ensamblado. Durante la vida de la lámpara, este material emisivo es evaporado muy lentamente de los electrodos y es depositado sobre la superficie interna del tubo de arco. Este proceso resulta primero en un depósito blanco sobre la superficie interna del tubo de arco, seguido de un ennegrecimiento del tubo de arco, al final un agotamiento del material emisivo en los electrodos y termina vida de la lámpara cuando el voltaje de arranque excede el voltaje de circuito abierto.

Lámparas de aditivos metálicos.

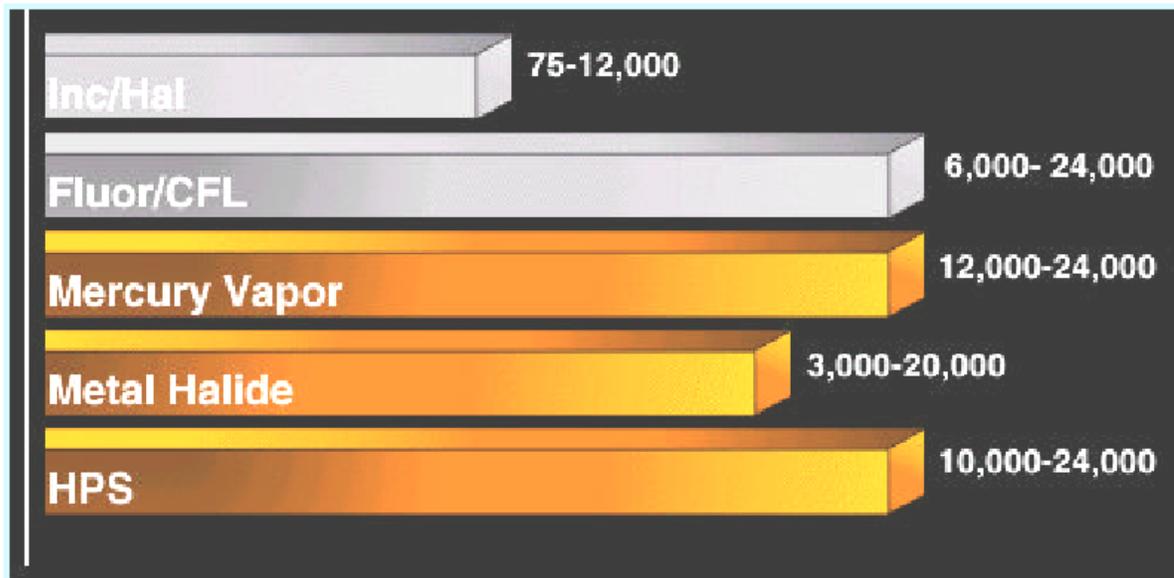
La reacción química entre el yodo dentro de la lámpara de aditivos metálicos y los materiales emisivos incluidos en los electrodos de las lámparas de mercurio, evita el uso de electrodos de mercurio en las lámparas de aditivos metálicos. Debido que los electrodos usados con lámparas de aditivos metálicos se evaporan más rápidamente que los electrodos de las lámparas de mercurio, ellas generalmente tienen un rango de vida más corto. En adición, algunas lámparas de aditivos metálicos experimentan cambios fuertes de color hacia el final de su vida normal, donde el aspecto del color de la lámpara es crítico, la vida útil de la lámpara termina y el color se vuelve reprochable.

Lámparas de sodio de alta presión.

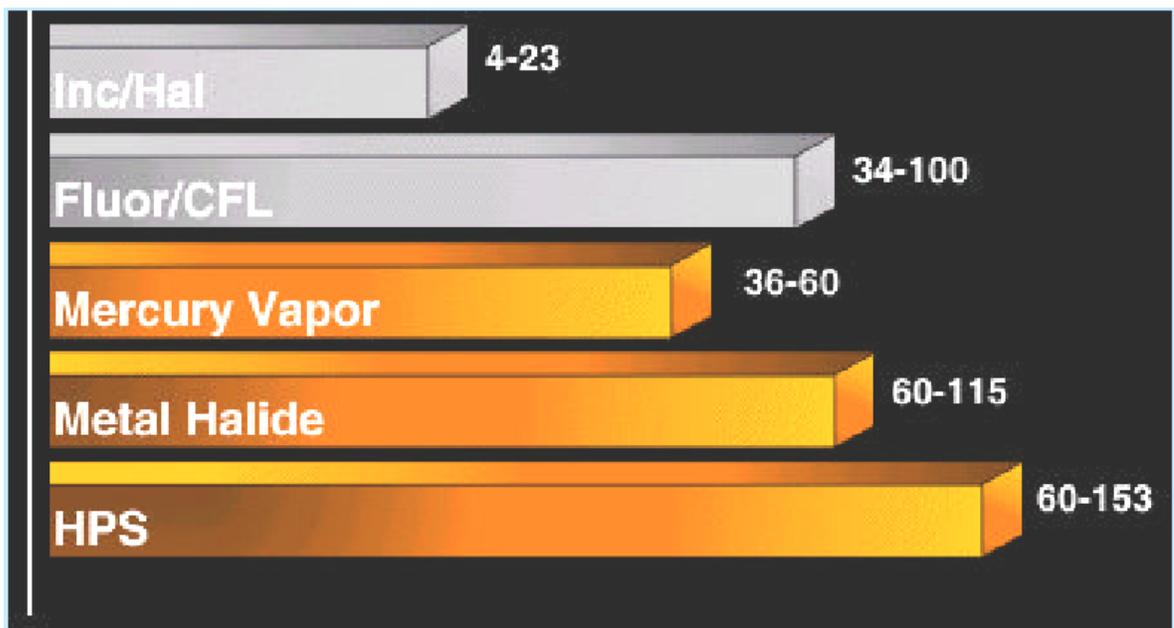
Las lámparas de sodio de alta presión emplean electrodos muy similares a aquellos usados en lámparas de mercurio, este hecho, combinado con el diámetro más pequeño del tubo de arco, brinda a las lámparas de sodio de alta presión un excelente mantenimiento de lúmenes.

La vida de la lámpara de sodio de alta presión está limitada por un aumento lento en el voltaje de operación que ocurre durante la vida de la lámpara. Este aumento es principalmente causado por el ennegrecimiento del tubo de arco cuando arde el electrodo. El ennegrecimiento absorbe la radiación, la cual calienta las terminaciones del tubo de arco, además vaporiza la amalgama de sodio. Esto incrementa la presión del tubo de arco y por consiguiente el voltaje de arco. Otras razones por las que el voltaje del tubo de arco aumenta, es la difusión del sodio a través de las terminaciones selladas del tubo de arco y la eliminación del sodio en el arco por combinación de impurezas dentro del tubo de arco.

Cuando el balastro no puede proporcionar el suficiente voltaje para reiniciar el arco durante cada ciclo eléctrico incompleto, la lámpara se extingue. Cuando se enfría, la lámpara enciende de nuevo y se calienta hasta que los aumentos de voltajes de arco sean tantos que el balastro no pueda sostener el arco. Este proceso cíclico ocurre hasta que la lámpara es reemplazada.



Vida útil de las lámparas



Eficacia de las lámparas

Efectos de la temperatura ambiental.

El rendimiento de los tubos de arco HID típicos de doble envoltura es ligeramente afectado por la temperatura ambiental. Estas lámparas son generalmente adecuadas para temperaturas debajo de -29°C (-20°F) o menores. Por otra parte, lámparas de un sola cubierta, principalmente calculadas para usarse como fuentes UV, son seriamente afectadas por bajas temperaturas, particularmente si circula aire a su alrededor. Ellas no son consideradas convenientes para usarse debajo de 0°C (32°F) sin protección especial, ya que no brindan un rendimiento total. La temperatura ambiente afecta al voltaje de todas las lámparas de descarga, y en algunos casos un voltaje de arranque mas alto para interiores es recomendado para carreteras e instalaciones de iluminación con focos en climas fríos. Los balastos para iluminación de carreteras y otras aplicaciones de bajas temperaturas son diseñados para proporcionar el voltaje necesario para arrancar y operar cada lámpara en particular a temperaturas menores de -29° (20° F). Los voltajes de arranque recomendados han sido desarrollados por ANSI.

Temperatura de operación de la lámpara.

Las temperaturas excesivas en la cubierta y la base pueden causar fallas o un comportamiento insatisfactorio debido: al ablandamiento del cristal, daños en el tubo de arco por la humedad fuera de la cubierta exterior, ablandamiento de la soldadura o cemento de la base, o corrosión de la base, casquillo o alambres guías. Las temperaturas máximas de la base y la bombilla son prescritas por varias asociaciones de normas. El uso de equipo reflexivo que concentra el calor y energía en el interior del tubo de arco o de la cubierta exterior puede ser evitado. En el caso de lámparas de haluros metálicos y sodio de alta presión en las cuales el material no es vaporizado por completo, la concentración de calor sobre el tubo de arco puede afectar el color de iluminación o bien las características eléctricas y la vida de la lámpara.

El parpadeo y efecto estroboscópico.

La producción de luz de las lámparas HID varía en algunos grados con los cambios cíclicos del voltaje de línea. Este parpadeo depende del tipo de lámpara y del circuito del balastro. El parpadeo puede ser una consideración importante en las lámparas HID. En muchas aplicaciones de iluminación el efecto estroboscópico de las lámparas HID no es un problema. Esto puede, sin embargo, ser molesto para los espectadores de juegos como el tenis o el ping-pong. Para operadores de maquinaria puede distraerlos. Para minimizar el efecto estroboscópico de las fuentes HID, son

sugeridos sistemas con un índice de parpadeo de 0.1 o menores, o luminarios que son conectados alternativamente en sistemas de tres fases.

En la figura se muestra la variación en el índice de parpadeo de lámparas de mercurio, haluros metálicos y sodio de alta presión para varios tipos de balastos operados a 60 Hz. El índice de parpadeo es considerablemente más alto en sistemas de poder de 50 Hz. El efecto de parpadeo puede ser eliminado efectivamente usando balastos electrónicos de alta frecuencia o de características de onda rectangular.

Lamp type	Ballast	Flicker Index
Mercury		
250W Warm Deluxe	Reactor	.127
250W Cool Deluxe	Reactor	.137
250W Deluxe White	Reactor	.131
250W Deluxe White	CWA (M-H type)	.172
100W Deluxe White	CW-Premium	.142
100W Deluxe White	CW	.183
400W Deluxe White	Reactor	.121
400W Deluxe White	CWA (M-H type)	.144
High Pressure Sodium		
250W Deluxe	Reactor or CWA	.131
250W Standard	Reactor or CWA	.200
Metal Halide		
250W High Color Quality	Reactor	.080
250W High Color Quality	HPS-CWA	.102
175W Coated	CWA	.083
175W Clear-Vertical	CWA	.078
175W Clear-Horizontal		.092
250W Coated (A)	CWA	.070
250W Clear-Vertical	CWA	.102
250W Clear-Horizontal		.121
250W Coated (B)	CWA	.092
250W Clear-Vertical	CWA-Premium	.088
250W Clear-Horizontal		.097
400W Clear-Vertical	CWA	.086
400W Clear-Horizontal		.095
1000W Clear (vert)	CWA	.067
175W (3200K)	CWA	.090

. Índice de parpadeo de algunas amparas de descarga montadas en diferentes balastos

En adición con lo anterior, algunos parpadeos a veces pueden ser vistos al final de la vida de la lámpara cuando son percibidos periféricamente por la retina. Este parpadeo es el resultado de la creación inicial del arco en electrodos alternos durante ciclos negativos y positivos, y tiene una frecuencia que es igual a la frecuencia de línea. Esto es también eliminado en operaciones de alta frecuencia.

Regulación de lámparas e descarga de alta intensidad.

Aunque las lámparas HID son optimizadas para operar a plena carga, algún ahorro de energía puede ser obtenido a través de la regulación o dimmeo de las lámparas. Ahorros del 50% o mayores pueden obtenerse donde la luz de día disponible es usada junto con un foto sensor y sistemas de control de dimmeo. La luz de día tiende a compensar los cambios de color cuando se regula o dimmea una lámpara HID.

Algunas Fuentes de luz son más apropiadas para regularlas que otras. En sistemas apropiados para regular o dimmear, la vida de las lámparas no se ve afectada con este proceso.

El lento calentamiento y la demora en el reencendido, son características de las lámparas HID y las cuales aplican durante el dimmeo o la regulación. Las lámparas HID responden a la regulación mucho mas lento que las lámparas incandescentes y las lámparas fluorescentes, con un retraso entre el mínimo y el máximo rendimiento de luz que varia de 3 a 10 minutos

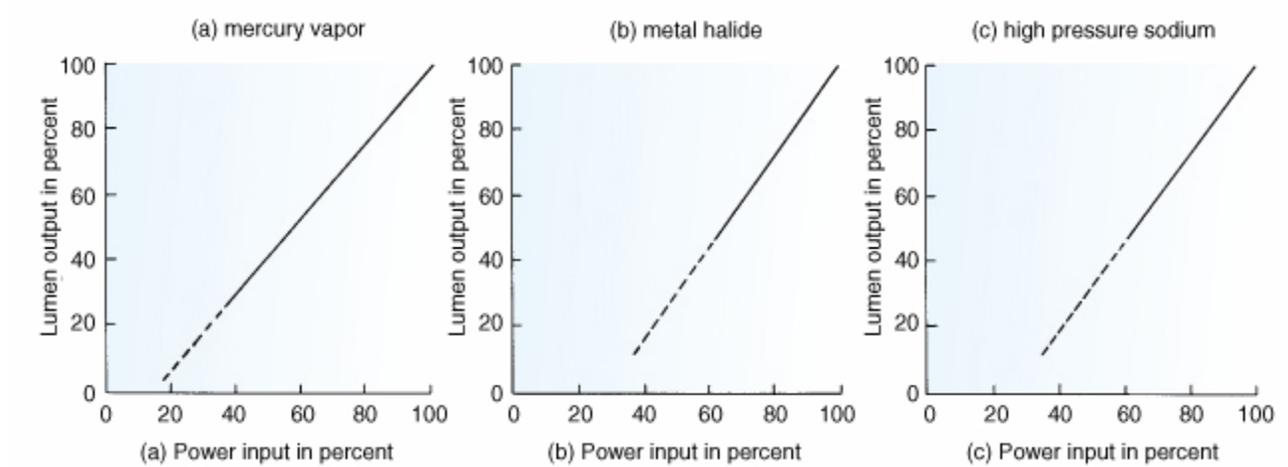
Las lámparas HID pueden ser encendidas a carga total y regularse hasta que la lámpara este totalmente caliente. Los diseños apropiados para el dimmeo garantizan que esto ocurra.

