

Temperatura de color

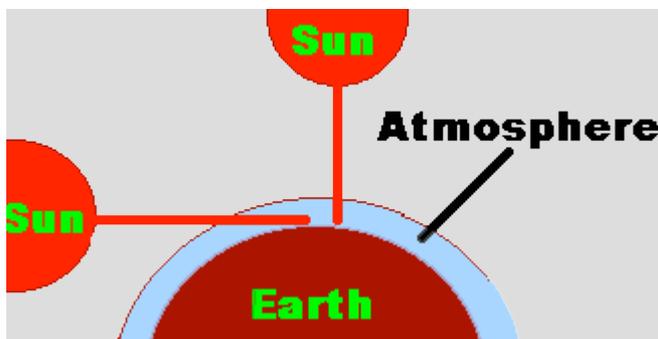


Aunque el segundo atributo de la luz, la temperatura de color, se refiere a su color básico, también hablamos de una característica de la luz que va más allá de lo obvio.

Por ejemplo, en la foto, ambas fuentes de iluminación (el sol a la izquierda, y un bombillo casero a la derecha) lucen blancos a la vista.

Es sólo cuando los vemos juntos que nos damos cuenta de que poseen tonalidades diferentes.

Como hemos dicho, en condiciones normales ocurre un ajuste perceptual humano conocido como consistencia de color aproximado que nos permite ajustar nuestra percepción para fuentes de luz que creemos blancas.



Curiosamente, en el video o cine, la consistencia de color aproximado no funciona de la misma manera.

A menos que se haga la corrección de color cuando se ruedan las tomas, veremos significativos y molestos cambios de color entre una escena y otra.

Aunque la luz puede ser de cualquier color entre infra-rojo y ultra-violeta, existen 2 estándares de color básicos para cine y TV: 3.200°K (grados Kelvin) para las lámparas incandescentes de estudio y 5.500°K para la luz de día (algunas fuentes artificiales dan como estándar de luz de día 5.600°K aunque, como veremos, el la temperatura exacta depende de varios de factores).

Variaciones de color en la luz solar

El color de la luz solar puede variar mucho, de acuerdo a la hora, la bruma o el smog en el aire y la latitud y longitud geográfica del lugar.

Debido al ángulo que tiene temprano en la mañana y al final del día, los rayos solares deben atravesar una porción mayor de la atmósfera.

Fíjese en las diferentes longitudes de la línea roja.

La línea más larga representa el ángulo del sol al amanecer y atardecer.

La mayor travesía resulta en que se absorbe mas luz azul que roja (las longitudes más cortas de onda se absorben más fácilmente).

En consecuencia, la temperatura de color del sol vira hacia el rojo, lo que determina el tono rojizo del atardecer y el amanecer.

A mediodía la luz del sol debe recorrer una menor distancia (el sol cenital está en la ilustración) y la temperatura de la luz directa del sol cercana a 5.500°K.

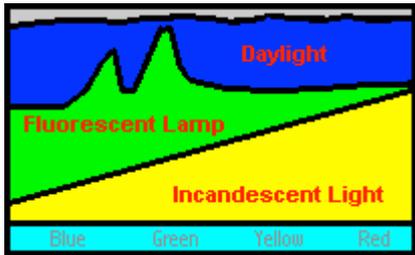
Entre estos dos extremos hay variantes de tonalidades más sutiles de acuerdo a la posición del sol en el cielo. Y si las nubes lo tapan y lo descubren, la temperatura de color (y la cualidad de la luz) variarán dramáticamente.

La temperatura de color varía también como consecuencia de la bruma o de un cielo nublado.

Si la cámara no se balancea (o filtra) bajo esas ismas condiciones, la luz resultante creará un efecto frío y azulado, no precisamente agradable.

Variaciones de color en la luz solar

El color de la luz solar puede variar mucho, de acuerdo a la hora, la bruma o el smog en el aire y la latitud y longitud geográfica del lugar.



Debido al ángulo que tiene temprano en la mañana y al final del día, los rayos solares deben atravesar una porción mayor de la atmósfera.

Fíjese en las diferentes longitudes de la línea roja. La línea más larga representa el ángulo del sol al amanecer y atardecer.