El rango de respuesta durante el dimmeo no se compara con lámparas incandescentes o fluorescentes, sin embargo, en muchos de los casos la eficacia y el color de la lámpara son razonablemente buenos cuando se dimmea la lámpara al 50% o menos.

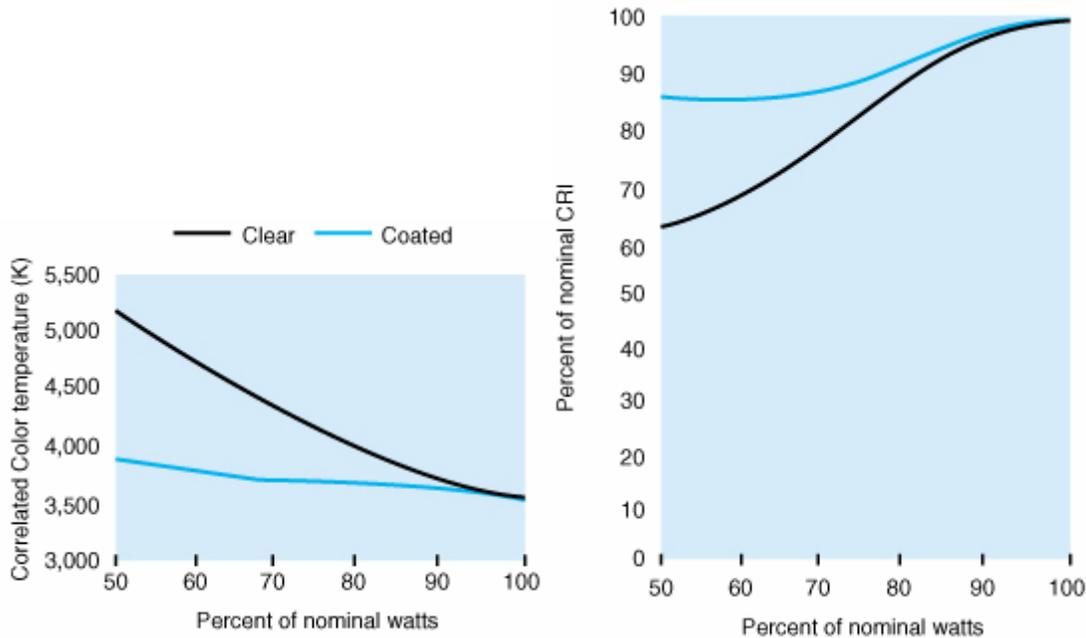
En lámparas de mercurio el cambio de color es muy pequeño de 100 a 25% de rendimiento de luz y el color azul verdoso característico de fuentes claras de mercurio esta presente durante todo este proceso.

La apariencia de color, la consistencia de color de lámpara a lámpara y el rendimiento de color de algunas lámparas de haluros metálicos claras de baja potencia pueden empezar a cambiar al 80% de rendimiento de lúmenes. Para potencias altas, el color de lámparas claras puede empezar a cambiar aproximadamente al 60% de rendimiento de luz, donde un color azul verdoso (característico del vapor de mercurio) comienza a aparecer. Este efecto es menor en lámparas con cubiertas de fósforo.

La apariencia de color de lámparas de sodio de alta presión típicas no es apreciable hasta el 50% aproximadamente de su rendimiento de luz. Por debajo de 50%, un fuerte color amarillo, característico de sodio a baja presión, empieza a prevalecer.



Lúmenes de salida vs. poder de entrada para lámparas recarga de alta intensidad. Las líneas punteadas representan áreas donde el cambio de color es representativo.

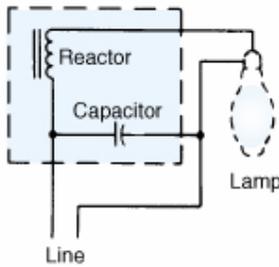


Ejemplo de la relación de temperatura de color y CRI para lámparas de aditivos metálicos, cuando son reguladas.

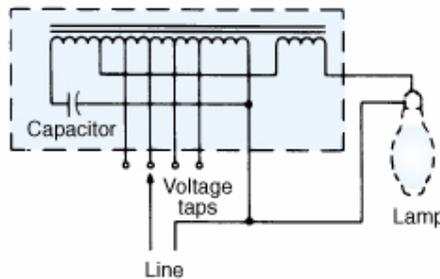
4.4.8 EQUIPO AUXILIAR.

Las lámparas HID tienen características de voltaje-amperaje negativas, y por consiguiente un dispositivo limitador de corriente normalmente en forma de un transformador y balastro, puede ser provisto para evitar lámparas y líneas de corriente excesivas.

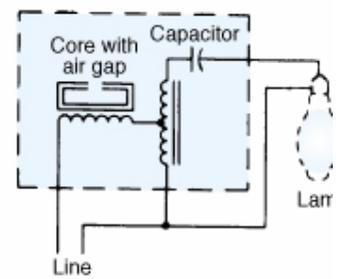
Una diferencia entre los balastos de circuito aislado y circuito conectado, es que en balastos con circuito aislado, el elemento de control de corriente consiste en reactancia inductiva en serie con la lámpara y en balastos de circuito conectado, el elemento de control de corriente consiste en ambas reactancias, capacitiva e inductiva, en serie con la lámpara; sin embargo, la reactancia neta de tal circuito es capacitiva en balastos de mercurio y haluros metálicos, e inductiva en balastos de sodio de alta presión.



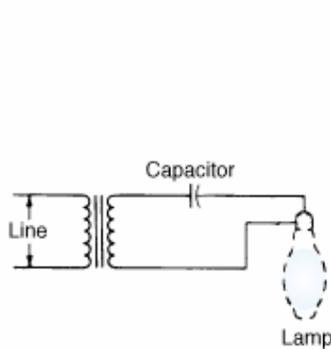
(a) High power factor reactor mercury lamp ballast



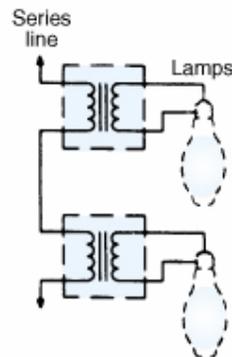
(b) High power factor autotransformer mercury lamp ballast



(c) Constant wattage autotransform ballast for mercury lamps or peak-le ballast for metal halide lamps



(d) Constant wattage (isolated circuit) ballast for mercury lamps



(e) Constant current series regulator ballast for mercury lamps

Circuitos típicos para operar lamparas de descarga de alta intensidad.

Ballast/lamp	Input Power (watts)	Ballast Factor	Efficacy (lumens/watt)	Power Factor	Current THD
Ballast for 70-W metal halide lamp	95	1	58	≥ 0.9	≤ 30%
Electronic ballast for 70-W metal halide lamp	82	0.95	64	≥ 0.9	≤ 30%
Ballast for 400-W metal halide lamp	458	1	79	≥ 0.9	≤ 30%
Ballast for 70-W high pressure sodium lamp	94	1	68	≥ 0.9	≤ 30%
Ballast for 250-W high pressure sodium lamp	300	1	87	≥ 0.9	≤ 30%
Ballast for 175-W mercury vapor lamp	205	1	39	≥ 0.9	≤ 30%

Características de combinaciones comunes de lamparas HID y balastos.

Ignitores. Los ignitores son usados en los balastos para la mayoría de las lamparas de sodio de alta presión, en algunas lamparas de haluros metálicos y en algunas especiales. El ignitor arranca la lámpara fría suministrando un alto voltaje suficiente para la ionización del gas que produce una descarga brillante primero. Para completar el proceso de arranque, poder suficiente tiene entonces que ser suministrado a través de pulso de voltaje, para sostener un arco en la transición de la descarga brillante en arco. El rango del pulso de voltaje para arrancar una lámpara fría es de 1 a 5 kV, normalmente suministrado por un circuito electrónico resonante el cual aplica múltiples pulsos a la lámpara cuando el circuito es energizado. El circuito se apaga solo después de que la lámpara arranca.

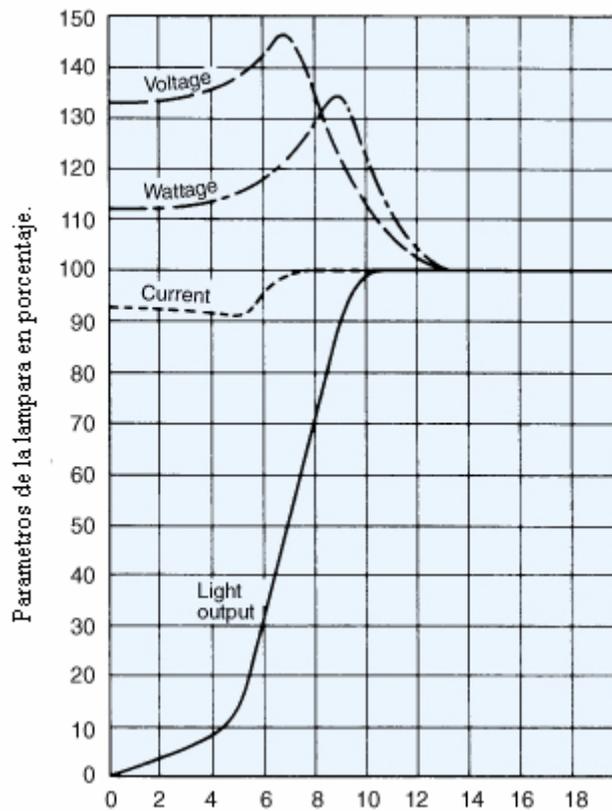
4.4.9 OTRAS LAMPARAS DE DESCARGA.

Lámparas de sodio de baja presión.

En lámparas de descarga de sodio de baja presión, el arco es llevado a través del sodio vaporizado. La luz producida por el arco de sodio de baja presión es casi monocromático, que consiste de una doble línea a 589.0 y 589.6 nm. El gas de arranque es neón con una pequeña adición de argón, xenón, o helio, para obtener una máxima eficacia de la conversión de energía eléctrica de entrada al

arco en luz., la presión del vapor de sodio puede ser aproximadamente de 0.7 Pa ($1/10^4$ lb. /plg²) la cual corresponde a la temperatura de la pared del tubo de arco de aproximadamente 260° C (500° F). Alguna apreciable desviación en la presión del gas degrada la eficacia de la lámpara, Para mantener la temperatura de operación para esta presión. El tubo de arco es normalmente encerrado dentro de un matraz al vacío o dentro de una bombilla exterior al alto vacío.

El tiempo para alcanzar el rendimiento de luz total es de 7 a 15 min. Al inicio del arranque de la lámpara, la luz de salida es de color rojizo, característico de la descarga de neón, y gradualmente se va cambiando a amarillo, del color del sodio vaporizado. El reencendido en caliente es bueno, y la mayoría de las lámparas de sodio de baja presión reencienden inmediatamente después de una interrupción de suministro de poder.



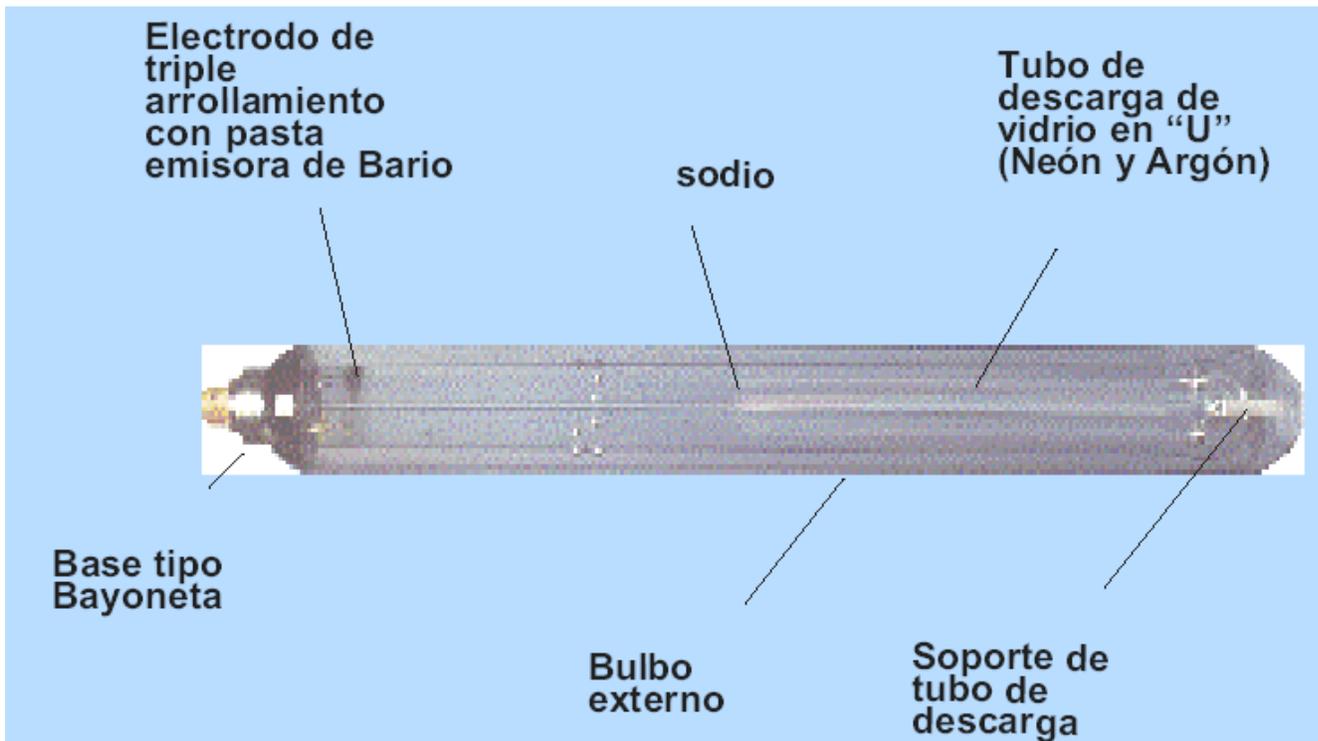
Parámetros durante el encendido de las lámparas de vapor de sodio de baja presión.