La mayor travesía resulta en que se absorbe mas luz azul que roja (las longitudes más cortas de onda se absorben más fácilmente).

En consecuencia, la temperatura de color del sol vira hacia el rojo, lo que determina el tono rojizo del atardecer y el amanecer.

A mediodía la la luz del sol debe recorrer una menor distancia (el sol cenital está en la ilustración) y la temperatura de la luz directa del sol cercana a 5.500°K .

Entre estos dos extremos hay variantes de tonalidades más sutiles de acuerdo a la posición del sol en el cielo.

Y si las nubes lo tapan y lo descubren, la temperatura de color (y la cualidad de la luz) variarán dramáticamente.

La temperatura de color varía también como consecuencia de la bruma o de un cielo nublado.

Si la cámara no se balancea (o filtra) bajo esas ismas condiciones, la luz resultante creará un efecto frío y azulado, no precisamente agradable.

Fuentes de luz artificial

Ya mencionamos que 3.200°K es el color de la luz estándar para televisión, considerablemente más bajo (más rojizo) que la luz solar promedio. Fíjese en

la mayor proporción de luz roja y amarilla en la zona incandescente de la ilustración.

Esta luz artificial se le llama comúnmente luz incandescente. Para establecer la diferencia entre esta luz y la luz de día, re-evalúe a la foto al inicio de la sección.

No toda luz incandescente tiene 3.200°K . Un bombillo de 100 vatios, por ejemplo, tiene unos 2.850°K .

La luz de una vela (para aquellos que se les ocurra hacer tomas con luz de velas) es aún más rojiza, con 1.900°K .

La mayoría de estas fuentes de luz pueden ser ajustadas por el circuito de balance de blanco de las cámaras de video.

Hay sin embargo, ciertas fuentes de luz artificial, que son un verdadero reto para el balance de blanco.

Fuentes de espectro discontinuo

Seguramente ha visto como los videos y las fotografías tomadas con luz fluorescente convencional, tienen un tono azul-verdoso.

Las lámparas fluorescentes pertenecen al grupo de fuentes llamadas lámparas de descarga, tubos de vidrio rellenos con metal vaporizado y electrodos a ambos extremos.

A diferencia de las lámparas de tungsteno, las lámparas fluorescentes convencionales producen un *espectro discontinuo*.

En lugar de una mezcla de colores del infrarrojo al ultravioleta, las lámparas fluorescentes presentan picos de color, especialmente en las zonas azules y

verdes. Aunque el ojo no percibe estos picos, ellos producen variaciones de color en video.

Tubo fluorescente "luz de día"

Al utilizar un tubo fluorescente común, el tubo fluorescente luz de día, por ejemplo, el promedio de color es 6.300°K.



Fíjese en la ilustración los saltos que presenta en las áreas azules y verdes del espectro. Ello implica que las áreas azules se exageran dando un tono grisáceo y triste.

Aún y cuando algunas cámaras de video poseen filtros para fluorescentes incluidos en su disco interno de filtros, estos no pueden eliminar consistentemente el problema.

Una de las razones es que existen más de 30 tipos de fluorescentes, cada cual con características de color ligeramente distintas.

El fluorescente cálido blanco

El tubo estándar de luz fluorescente para oficinas que causa la menor distorsión de colores es el "warm-white" de 3,200°K.

Aunque este tipo de fluorescente tiende a dar una apariencia algo verdosa y pálida, los resultados son más o menos satisfactorios, siempre y cuando se haya hecho un correcto balance de blanco y la fidelidad de color de la toma no sea crucial. (N del T: en todos los casos, sin embargo, la luz fluorescente tiende a aumentar el contraste en la toma)

Para evitar efectos impredecibles con iluminación fluorescente mucho videógrafos simplemente sustituyen este tipo de fuentes con sus propios equipos de iluminación.

Fluorescentes de color balanceado

Hasta ahora en esta discusión hemos hablado de fluorescentes estándar.

Recientemente, al menos dos fabricantes han comenzado a producir tubos con componentes especiales que suavizan los picos espectrales que aparecen las lámparas comunes.

Los bancos (grupos) de lámparas fluorescentes balanceadas, producen una luz suave, que no produce prácticamente sombra alguna en áreas muy amplias.