Eficacia. La baja densidad de corriente es vital para eficiente generación de luz. Altas densidades resultan en excitación de átomos para más altos niveles de energía y así de este modo una pérdida de eficacia en la conversión de electricidad en luz. Un aislamiento térmico incrementa la eficacia alrededor de 180 lm/W para lámparas de sodio de baja presión de 180-W tipo-U, o 150 lm/W

incluyendo las pérdidas del balastro. El aislamiento térmico consiste en una capa transparente, una capa reflexiva sobre el interior de la cubierta exterior, esta es hecha generalmente de óxido de indio.

Construcción. Hay dos tipos de lámparas de sodio de baja presión: la lineal y la de horquilla o tubo U. La lámpara lineal tiene un tubo de arco de doble terminación, similar a una lámpara fluorescente, con electrodos precalentados sellados en cada terminación. Este tubo de arco, hecho de cristal especial resistente al sodio, es sellado dentro de una cubierta al vacío, con base media de dos espigas en cada terminación.

El tipo de horquilla, de forma de U con un cuerpo muy cerrado entre las terminaciones. Hay dos versiones disponibles, basadas sobre planteamiento de mantener la distribución uniforme del sodio dentro del tubo de arco a lo largo de su vida. Se deben controlar las concentraciones excesivas de sodio metálico en las partes más frías del tubo de arco, principalmente en las curvas del tubo, ya que una baja concentración de sodio puede producir un arco de neón-argón dentro del tubo. Esto es conocido como “operación vacía”



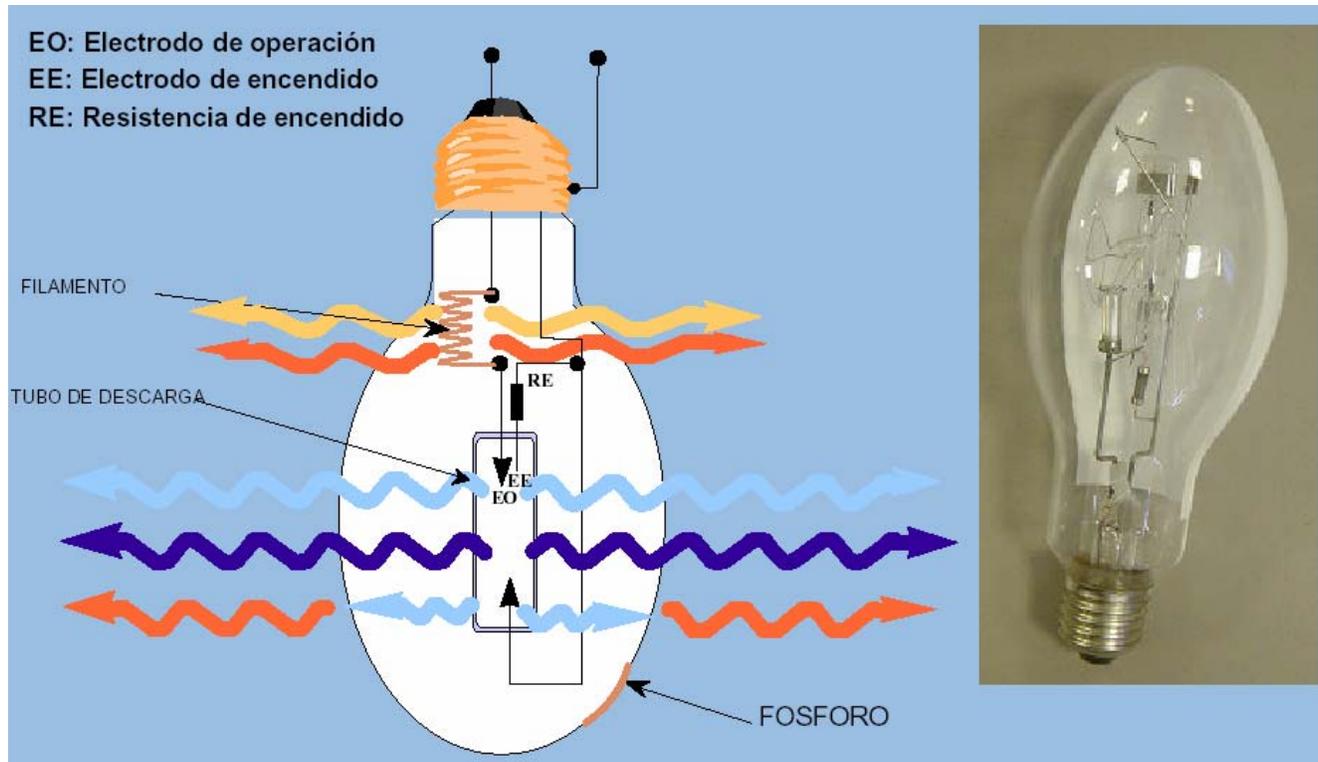
Construcción de una lámpara de vapor de sodio de baja presión tipo U.

Equipo auxiliar. El arco de sodio de baja presión, en común con todas las lamparas de descarga, tiene características volt-ampere negativas. Un dispositivo limitador de corriente, normalmente un balastro reactor.

Balastos auto transformadores de factor de poder alto son los mas comúnmente usados. Los voltajes de encendido requeridos por la lámpara, se encuentran dentro del rango de 400 a 550 V. un capacitor conectado en paralelo sobre el lado primario incrementa en factor de poder a 90% o mas. Sobre este tipo de balastos la regulación de lámpara es excelente. Balastos de potencia constante también están disponibles.

Lámparas autobalastradas o de luz mixta.

Lámparas de mercurio autobalastradas, llamadas también de luz mixta, están disponibles en varias potencias. Estas lámparas tienen un tubo de arco de mercurio en serie con un filamento de tungsteno que limita la corriente. En algunos tipos, cubiertas de fósforo sobre la cubierta exterior proporciona una mejora de color. La eficacia de estas lámparas es menor que las otras lámparas de mercurio debido a las perdidas resistivas del filamento de tungsteno. Como denota su nombre estas lámparas no requieren balastro.



Lámpara autobalastrada o de luz mixta.

5. DIODO EMISOR DE LUZ (LED)



4.5.1 LED (DIODO EMISOR DE LUZ)

Introducción.

Diodo. Un diodo es un dispositivo que permite el paso de la corriente eléctrica en una única dirección. El diodo ideal presenta la propiedad de ser unidireccional, esto es, si se aplica un voltaje con polaridad determinada, el diodo permite el flujo de corriente con resistencia despreciable y con un voltaje de polaridad opuesta no permitirá el paso de corriente.

En la construcción del diodo semiconductor. Se colocan dos materiales semiconductores con contenido de carga opuesta uno al lado del otro. Un material es semiconductor como silicio o germanio excesivamente cargado de partículas negativas (electrones). El otro material es del mismo tipo semiconductor con la diferencia de que este tiene la ausencia de cargas negativas

Cuando se aplica un voltaje de polarización directa (voltaje de corriente directa) la región iónica en la unión se reduce y los portadores negativos en el material tipo n pueden superar la barrera negativa restante iones positivos y continuar su camino hasta el potencial aplicado.

Semiconductores. Como sabemos existen materiales capaces de conducir la corriente eléctrica mejor que otros. Generalizando, se dice que los materiales que presentan poca resistencia al paso de la corriente eléctrica son conductores. Análogamente, los que ofrecen mucha resistencia al paso de esta, son llamados aislantes. No existe el aislante perfecto y prácticamente tampoco el conductor perfecto.

Existe un tercer grupo de materiales denominados semiconductores que, como su nombre lo indica, conducen la corriente bajo ciertas condiciones.

. Los elementos químicos semiconductores de la tabla periódica se indican en la tabla siguiente.

Elemento	Grupo	Electrones en la última capa
Cd	12 (II A)	2 e ⁻
Al, Ga, B, In	13 (III A)	3 e ⁻
Si, Ge	14 (IV A)	4 e ⁻
P, As, Sb	15 (V A)	5 e ⁻
Se, Te, (S)	16 (VI A)	6 e ⁻

El elemento semiconductor más usado es el silicio, aunque idéntico comportamiento presentan las combinaciones de elementos de los grupos II y III con los de los grupos VI y V respectivamente (AsGa, PIn, AsGaAl, TeCd, SeCd y SCd). De un tiempo a esta parte se ha comenzado a emplear también el azufre.

4.5.2 CONSTRUCCION DE UN DIODO EMISOR DE LUZ.

Un LED (Light Emitting Diode- Diodo Emisor de Luz), es un dispositivo semiconductor que emite radiación visible, infrarroja o ultravioleta cuando se hace pasar un flujo de corriente eléctrica a través de este en sentido directo. Esencialmente es una unión PN cuyas regiones P y regiones N pueden estar hechas del mismo o diferente semiconductor. El color de la luz emitida está determinado por la energía del fotón, y en general, esta energía es aproximadamente igual a la energía de salto de banda del material semiconductor en la región activa del LED.

Los elementos componentes de los LED's son transparentes o coloreados, de un material resina-epoxy, con la forma adecuada e incluye el corazón de un LED: el chip semiconductor.

Las terminales se extienden por debajo de la cápsula del LED o foco e indican cómo deben ser conectados al circuito. El lado negativo está indicado de dos formas:

- 1) Por la cara plana del foco o,
- 2) Por el de menor longitud. La terminal negativa debe ser conectada a la terminal negativa de un circuito.

Los LED's operan con un voltaje relativamente bajo, entre 1 y 4 volts, y la corriente está en un rango entre 10 y 40 mili amperes. Voltajes y corrientes superiores a los indicados pueden derretir el chip del LED.

La parte más importante del "Light emitting diode" (LED) es el chip semiconductor localizado en el centro del foco, como se ve en la figura siguiente.

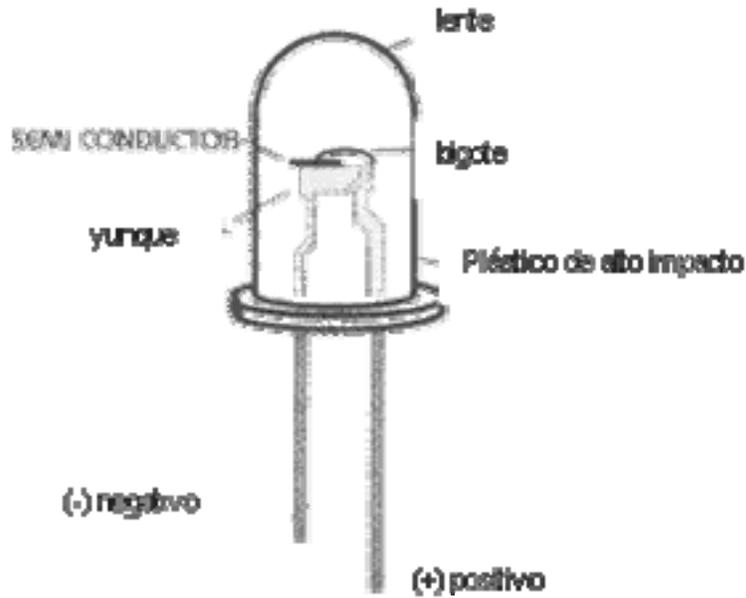


Figura de un led y su chip semiconductor

El chip tiene dos regiones separadas por una juntura. La región P está dominada por las cargas positivas, y la N por las negativas. La juntura actúa como una barrera al paso de los electrones entre la región P y la N; sólo cuando se aplica el voltaje suficiente al chip puede pasar la corriente y entonces los electrones pueden cruzar la juntura hacia la región P.

Si la diferencia de potencial entre los terminales del LED no es suficiente, la juntura presenta una barrera eléctrica al flujo de electrones.

El material que compone el diodo LED, es importante ya que el color de la luz emitida por el LED depende únicamente del material y del proceso de fabricación principalmente de los dopados.

En la tabla adjunta (tabla a) aparecen algunos ejemplos de materiales utilizados junto con los colores conseguidos:

Material	Longitud de Onda	Color	V _d Típica
AsGa	904 nm	IR	1 V
InGaAsP	1300 nm	IR	1 V
AsGaAl	750-850 nm	Rojo	1,5 V
AsGaP	590 nm	Amarillo	1,6 V
InGaAlP	560 nm	Verde	2,7 V
Csi	480 nm	Azul	3 V

Materiales para la fabricación de un diodo y color obtenido

Resulta difícil distinguir, por pura inspección visual, el modelo del LED así como el fabricante: los valores máximos de tensión y corriente que puede soportar y que suministra el fabricante serán por lo general desconocidos. Por esto, cuando se utilice un diodo LED en un circuito, se recomienda que la intensidad que lo atraviese no supere los 20 mA, precaución de carácter general que resulta muy válida.



Símbolo electrónico del diodo emisor de luz (led)



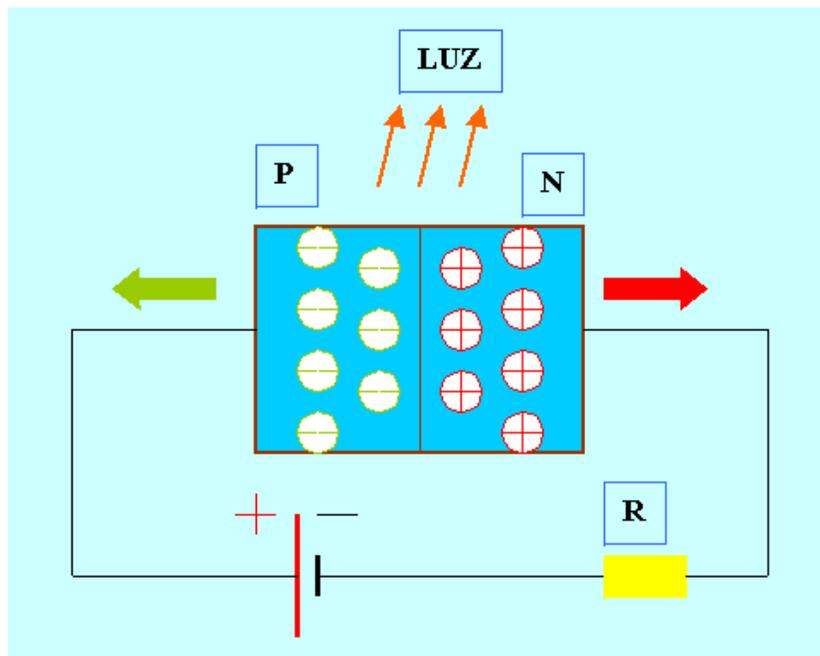
Evolución y eficacia de las fuentes de luz.



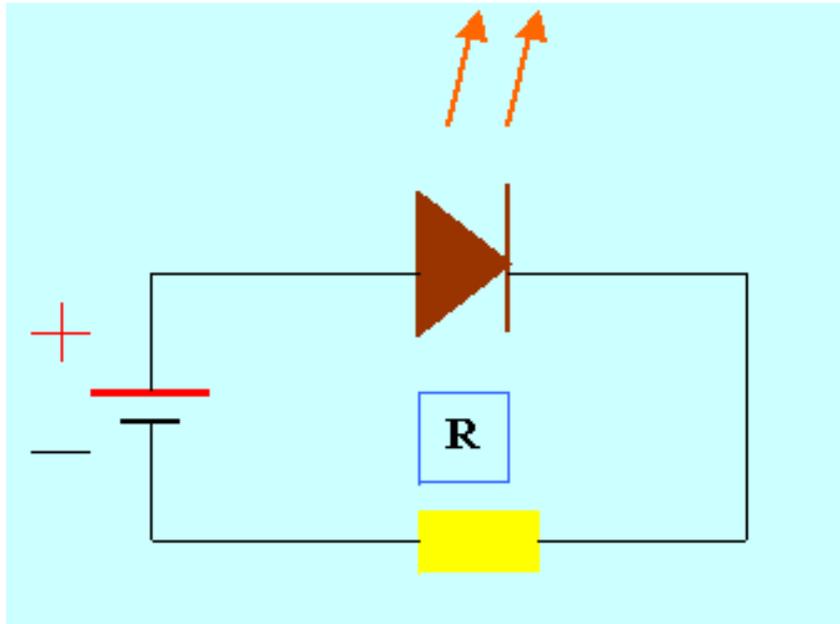
Diferentes tipos de LEDs

4.5.3 FUNCIONAMIENTO FISICO DE UN LED.

Al polarizar directamente un diodo LED conseguimos que por la unión PN sean inyectados huecos en el material tipo N y electrones en el material tipo P; produciéndose, por consiguiente una inyección de portadores minoritarios.



Diodo emisor de luz con la unión polarizada en sentido directo



Diodo emisor de luz con la unión polarizada en sentido directo.

Cuando estos portadores se recombinan, se produce la liberación de una cantidad de energía proporcional al salto de banda de energía del material semiconductor. Una parte de esta energía se libera en forma de luz, mientras que la parte restante lo hace en forma de calor, estando determinadas las proporciones por la mezcla de los procesos de recombinación que se producen.

La energía contenida en un fotón de luz es proporcional a su frecuencia, es decir, su color. Cuanto mayor sea el salto de banda de energía del material semiconductor que forma el LED, más elevada será la frecuencia de la luz emitida.

Diodos Emisores de Luz AlInGaP e InGaN.

Fósforo, aluminio, galio e indio (AlInGaP) y, nitrato, indio y galio (InGa), son dos de las tecnologías más comunes de diodos de emisión de luz, desplazando los viejos LEDs (GaAsP, GaP, AlGaAs)

Intensidad y Color.

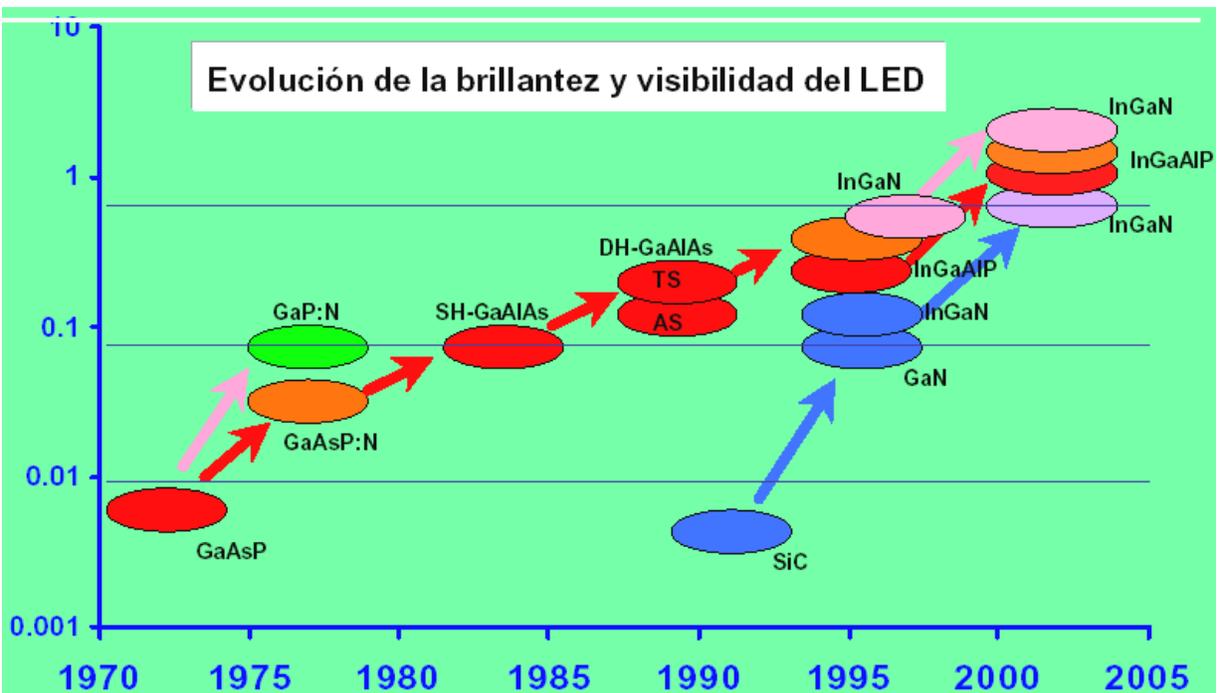
Existen pruebas de fabricación para cada LED, obteniendo su intensidad y color. Como las lámparas reflectoras incandescentes, la intensidad luminosa de un dispositivo LED esta especificada en terminas de su ángulo del haz de luz.

El color del dispositivo LED esta especificada en términos de longitud de onda emitida dominante, en manómetros (nm).

LEDs de AlInGaP producen colores; rojos (de 626 a 630 nm), rojo-naranja (de 615 a 621 nm), naranja (a 605 nm) y ámbar (de 590 a 592 nm). LEDs de InGaN producen los colores; verde (a 525 nm), azul-verde (de 498 a 505 nm) y azul (a 470 nm).

La intensidad luminosa, el color y el voltaje de LEDs de AlInGaP son afectados por la temperatura de la unión P-N del LED. Como la temperatura de la unión P-N aumenta, la intensidad luminosa disminuye, la longitud de onda dominante cambia hacia longitudes de onda mas largas y el voltaje cae.

La intensidad luminosa de LEDs de InGaN varia con el manejo de su corriente, mientras la corriente aumente la longitud de onda dominante se mueve hacia longitudes de onda mas cortas.



Dispositivos LEDs blancos.

Se necesitó de un gran esfuerzo para desarrollar un dispositivo LED que emitiera luz blanca. Un método es combinar chips rojo, verde y azul en el mismo envase para producir luz blanca, pero no se lograba emitir una luz que se percibiera como blanca.

Recientemente dispositivos LEDs de InGaN han sido combinados con fósforos foto luminiscentes para lograr luz blanca. La energía de la longitud de onda corta de los dispositivos LEDs de InGaN induce fluorescencia dentro de los fósforos que están encapsulados dentro de la cubierta epoxy del chip del dispositivo LED. El fósforo foto luminiscente emite una amplia distribución espectral, la cual en combinación con el espectro de un LED azul, produce un color blanco-azul. Por lo general el fósforo emite una luz amarilla.

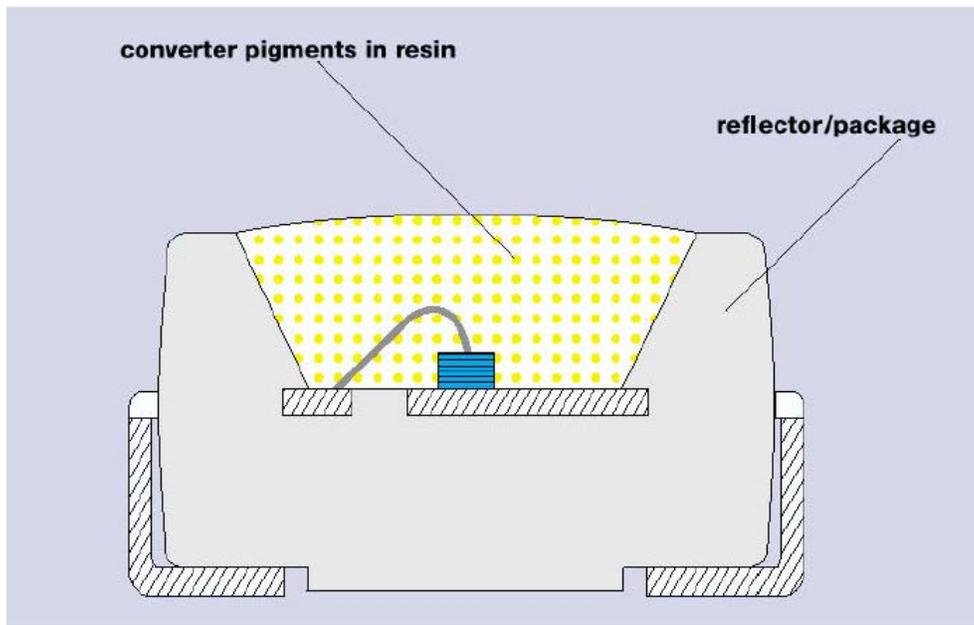


Figura de un dispositivo LED blanco.

Fotometría y características eléctricas de los LEDs

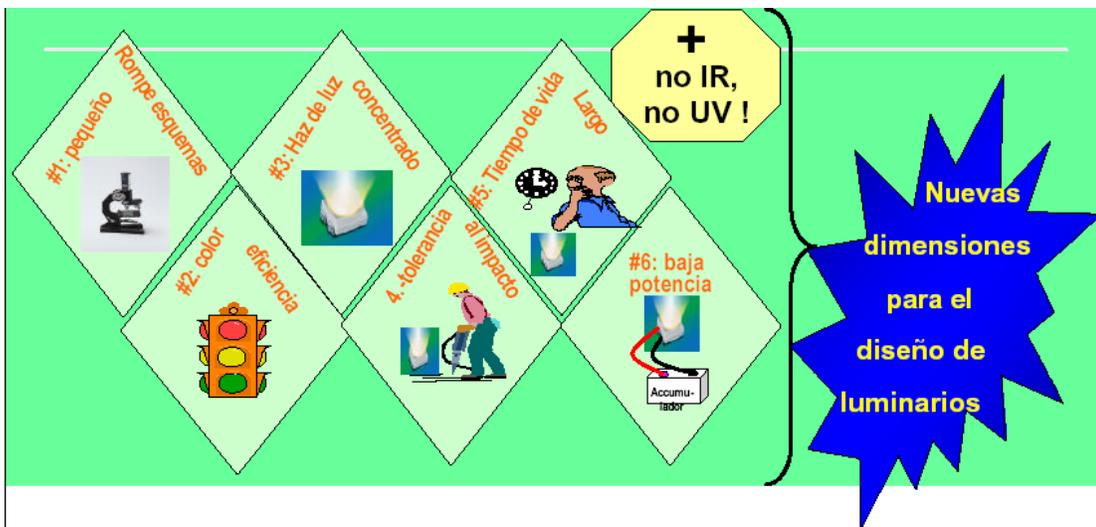
Debido que ellos son fuentes de luz altamente direccionales, los LEDs son a menudo especificados en términos de su intensidad máxima, en mili candelas (mcd). Depende de su cono de ángulo visto, la máxima intensidad de rango de alto rendimiento de LEDs de AlInGaP es de 100 a 650 mcd para lámparas rojas y de 120 a 1100 mcd para lámparas ámbar. LEDs azules de InGaN con un angosto ángulo de cono puede tener intensidades máximas mayores que 500 mcd.

Los voltajes de operación típicos para LEDs pueden estar de 1 a 4 volts. Con una corriente típica de 20 mA, la potencia de un simple LED se encuentra en el rango de 0.03 a 0.08 W. por ejemplo un simple modulo de señales de transito puede contener de 20 a 200 LEDs y tiene una potencia de 10 a 15 W.

La eficacia luminosa de los LEDs esta definida como el flujo luminoso emitido (lm) dividido por la potencia (en W). Esto es llamado comúnmente eficacia interna. Usando esta definición, los azules pueden tener un rango de eficacia interna en el orden de 75 lm/W; los LEDs rojos aproximadamente de 155 lm/W; y LEDs ámbar de 500 lm/W. Tomando en cuenta las perdidas internas debido a la re-absorción interna, la eficacia luminosa esta sobre el orden de 20 a 25 lm/W para LEDs verdes y de color ámbar.

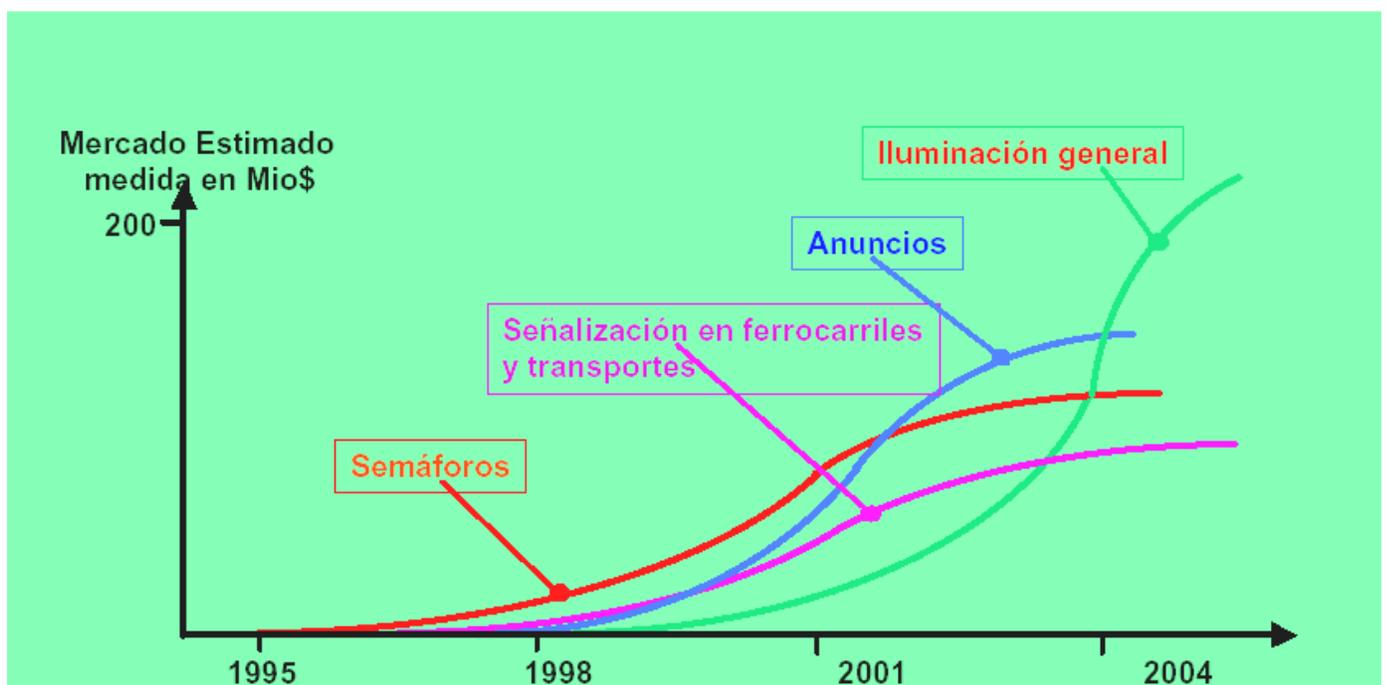
4.5.4 VENTAJAS QUE OFRECEN LOS DISPOSITIVOS LEDs.

- Tamaño pequeño
- Alta resistencia a la ruptura.
- Larga vida de servicio (hasta 100 000 hrs.).
- Ahorro de energía.
- Operación confiable a bajas temperaturas (-30° C).
- Brillante saturación de color.
- No se deteriora por la frecuencia de apagado/encendido.
- Encendido instantáneo.
- Amplia paleta de colores.



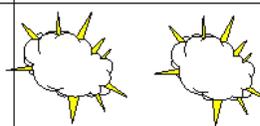
4.5.5 BENEFICIOS EN EL USO DE LEDs.

- Opciones de diseño innovadoras gracias a la variedad de colores disponibles con el LED, a sus dimensiones compactas y a la versatilidad de los módulos.
- Altos niveles de economía gracias al bajo consumo de energía y a su larga vida, asociada con un bajo mantenimiento.
- Máxima seguridad gracias a su gran confiabilidad, aun en condiciones adversas.

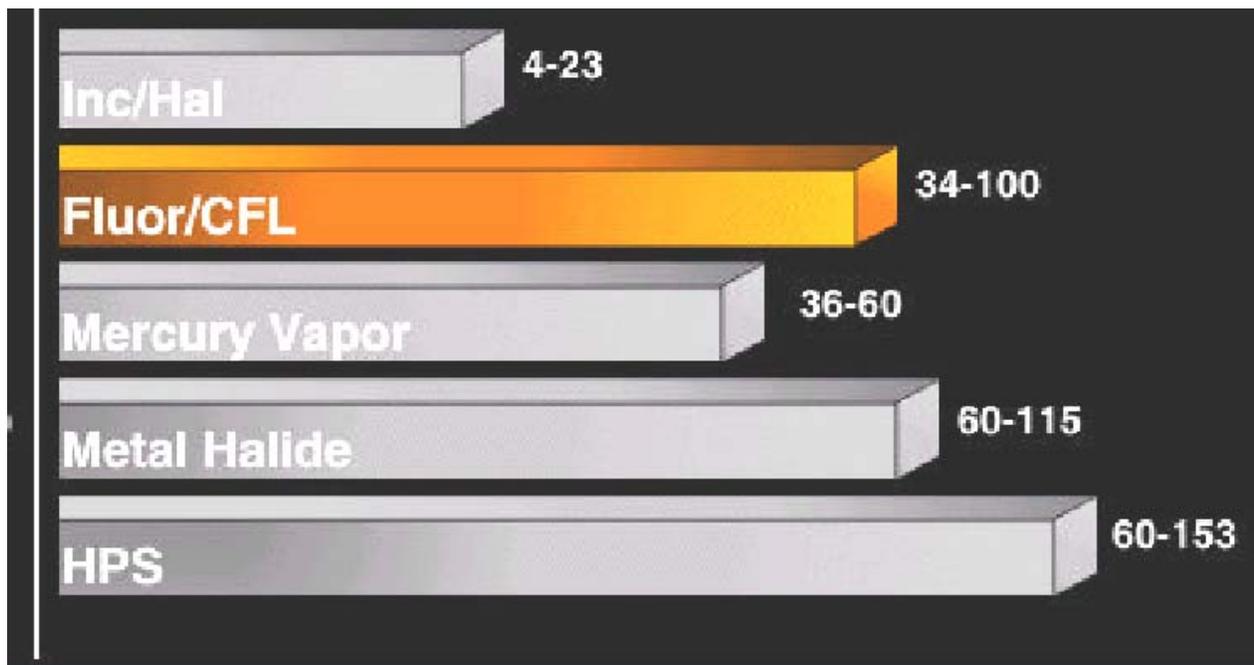


Tendencia de los módulos LEDs

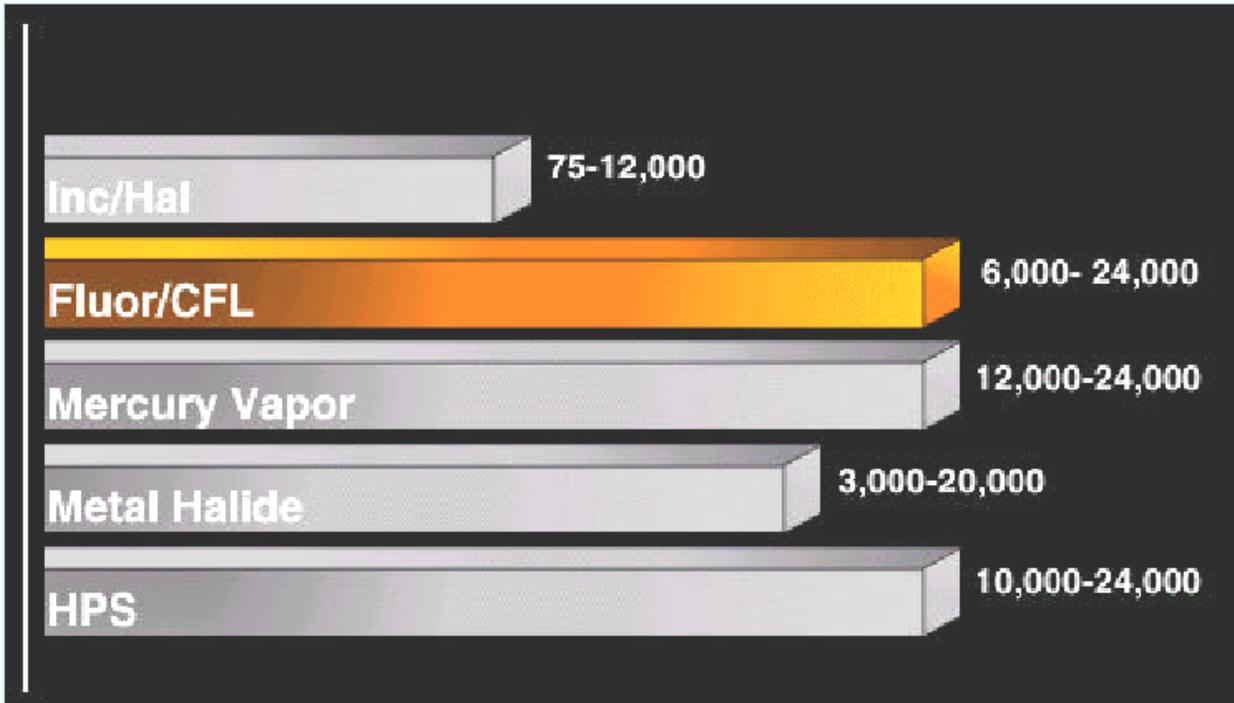
5. RESULTADOS.

Fuentes de luz			
	Radiación calorífica	Radiación eléctrica	Luminiscencia
Fuentes de luz naturales	Sol 	 Relámpago	 Luciérnaga
Fuentes de luz artificiales	Lámparas  Incandescentes  Tungsteno Halógeno	Lámparas  Mercurio V. Metálicos  Sodio	 Diodos
	 Lámparas de luz mixta	 Lámparas fluorescentes (con fósforos)	

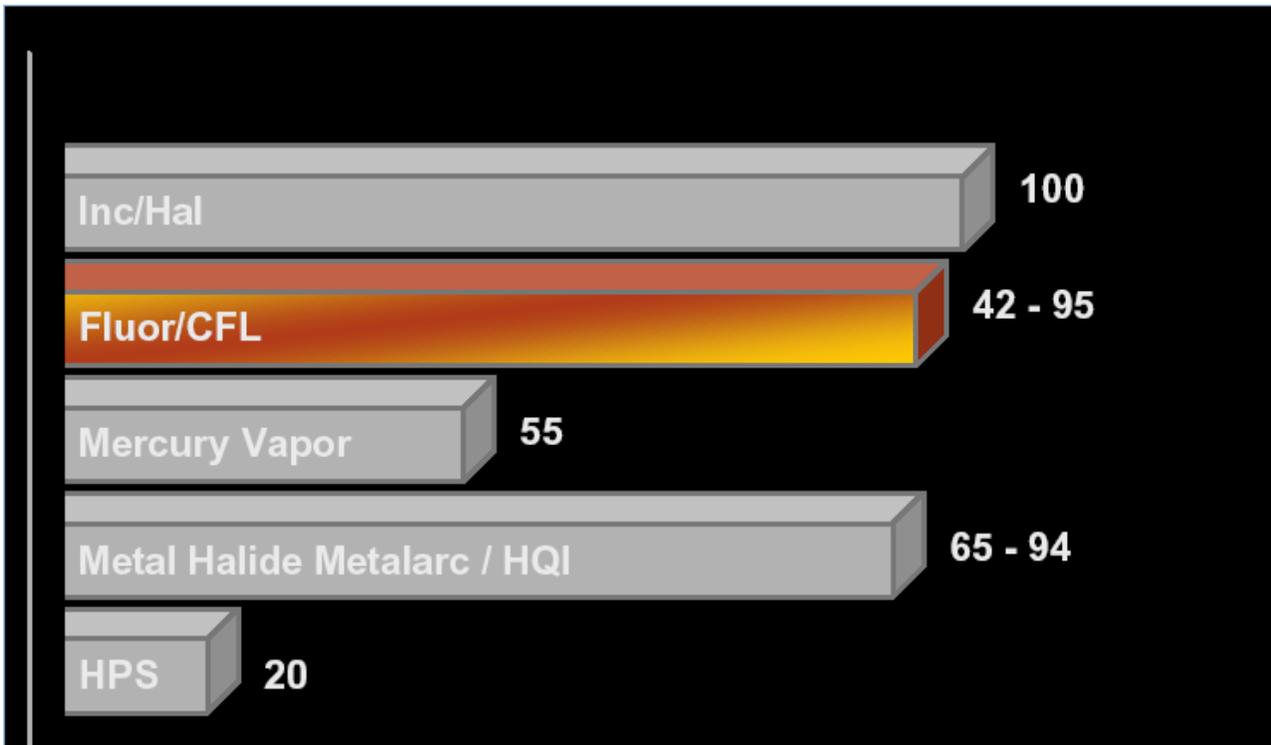
Fuentes de luz.



Eficacia de las lámparas (lm).



Vida útil de las lámparas (hrs.)



IRC Reproducción Cromática (%).

5.1 LOS DIFERENTES TONOS DE COLOR EN LAS LÁMPARAS CAUSARAN DIFERENTES SENSACIONES.

Blanco calido.

Es un tono de luz ligeramente amarillo, como el que emite un foco incandescente, este tono produce una sensación de proximidad, así que para aplicaciones en las que se he de crear un ambiente agradable y confortable, se recomienda utilizar fuentes de luz calida.

Este tono se utiliza principalmente para un mayor confort en la recamara de la casa, el comedor, la sala y el estudio, proporciona una atmósfera de iluminación positiva en locales comerciales, oficinas, salas de espera y recepciones. En salones sociales, hoteles, restaurantes, salas de conferencia o conciertos, exposiciones y teatros, crean un ambiente agradable y festivo, mientras que en bibliotecas, aulas o salones de reunión generan un ambiente relajado.

Las lámparas que ofrecen luz calida están identificadas con las siguientes descripciones:

3000K- Blanco calido, también 830

2700K- Blanco calido/ Interna (Es un tono de luz todavía mas calido) también 827

Aún cuando el gusto por los colores varía dependiendo de la personalidad, edad sexo y clima, se puede establecer como regla general que la aceptación de la luz calida para interiores, es dominante.

Blanco frío.

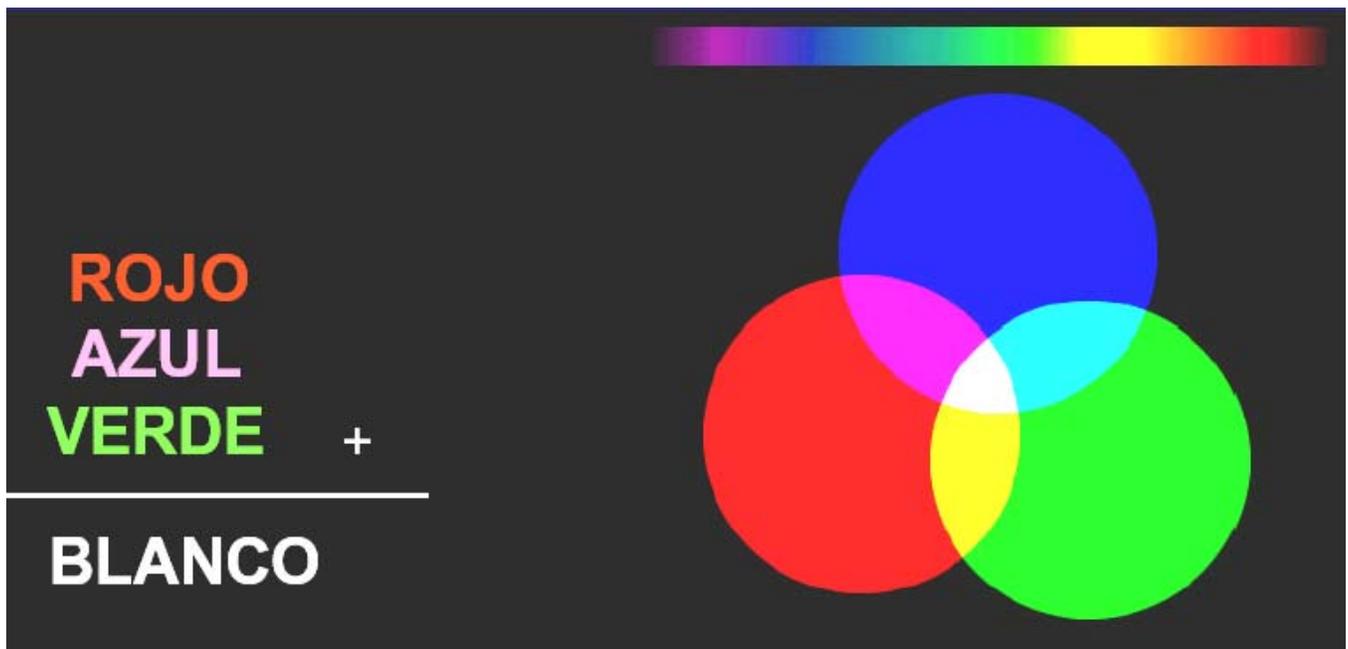
Es un tono de luz que se utiliza para crear ambientes dinámicos de actividad y de movimiento. Considerada como la “luz típica de trabajo”. Se usa también en algunas áreas de la casa como cocinas, baños, salas de juego, sótanos y talleres.

Las descripciones de este tono de luz están identificadas en las lámparas como 4100K ó 4000K u 840.

Luz de día.

Psicológicamente crea el efecto de un ambiente más fresco, sobre los lugares donde hace calor. Resalta lugares que utilizan muebles blancos, mármol o bien para áreas exteriores.

Las descripciones que identifican este tono de luz en las lámparas son: 5000K ó 6000K, también como 850 u 860.



Mezcla de colores en lámparas fluorescentes.

5.2 TABLAS

Lámparas incandescentes.

LINEA CLASICA.

125 V

DESCRIPCION	POTENCIA	lm	t(h)	d(mm)	l max.o min.	base
125 V						
A19 25 CLARO	25	260	1000	60	105	E-26
A19 40 CLARO	40	490	1000	60	105	E-26
A 19 60 CLARO	60	820	1000	60	105	E-26
A19 75 CLARO	75	1070	1000	60	105	E-26
A19 100 CLARO	100	1560	1000	60	105	E-26

LÁMPARAS DECORATIVAS 125 V

DESCRIPCION	POTENCIA	t(h)	d(mm)	l max.o min.	base
A 19 25 ROJO TRANSPARENTE	25	1000	60	105	E-26
A19 25 AZUL TRANSPARENTE	25	1000	60	105	E-26
A19 25 VERDE TRANSPARENTE.	25	1000	60	105	E-26
A19 25 AMARILLO TRANSPARENTE	25	1000	60	105	E-26
A19 40 ROJO MATE	40	1000	60	105	E-26
A19 40 AZUL MATE	40	1000	60	105	E-26
A19 40 AMARILLO MATE	40	1000	60	105	E-26

REFLECTORES

PARA USO INTERIOR 125 V

DESCRIPCION	POTENCIA	t(h)	d(mm)	l max.o min.	base
BR20 50 CONCENTRA SP	50	2500	63	96	E-26
BR30 75 CONCENTRA SP	75	2500	95	125	E-26
BR30 75 DIFUSA FL	75	2500	95	125	E-26
BR30 100 CONCENTRA SP	100	2500	95	125	E-26
BR30 100 DIFUSA FL	100	2500	95	125	E-26

PARA USO EXTERIOR 125 V

DESCRIPCION	POTENCIA	t(h)	d(mm)	l max.o min.	base
PAR38 75 CONCENTRA SP	75	2500	120	137	E-26
PAR 38 75 DIFUSA FL	75	2500	120	137	E-26
PAR 38 100 DIFUSA FL	100	2500	120	137	E-26
PAR38 150 CONCENTRA SP	150	2500	120	137	E-26
PAR 38 150 DIFUSA FL	150	2500	120	137	E-26

LÁMPARAS ESPECIALES

RADIADOR INFRAROJO PARA USO INDUSTRIAL 125 V

DESCRIPCION	POTENCIA	t(h)	d(mm)	I max.o min.	base
SECATHERM 250 CLARO	250	5000	125	165	E-27

RADIADOR INFRAROJO MEDICINAL E INDUSTRIAL 125 V

DESCRIPCION	POTENCIA	t(h)	d(mm)	I max.o min.	base
THERATHERM 250 ROJO	250	5000	125	165	E-27

Lámparas halógenas.

BAJO VOLTAJE

MINISTAR Reflector axial

DESCRIPCION	W	V	lm	K	ACABADO	θ°	cd	d(mm)	L	t(h)	base
MINISTAR 20 REFLECTOR AXIAL	20	12		3000		30°	600	16	44	2000	GY6,35
MINISTAR 35 REFLECTOR AXIAL	35	12		3000		30°	900	16	44	2000	GY6,35
MINISTAR 50 REFLECTOR AXIAL	50	12		3000		30°	300	16	44	2000	GY6,35

MINISTAR Reflector lateral

DESCRIPCION	W	V	lm	K	ACABADO	θ°	cd	d(mm)	L	t(h)	base
MINISTAR 10 REFLECTOR LATERAL	10	12		3000		50°	80	9.5	33	2000	G4
MINISTAR 20 REFLECTOR LATERAL	20	12		3000		50°	120	9.5	33	2000	G4

HALOSTAR Standard

DESCRIPCION	W	V	lm	K	ACABADO	d(mm)	I max.o min.	t(h)	base
HALOSTAR10	10	12	130	3000	Claro	9.5	33	2000	G4
HALOSTAR20	20	12	320	3000	Claro	9.5	33	2000	G4
HALOSTAR50	50	24	850	3000	Claro	12	44	2000	GY6,35
HALOSTAR5100	100	24	2200	3000	Claro	12	44	2000	GY6,35

DECOSTAR TITAN

DESCRIPCION	W	V	θ°	K	Cd	d(mm)	I max.o min.	t(h)	base
MR16 DECO TITAN 20 SP	20	12	10°	3000	5000	51	45	4000	GU5.3
MR16 DECO TITAN 20 WFL	20	12	38°	3000	780	51	45	4000	GU5.3
MR16 DECO TITAN 35 SP	35	12	10°	3000	9100	51	45	4000	GU5.3
MR16 DECO TITAN 35 WFL	35	12	38°	3000	1500	51	45	4000	GU5.3
MR16 DECO TITAN 50 SP	50	12	10°	3000	12500	51	45	4000	GU5.3
MR16 DECO TITAN 50 WFL	50	12	38°	3000	2200	513	45	4000	GU5.3
MR16 DECO TITAN 50 VWFL	50	12	60°	3000	1100	51	45	4000	GU5.3
MR11 DECO TITAN 20 SP	20	12	10°	3000	4500	35.3	45	4000	GU4
MR11 DECO TITAN 20 WFL	20	12	38°	3000	700	35.3	45	4000	GU4
MR11 DECO TITAN 35 SP	35	12	10°	3000	6200	35.3	45	4000	GU4
MR11 DECO TITAN 35 WFL	35	12	38°	3000	1350	35.3	45	4000	GU4

DECOSTAR 51 COOL BLUE

DESCRIPCION	W	V	θ°	K	Cd	d(mm)	I max.o min.	t(h)	base
MR16 DECOSTAR CB 50 WFL	35	12	38°	3000	1350	35.3	45	4000	GU4

DECOSTAR 51 IRC 12V

DESCRIPCION	W	V	θ°	K	Cd	d(mm)	I max.o min.	t(h)	base
MR16 DECOSTAR IRC 20 WFL	20	12	38	3000	1000	51	45	4000	GU5.3
MR16 DECOSTAR IRC 35 WFL	35	12	38	3000	2200	51	45	4000	GU5.3
MR16 DECOSTAR IRC 50 WFL	50	12	38°	3000	2850	51	45	4000	GU5,3

Lamparas fluorescentes compactas.**DULUX EL SENSOR PLUS.**

110-145 V 15mil horas

DESCRIPCION	W	lm	K	Acabado	IRC	L max.	Base
DULUX EL SENSOR PLUS 15W/827	15	900	2700	Interna	82	140	E-27
DULUX EL SENSOR PLUS 15W/840	15	900	2700	B. Frio	82	140	E-27

DULUX EL T Economy.

110-130 6mil horas

DESCRIPCION	W	lm	K	Acabado	IRC	L max.	Base
DULUX EE 15W/827	15	800	2700	Interna	82	140	E-27
DULUX EE 15W/840	15	800	4000	B. Frio	82	140	E-27
DULUX EE 15W/860	15	760	6000	Luz de dia	82	140	E-27
DULUX EE 20W/827	20	1200	2700	Interna	82	166	E-27
DULUX EE 20W/840	20	1100	4000	B. frio	82	154	E-27
DULUX EE 20W/860	20	1050	6000	Luz de dia	82	154	E-27

DULUX STAR.

110-130 V 6mil horas

DESCRIPCION	W	lm	K	Acabado	IRC	L max.	Base
DULUX STAR 5W/860 (Doble)	5	200	6000	Luz de dia	82	105	E-27
DULUX STAR 8W/860 (Triple)	8	380	6000	Luz de dia	82	111	E-27
DULUX star 11W/860 (Triple)	11	550	6000	Luz de dia	82	119	E-27

DULUX EL T LONG LIFE

110-145 V 10mil horas

DESCRIPCION	W	lm	K	Acabado	IRC	L max.	Base
DULUX EL LONG LIFE 15W/41-827	15	900	2700	Interna	82	140	E-27
DULUX EL LONG LIFE 15W/41-840	15	900	4000	B.frio	82	140	E-27
DULUX EL LONG LIFE 15W/11-860	15	855	6000	Luz de dia	82	140	E-27
DULUX EL LONG LIFE 20W/41-827	20	1200	2700	Interna	82	154	E-27
DULUX EL LONG LIFE 20W/21-840	20	1200	4000	B. Frio	82	154	E-27
DULUX EL LONG LIFE 20W/11-860	20	1155	6000	Luz de dia	82	154	E-27
127 V 8mil horas DULUX EL T 23W/ 842	23	1450	4200	B.frio	82	177	E-27
DULUX EL T 23W/865	23	1450	6500	Luz de dia	82	177	E-27

DULUX EL CLASSIC Economy

110-130 V 6mil horas

DESCRIPCION	W	lm	K	Acabado	IRC	L max.	Base
DULUX EL CLASSIC 9W/865	9	320	6500	Luz de dia	80	120	E-26
DULUX EL CLASSIC VELA 7W/865	7	225	6500	Luz de dia	80	120	E-26

Sugerencias para reemplazo de lamparas incandescentes por fluorescentes

FOCOS INCANDESCENTES		LAMPARAS AHORRADORAS	WATTS
60 Watts	reemplace por	DULUX D	13 W
		DULUX EL	15 W
		LUNAPET EL T9	22 W
75 Watts	reemplace por	DULUX EL	20 W
		DULUX EL TWIST	20 W
		CIRCOLUX EL T5	22 W
100 Watts	reemplace por	DULUX EL	23 W
		DULUX EL TWIST	23 W

Lamparas fluorescentes especiales.**ENDURA**

T17 100 mil horas 80 IRC

DESCRIPCION	W	lm	lm medios	K	Acabado	d (mm)	L max.	Base
ENDURA ICE 70/835	70	6200	4588	3500	B	72	313	Mounting Brackets
ENDURA ICE 70/841	70	6200	4588	4100	BF	72	313	Mounting Brackets
ENDURA ICE 100/835	100	8000	5920	3500	B	72	313	Mounting Brackets
ENDURA ICE 100/841	100	8000	5920	4100	BF	72	313	Mounting Brackets
ENDURA ICE 150/835	150	12000	8880	3500	B	72	414	Mounting Brackets
ENDURA ICE 150/841	150	12000	8880	4100	BF	72	414	Mounting Brackets

Lámparas fluorescentes lineales.

FM T2

10 mil horas 80 IRC

DESCRIPCION	W	lm	lm medios	K	Acabado	d (mm)	L max.	Base
FM 6/830	6	330	297	3000	BC	7	218.3	Axial W4,3
FM 6/841	6	330	297	4100	BF	7	218.3	Axial W4,3
FM 8/830	8	540	486	3000	BC	7	319.9	Axial W4,3
FM 8/841	8	540	486	4100	BF	7	319.9	Axial W4,3
FM 11/830	11	750	675	3000	BC	7	421.5	Axial W4,3
FM 11/841	11	750	675	4100	BF	7	421.5	Axial W4,3
FM 13/830	13	930	837	3000	BC	7	523.1	Axial W4,3
FM 13/841	13	930	837	4100	BF	7	523.1	Axial W4,3

20 mil horas 82 IRC

DESCRIPCION	W	lm in. 25°	lm in. 35°	K	Acabado	d (mm)	L max.	Base
FH 14W/830	14	1200	1350	3000	BC	16	563	G 5
FH14W/840	14	1200	1350	4000	BF	16	563	G 5
FH 14W/860	14	1100	1300	6000	LDD	16	563	G 5
FH 21W/830	21	1900	2100	3000	BC	16	863	G 5
FH 21W/840	21	1900	2100	4000	BF	16	863	G 5
FH 21W/860	21	1750	2000	6000	LDD	16	863	G 5
FH 28W/830	28	2600	2900	3000	BC	16	1163	G 5
FH 28W/840	28	2600	2900	4000	BF	16	1163	G 5
FH 28W/860	28	2400	2750	6000	LDD	16	1163	G 5
FH 35W/830	35	3300	3650	3000	BC	16	1463	G 5
FH 35W/840	35	3300	3650	4000	BF	16	1463	G 5
FH 35W/860	35	3050	3500	6000	LDD	16	1463	G 5

PENTRON T5 HO

20 mil horas 82 IRC

DESCRIPCION	W	lm in. 25°	lm in. 35°	K	Acabado	d (mm)	L max.	Base
FQ 24W/830	24	1750	2000	3000	BC	16	563	G 5
FQ 24W/840	24	1750	2000	4000	BF	16	563	G 5
FQ 24W/860	24	1600	1900	6000	LDD	16	563	G 5
FQ 39W/830	39	3100	3500	3000	BC	16	863	G 5
FQ 39W/840	39	3100	3500	4000	BF	16	863	G 5
FQ 39W/860	39	2850	3325	6000	LDD	16	863	G 5
FQ 54W/830	54	4450	5000	3000	BC	16	1163	G 5
FQ 54W/840	54	4450	5000	4000	BF	16	1163	G 5
FQ 54W/860	54	4050	4750	6000	LDD	16	1163	G 5
FQ 80W/830	80	6150	7000	3000	BC	16	1463	G 5
FQ 80W/840	80	6150	7000	4000	BF	16	1463	G 5
FQ 80W/860	80	5700	6650	6000	LDD	16	1463	G 5

OCTRON T8 ECOLOGIC

20 mil horas 82 IRC

DESCRIPCION	W	Im in. 25°	Im in. 35°	K	Acabado	d (mm)	L max.	Base
FO 17/830/ECO	17	1350	1240	3000	BC	26	604	G 13
FO 17/835/ECO	17	1350	1240	3500	BC	26	604	G 13
FO 17/841/ECO	17	1350	1240	4100	BF	26	604	G 13
FO 25/830/ECO	25	2150	1975	3000	BC	26	909	G 13
FO 25/835/ECO	25	2150	1975	3500	B	26	909	G 13
FO 25/841/ECO	25	2150	1975	4100	BF	26	909	G 13
FO 32/830/ECO	32	2950	2710	3000	BC	26	1214	G 13
FO 32/835/ECO	32	2950	2710	3500	B	26	1214	G 13
FO 32/841/ECO	32	2950	2710	4100	BF	26	1214	G 13
FO 32/850/ECO	32	2800	2576	5000	LDD	26	1214	G 13
FO 40/830/ECO	40	3650	3476	3000	BC	26	1514	G 13
FO 40/835/ECO	40	3650	3476	3500	B	26	1514	G 13
FO 40/841/ECO	40	3650	3476	4100	BF	26	1514	G 13

OCTRON T8 XP ECO

20 mil horas 85 IRC

DESCRIPCION	W	Im in. 25°	Im in. 35°	K	Acabado	d (mm)	L max.	Base
FO 17/830/XP/ECO	17	1375	1305	3000	BC	26	604	G 13
FO 17/835/XP/ECO	17	1375	1305	3500	BC	26	604	G 13
FO 17/841/XP/ECO	17	1375	1305	4100	BF	26	604	G 13
FO 25/830/XP/ECO	25	2175	2065	3000	BC	26	909	G 13
FO 25/835/XP/ECO	25	2175	2065	3500	B	26	909	G 13
FO 25/841/XP/ECO	25	2175	2065	4100	BF	26	909	G 13
FO 32/830/XP/ECO	32	3000	2850	3000	BC	26	1214	G 13
FO 32/835/XP/ECO	32	3000	2850	3500	B	26	1214	G 13
FO 32/841/XP/ECO	32	3000	2850	4100	BF	26	1214	G 13
FO 32/850/XP/ECO	32	3000	2850	5000	LDD	26	1214	G 13
FO 40/830/XP/ECO	40	3560	3560	3000	BC	26	1514	G 13
FO 40/835/XP/ECO	40	3560	3560	3500	B	26	1514	G 13
FO 40/841/XP/ECO	40	3560	3560	4100	BF	26	1514	G 13

CURVALUME OCTRON T8

20 mil horas 82 IRC

DESCRIPCION	W	Im in. 25°	Im in. 35°	K	Acabado	d (mm)	L max.	Base
FBO 16/830	16	1125	1035	3000	BC	26	269	G 13
FBO 16/835	16	1125	1035	3500	BC	26	269	G 13
FBO 16/841	16	1125	1035	4100	BF	26	269	G 13
FBO 24/830	24	1925	1771	3000	BC	26	422	G 13
FBO 24/835	24	1925	1771	3500	B	26	422	G 13
FBO 24/841	24	1925	1771	4100	BF	26	422	G 13
FBO 31/830	31	2725	2507	3000	BC	26	574	G 13
FBO 31/835	31	2725	2507	3500	B	26	574	G 13
FBO 31/841	31	2725	2507	4100	BF	26	574	G 13
FBO 31/750	31	2725	2507	5000	LDD	26	574	G 13

CURVALUME OCTRON T8 ECO

20 mil horas 82 IRC

DESCRIPCION	W	lm in. 25°	lm in. 35°	K	Acabado	d (mm)	L max.	Base
FBO 32/830/ECO	32	2850	2622	3000	BC	26	574	G13
FBO 32/835/ECO	32	2850	2622	3500	BC	26	574	G13
FBO 32/841/ECO	32	2850	2622	4100	BF	26	574	G13

T8 ARRANQUE POR PRECALENTAMIENTO

7500 horas

DESCRIPCION	W	lm in. 25°	lm in. 35°	K	Acabado	d (mm)	L max.	Base
PH F15T8/CW	15	825	718	4200	BF	26	452	G13
PH F15T8/D	15	700	653	6500	LDD	26	452	G13
PH F30T8/CW	30	2180	1897	4200	BF	26	909	G13
PH F30T8/D	30	1850	1653	6500	LDD	26	909	G13

SLIMLINE T12

7500 - 12000 horas

DESCRIPCION	W	lm in. 25°	lm in. 35°	K	Acabado	d (mm)	L max.	Base
F24T12/WW	21	1100	990	2900	BC	38	558	Fa8
F24T12/CW	21	150	920	4300	BF	38	558	Fa8
F24T12/D	21	990	891	6500	LDD	38	558	Fa8
F48T12/WW	39	2850	2565	3600	BC	38	1170	Fa8
F48T12/CW	39	3100	2790	4300	BF	38	1170	Fa8
F48T12/D	39	2600	2340	6500	LDD	38	1170	Fa8
F72T12/WW	55	4500	4050	2900	BC	38	1829	Fa8
F72T12/CW	55	4600	4140	4300	BF	38	1829	Fa8
F72T12/D	55	3850	3465	6500	LDD	38	1829	Fa8
F96T12/WW	75	6165	5549	2900	BC	38	2438	Fa8
F96T12/CW	75	6300	5670	4300	BF	38	2438	Fa8
F96T12/D	75	5450	4905	6500	LDD	38	2438	Fa8

SLIMLINE T12 COLORES

9000-12000 horas

DESCRIPCION	W	lm in. 25°	lm in. 35°	K	Acabado	d (mm)	L max.	Base
F48T12/B	39	-	-	-	AZUL	38	1170	Fa8
F48T12/R	39	-	-	-	ROJO	38	1170	Fa8
F48T12/G	39	-	-	-	VERDE	38	1170	Fa8
F96T12/B	75	-	-	-	AZUL	38	2438	Fa8
F96T12/R	75	-	-	-	ROJO	38	2438	Fa8
F96T12/G	75	-	-	-	VERDE	38	2438	Fa8

T12 AHORRADORAS

DESCRIPCION	W	lm in. 25°	lm in. 35°	K	T(Hrs)	Acabado	d (mm)	L max.	Base
F48T12/CW/SS	32	2650	2491	4300	9000	BF	38	1170	Fa8
F48T12/D/SS SY	32	2600	2444	6500	9000	LDD	38	1170	Fa8
F34T12/LW/SS SY	34	2850	2656	4000	20000	BLIGERO	38	1219	G13
F34T12/CW/SS/SY	34	2750	2585	4100	20000	BF	38	1219	G13
F34T12/DX/SS SY	34	1930	1814	6500	20000	LDD	38	1219	G13
F96T12/CW/SS	60	5600	5264	3500	12000	B	38	2438	Fa8
F96T12/CW/SS	60	5400	5076	4100	12000	BF	38	2438	Fa8
F96T12/D/SS	60	5200	4888	6500	12000	LDD	38	2438	Fa8

T12-T10 ARRANQUE RAPIDO O POR PRECALENTAMIENTO

DESCRIPCION	W	lm in. 25°	lm in. 35°	K	T(Hrs)	Acabado	d (mm)	L max.	Base
PHF15T12/D	15	660	550	6500	9000	LDD	38	460	G13
F20T12/CW SY	20	1200	1044	4300	9000	BF	38	610	G13
F20T10/D	20	1060	1024	5250	7500	LDD	38	590	G13
F40T12/CW	40	3050	2770	4200	20000	BF	38	1219	G13
F40T12/D	40	2550	2330	6500	20000	LDD	38	1219	G13

T12 HO High Output

DESCRIPCION	W	lm in. 25°	lm in. 35°	K	T(Hrs)	Acabado	d (mm)	L max.	Base
F48T12 /WW/HO SY	60	4400	4048	3000	12000	BC	38	1170	R17d
F48T12/CW/HO SY	60	4050	3281	4200	12000	BF	38	1170	R17d
F48T12/D/HO SY	60	3600	2916	6500	12000	LDD	38	1170	R17d
F72T12/WW/HO	85	6400	5184	3000	12000	BC	38	1176	R17d
F72T12/D/HO SY	85	6250	5063	4200	12000	BF	38	1176	R17d
F72T12/D/HO SY	85	5550	4496	6500	12000	LDD	38	1176	R17d
F96T12/CW/HO	110	8800	7920	4300	12000	BF	38	2438	R17d
F96T12/D/HO	110	7800	6318	6000	12000	LDD	38	2438	R17d

T12 VHO Very High Output

DESCRIPCION	W	lm in. 25°	lm in. 35°	K	T(Hrs)	Acabado	d (mm)	L max.	Base
F48T12/CW/VHO SY	115	6600	4620	4200	10000	BF	38	1219	R17d
F48T12/D/VHO SY	115	5600	3920	6500	10000	LDD	38	1219	R17d
F96T12/CW/VHO	215	14500	10150	4300	10000	BF	38	2438	R17d
F96T12/D/VHO	215	14000	10000	6000	10000	LDD	38	2438	R17d

Lamparas de descarga de alta intensidad.

COMO INTERPRETAR LAS ABREVIACIONES.

MS 400 PS BU ONLY		MP70PAR38/USP20/ECO		LU100/D/MED		HQL 175W/DX	
MS	SUPER METALARC	MP	Metalarc Pro-Tech	LU	LUMALUX	HQL	Lampara de vapor de mercurio
400	Potencia	70	Potencia	100	Potencia	175	Potencia
PS	Pulse Star	PAR38	Tipo de bulbo	D	Fosforada	DX	Blanco de lujo
BU ONLY	Base arriba solamente	U	Posicion de operación	MED	Base media		
		SP20	Tipo de apertura/Angulo				
		ECO	Ecologica				

HQL VAPOR DE MERCURIO

DESCRIPCION	W	ANSI BALASTRO	K	ACABADO	Lm.in.	IRC	BULBO	T(Hrs)	Base	Posicion
HQL 175W/DX	175	H39	4000	B lujo	8600	45	ED28	24000	E40	Universal
HQL 250W/DX	250	H37	4000	B lujo	13000	45	ED28	24000	E40	Universal
HQL 400W/DX	400	H33	4000	B lujo	23000	45	ED28	24000	E40	Universal
HQL 1000W/DX	1000	H36	4000	B lujo	58000	45	ED28	24000	E40	Universal

HWL LUZ MIXTA

DESCRIPCION	W	ANSI BALASTRO	K	ACABADO	Lm.in.	IRC	BULBO	T(Hrs)	Base	Posicion
HWL 160W 220V	160			B lujo	3100	65	BF75	6000	E27	Universal
HWL 250W 220V	250			B lujo	5600	65	BF90	6000	E40	Universal
HWL 500W 220V	500			B lujo	14000	65	ED37	6000	E40	Universal

****NA SOX vapor de sodio de baja presión.**

DESCRIPCION	W	ANSI BALASTRO	K	ACABADO	Lm.in.	IRC	BULBO	T(Hrs)	Base	Posicion
SOX 18W	18	L69	1800		1800		T17	16000	By22d	B.arriba
SOX 35W	35	L70	1800		4600		T17	16000	By22d	B.arriba
SOX 55W	55	L71	1800		8100		T17	16000	By22d	B.arriba
SOX 90W	90	L72	1800		13500		T21	16000	By22d	horizontal
SOX 135W	135	L73	1800		22500		T21	16000	By22d	horizontal
SOX180W	180	L74RF	1800		32000		T21	16000	By22d	horizontal

VIALOX NAV vapor de sodio alta presion

DESCRIPCION	W	ANSI BALASTRO	K	Lm.in.	Lm.med.	IRC	BULBO	T(Hrs)	Base	Posicion
LU50/MED	50	S68	1900	4000	3600	22	E17	24000	E26	Universal
LU70/MED	70	S62	1900	6300	5350	22	E17	24000	E26	Universal
NAV-E 70W 55V	70	S62	1900	6300	5700	22	ED23.5	24000	E39/E40	Universal
LU100/MED	100	S54	2100	9500	8000	22	E17	24000	E26	Universal
NAV-E100W 55V	100	S54	2100	9500	8550	22	ED23.5	24000	E39/E40	Universal
LU150/55/MED	150	S55	2100	15800	13400	22	E17	24000	E26	Universal
NAV-E 150W 55V	150	S55	2100	16000	14400	22	ED32.5	24000	E39/E40	Universal
NAV-TR 250W 100V	250	S50	2100	28500	25600	22	ED18	24000	E39/E40	Universal
NAV-TR 400W	400	S51	2100	50000	45000	22	ED18	24000	E39/E40	Universal
LU1000	1000	S52	2100	130000	124000	22	E25	24000	E39	Universal

LUMALUX STANDBY

DESCRIPCION	W	ANSI BALASTRO	K	Lm.in.	Lm.med.	IRC	BULBO	T(Hrs)	Base	Posicion
LU150/55/SBY	150	S55	2100	15700	12100	22	ET23.5	40000	E39	universal
LU250/SBY	250	S50	2100	27500	23200	22	ET18	40000	E39	universal
LU400/SBY	400	S51	2100	47500	40000	22	ET18	40000	E39	universal

** No es de alta presión.

METALARC PULSE STAR Y PRO-TECH

DESCRIPCION	W	ANSI BAL.	ACAB.	K	Lm.in.	Lm.med.	IRC	BULBO	T(Hrs)	Base	Posicion
MP50/U/MED	50	M110/O	Claro	3000	3450	1900	70	E17	10000	E26	universal
MP50/C/U/MED	50	M110/O	Fosf.	2900	3200	17503	70	E17	10000	E26	universal
MP70/U/MED	70	M98/O	claro	3000	5200	3400	75	E17	10000	E26	universal
MP70/C/U/MED	70	M98/O	Fosf.	2900	4700	3100	75	E17	10000	E26	universal
MPD70/U/MED/840	70	M98/O	claro	4200	5500	4000	80	E17	6000	E26	universal
MPD70/C/U/MED/840	70	M98/O	Fosf.	4000	5100	3800	82	E17	6000	E26	universal
MP100/U/MED	100	M90/O	claro	3000	8500	5525	75	E17	10000	E26	universal
MP100/C/U/MED	100	M90/O	Fosf.	2900	7900	5800	75	E17	10000	E26	universal
MPD100/U/MED/840	100	M90/O	claro	4200	8400	5800	82	E17	6000	E26	universal
MPD100/C/U//MED/840	100	M90/O	Fosf.	4000	7700	5500	82	E17	6000	E26	universal
MP150/U/MED	150	102/O	claro	3000	12900	10000	75	E17	10000	E26	universal
MP150/C/U/MED	150	102/O	Fosf.	2900	11600	9000	75	E17	10000	E26	universal
MPD150/U/MED/840	150	102/O	claro	4200	12500	11000	88	E17	6000	E26	universal
MPD150/C/U/MED/840	150	102/O	Fosf.	4000	11500	9500	88	E17	6000	E26	universal

METALARC PULSE STAR Y PRO-TECH PAR38

DESCRIPCION	W	ANSI BAL.	θ°	K	Lm.in.	Cd.	IRC	BULBO	T(Hrs)	Base	Posicion
MP70PAR38/U/SP20/ECO	70	M98/O	20°	3200	3400	18000	75	PAR38	8500	E26	universal
MP70PAR38/U/FL35/ECO	70	M98/O	35°	3200	3400	10000	75	PAR38	8500	E26	universal
MP70PAR38/UVWFL65/ECO	70	M98/O	65°	3200	3400	3000	75	PAR38	8500	E26	universal
MP100PAR38/U/SP20/ECO	100	M90/O	20°	3200	5800	26000	75	PAR38	8500	E26	universal
MP100PAR38/U/FL35/ECO	100	M90/O	35°	3200	5800	12000	75	PAR38	8500	E26	universal
MP100PAR38/U/VWFL65/ECO	100	M90/O	65°	3200	5800	4500	75	PAR38	8500	E26	universal
MP150PAR38/U/SP20/ECO	150	102/O	20°	3200	8800	34000	75	PAR38	8500	E26	universal
MP150PAR38/U/FL35/ECO	150	102/O	35°	3200	8800	17000	75	PAR38	8500	E26	universal
MP150PAR38/U/VWFL65/ECO	150	102/O	65°	3200	8800	7500	75	PAR38	8500	E26	universal

POWERBALL HCI TT

DESCRIPCION	W	K	Lm.in.	BULBO	IRC	T(Hrs)	Base	Posicion
HCI TT 70W/830 WDL PB	70	3000	6500	Tubular	87	12000	E27	universal
HCI TT 150W/830 WDL PB	150	3000	14500	Tubular	90	12000	E40	universal

POWERSTAR HCI PAR 20

DESCRIPCION	W	ANSI BAL.	K	θ°	Cd	Lm.in.	IRC	BULBO	T(Hrs)	Base	Posicion
MCP39PAR20/U/830/SP	39	M130/O	2900	10°	22000	2000	85	PAR20	9000	E26	universal
MCP39PAR20/U/830/FL	39	M130/O	2900	30°	5000	2000	85	PAR20	9000	E26	universal

LED's

DRAGONtape

D	W	V	Color de emision	mcd	lm	no.leds	λ	θ°	I(A)
OS-DT6-W2-854	7.2	-	Blanco	-	150	6	5400K	120°	0.35
OS-DT6-W2-865	7.2	-	Blanco	-	150	6	6500K	120°	0.35
OS-DT6-W2-847	7.2	-	Blanco	-	150	6	4700K	120°	0.35
OS-DT6-A1	4.8	-	Rojo	-	108	6	617nm	120°	0.35
OS-DT6-Y1	4.8	-	Amarillo	-	108	6	587nm.	120°	0.35
OS-DT6-V1	7.2	-	Verde	-	150	6	505nm.	120°	0.35
OS-DT6-B1	7.2	-	Azul	-	48	6	465nm.	120°	0.35

*La temperatura de operación es de -30 a +65°C

DRAGONpuck

D	W	V	Color de emision	mcd	lm	no.leds	λ	θ°	I(A)
OS-DP3-W1-854	3.6	24	Blanco	285000	-	3	5400K	20°	0.5
OS-DP3-W1-865	3.6	24	Blanco	285000	-	3	6500K	20°	0.5
OS-DP3-W1-847	3.6	24	Blanco	285000	-	3	4700K	20°	0.5
OS-DP3-A1	1.9	24	Rojo	215000	-	3	617nm	16°	0.5
OS-DP3-Y1	1.9	24	Amarillo	215000	-	3	587nm.	16°	0.5
OS-DP3-V1	3.6	24	Verde	285000	-	3	505nm.	16°	0.5
OS-DP3-B1	3.6	24	Azul	100000	-	3	465nm.	16°	0.5

*La temperatura de operación es de -30 a +85°C

LINEARlight

D	W	V	Color de emision	mcd	lm	no.leds	λ	θ°	I(A)
OS-LM01 A-A	4	10	Ambar(rojo)	560	54	32	617nm	120°	0.4
OS-LM01 A-Y1	4	10	Amarillo	720	69	32	587nm	120°	0.4
OS-LM01 A-T1	4	10	Verde(true green)	380	36	32	525nm	120°	0.4
OS-LM01 A-B1	4	10	Azul	90	9	32	470nm	120°	0.4
OS-LM01 A-W1-854	3.2	10	Blanco	300	29	32	5400K	120°	0.4
OS-LM01 A-W1-847	3.2	10	Blanco	300	29	32	4700K	120°	0.4

*La temperatura de operación es de -30 a +65°C

LINEARlight Colormix

D	W	V	Color de emision	mcd	lm	no.leds	λ	θ°	I(A)
OS-LM01M-RGR-B7	1.8	24	Rojo	360	32	30	617nm	120°	0.075
OS-LM01M-RGR-B7	3.6	24	Verde(true green)	570	51	30	525nm	120°	15
OS-LM01M-RGR-B7	2.88	24	Azul	90	8	30	467nm	120°	0.12
OS-LM01L-RGB-B8	1.8	24	Rojo	360	32	30	617nm	120°	0.075
OS-LM01L-RGB-B8	3.6	24	Verde	570	51	30	525nm	120°	0.15
OS-LM01L-RGB-B8	2.88	24	Azul	90	8	30	473nm	120°	0.12
OS-LM01L-RGB-B8	8.3	24	Todos los colores	1000	91	30	-	120°	0.345

*La temperatura de operación es de -30 a +75°C

BACKlight

D	W	V	Color de emision	mcd	lm	no.leds	λ	θ°	I(A)
OS-LM03A-A	4	10	Ambar(rojo)	535	54	32	617nm	120°	0.075
OS-LM03A-Y	4	10	Amarillo	720	69	32	587nm	120°	15
OS-LM03A-T	4	10	Verde(true green)	380	36	32	525nm	120°	0.12
OS-LM03A-B	4	10	Azul	90	9	32	470nm	120°	0.12
OS-LM03A-W	3.2	10	Blanco	300	29	32	x0.30,y0.31	120°	0.345

*La temperatura de operación es de -30 a +75°C

COINlight con 8 SIDELED

D	W	V	Color de emision	mcd	lm	no.leds	λ	θ°	I(A)
OS-CM01B-A1	0.5	24	Rojo	135	3	8	615nm	120°	0.02
OS-CM01B-Y1	0.5	24	Amarillo	105	2	8	587nm	120°	0.02
OS-CM01B-T1	0.9	24	Verde	135	3	8	528nm	120°	0.04
OS-CM01B-B1	0.9	24	Azul	40	1	8	470nm	120°	0.04
OS-CM01B-W	0.9	24	Blanco	195	5	8	x0.32,y0.31	120°	0.04

*La temperatura de operación es de -30 a +65°C

MAKERlight Rectangular pequeño

D	W	V	Color de emision	cd/m ²	lm	no.leds	λ	θ°	I(A)
OS-ML01A-A	0.5	24	Ambar(rojo)	715		8	615nm	120°	0.04
OS-ML01A-Y	0.5	24	Amarillo	440		8	587nm	120°	0.04
OS-ML01A-T	0.9	24	Verde(true green)	725		8	525nm	120°	0.08
OS-ML01A-B	0.9	24	Azul	140		8	470nm	120°	0.08
OS-ML01A-W	0.9	24	Blanco	880		8	x0.32,y0.31	120°	0.08

*La temperatura de operación es de -30 a +65°C

MAKERlight Rectangular grande

D	W	V	Color de emision	cd/m ²	lm	no.leds	λ	θ°	I(A)
OS-ML01C-A	0.8	10	Ambar(rojo)	320		16	615nm	120°	0.04
OS-ML01C-Y	0.8	10	Amarillo	300		16	587nm	120°	0.04
OS-ML01C-T	1.6	10	Verde(true green)	330		16	525nm	120°	0.08
OS-ML01C-B	1.6	10	Azul	80		16	470nm	120°	0.08
OS-ML01C-W	1.6	10	Blanco	280		16	x0.32,y0.31	120°	0.08

*La temperatura de operación es de -30 a +65°C

6. DISCUSIONES.

- Sabemos que existen fuentes de luz naturales y artificiales. En esta tesis nos abocamos a dar a conocer algunas de las características particulares de cada una de las fuentes de luz artificiales, las cuales son: lámparas incandescentes, lámparas fluorescentes, lámparas de descarga de alta intensidad y diodos de emisión de luz.
- La lámpara mas comprada en el mundo es la lámpara incandescente, pero se puede demostrar que a veces no es la mejor opción, ya que con sus características de vida y rendimiento deja mucho que desear en algunas aplicaciones, pero con aplicaciones especiales esta lámpara es una buena opción, entre las ventajas de este tipo de lámpara, están el precio de compra, su fácil operación, ya que no necesita ningún dispositivo para ello y que pueden ser reguladas solo con regular el paso de la corriente a la entrada de la lámpara.
- Las lámparas fluorescentes compactas con una vida mas larga, menor consumo de energía y un rendimiento mayor se convierten en el sustituto ideal para lámparas incandescentes en aplicaciones de iluminación general, solo en aplicaciones especiales se recomienda el uso de lámparas incandescentes.
- Podemos ver que lámparas fluorescentes con diferentes tonos de color, logran causar diferentes tipos de sensaciones en las personas y así poder lograr un ambiente más confortable o dinámico. En iluminación interior, se recomienda, por todas sus características, el uso de lámparas fluorescentes.
- Entre las fuentes de luz artificiales de mayor rango de vida se encuentran las lámparas de descarga de alta intensidad, son lámparas de alto rendimiento, ideales para la iluminación de exteriores o de lugares muy amplios, dentro de estas se encuentran: las lámparas de vapor de mercurio, lámparas de aditivos metálicos y lámparas de vapor de sodio, siendo esta la de mayor rendimiento entre todas las fuentes artificiales de luz. Dentro de estas lámparas la que ha tenido un mayor desarrollo, es la lámpara de aditivos metálicos, que gracias a sus características la han convertido en la más importante dentro de esta división de fuentes artificiales de luz. cabe mencionar que la lámpara de descarga de mayor rendimiento es la lámpara de vapor de sodio, cuyas características cromáticas la convierten en una buena opción para iluminación de lugares donde las características cromáticas no son tan importantes, pero el índice de rendimiento y duración si lo son.

- Creo que el futuro de la iluminación general se encuentra en la iluminación por led's, este tipo de iluminación actualmente es demasiado caro, las características del led permiten que se olvide uno de la radiación ultravioleta o infrarroja, o de las pérdidas por calor, ya que solo obtenemos luz. podemos obtener directamente luz de colores, que es una gran ventaja, así como una luz muy puntual. Los led's tiene un alto rango de vida y un muy bajo consumo de energía, por eso cada vez son mas los lugares que utilizan este tipo de iluminación, y por eso se cree que es la iluminación del futuro.

7. CONCLUSIONES.

Con todo el material obtenido para la realización y desarrollo de la tesis, se ha logrado el objetivo de conocer el principio, las características y aplicaciones de las fuentes de luz artificiales.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

- Manual de Osram.
- I.E.S. lighting handbook. Ninth edition.
- Manual de Westing house (de iluminación).
- Catálogo condensado de Hollophane.
- Manual de iluminación de Phillips.
- Boletines técnicos de Sylvania.
- Boletines técnicos de Osram.
- Boletines técnicos de General Electric.
- Boletines técnicas de Phillips.
- Sistemas de iluminación industriales. John P. Frier y Mary E. Gazley Frier. Ed. Limusa.
- Illumination engineering for energy efficient. Ronald N. Helms. Ed Prentice Hall.