Este tipo de lámparas ha tenido una gran acogida en los estudios porque produce mucho menos calor y consume mucha menos electricidad que las lámparas incandescentes.

Sin embargo, como estas lámparas no permiten proyectar la luz a una gran distancia, su utilización se limita a situaciones donde el sujeto esté cerca de la fuente de luz.

Frecuentemente, se utilizan varios bancos de luz fluorescente para crear una base suave y general y luego se acentúa ciertas áreas con lámparas de modelaje (key light).

Otras lámparas de descarga

Existe otro tipo de lámparas de descarga pueden causar problemas de rendición de color mucho más severos que las fluorescentes.

Una de ellas, las lámparas de vapor de sodio de alta presión, que se utiliza generalmente para iluminar calles y avenidas, produce una luz amarillenta que varía el balance de color.

Operando bajo presiones internas aún mayores, están las lámparas de vapor de mercurio, utilizadas muchas veces para grandes áreas internas como gimnasios. Estas suelen producir un tinte verde azulado en las tomas de video y cine.

Aunque muchos de los problemas de temperatura de color no son aparentes al ojo (gracias a la consistencia de color aproximado), pueden crear grandes inconsistencias cuando se trata de unir diferentes planos en post-producción.

Esto es apenas uno de los problemas de continuidad (inconsistencia técnica entre escenas) que pueden suscitarse en la producción de video.

Instrumentos de Iluminación

Lámparas de Cuarzo



Casi todas las lámparas incandescentes que se usan en la producción de televisión son lámparas de tungsteno-halógeno (llamadas comúnmente lámparas de cuarzo). Normalmente tienen un rango que oscila entre los 300 y los 2.000 watts.

Este tipo de lámpara es más eficiente que el de tipo casero y no se oscurece con el tiempo.

Las lámparas de cuarzo se calientan a altas temperaturas, por lo cual la ventilación es un factor determinante en su diseño.

Por las grandes temperaturas asociadas con los instrumentos de cuarzo-halógeno, los dedos quemados son un riesgo para los novatos.

Debe tenerse especial cuidado cuando se cambian estos bombillos (además de desconectar la lámpara debe dejarse enfriar) para evitar que la grasa natural de los dedos no toque el cuarzo exterior que recubre el bombillo.

El excesivo calor generado por estos bombillos se concentrará en la zona donde quede residuo grasoso y dañará el bombillo (y estos son costosos de reemplazar).

Debe también evitarse mover bruscamente la lámpara mientras está encendida, o el filamento interno se puede romper.

Como hemos explicado, cuando las lámparas de tungsteno-halógeno se atenúan (dimerizan) la temperatura de color se torna más rojiza, lo cual puede crear problemas aparentes en la rendición del color de piel.

Las lámparas de tungsteno-halógeno se utilizan en varios tipos de lámparas de uso común, pero antes de desarrollar este punto, debemos hablar de otro tipo de lámpara.

Lámparas HMI

HMI, significa "Hydrargyrum Medium Arc-length Iodide", es una tipo de lámpara que emite una luz muy intensa de la misma temperatura de color del sol.

Las lámparas HMI son mucho más eficientes que las de tungsteno-halógeno y generan mucho menos calor (una consideración importante cuando se filma en espacios cerrados y pequeños)

La mayor desventaja de las lámparas HMI es que requieren de una fuente de poder de alto voltaje grande, pesada y costosa.

Aún así, por la temperatura de color de la luz que emiten, por su eficiencia y potencia lumínica, las lámparas HMI son utilizadas frecuentemente en exteriores, muchas veces para rellenar las sombras causadas por el sol.

Ahora que hemos descrito las lámparas usadas en los distintos instrumentos de iluminación, podemos dedicarnos a los instrumentos en si mismos.

Fresneles



Por varias décadas el Fresnel ha sido la fuente más usada de luz en los estudios de cine y televisión.

El lente Fresnel que está en el extremo frontal de estas lámparas (nombrado por su inventor) consiste de círculos concéntricos que concentran y difuminan la luz simultáneamente.

La coherencia (calidad) de la luz que emiten es una mezcla ideal de luz suave y dura.

Aunque el Fresnel que se muestra aquí está montado en un poste de piso, como el que se utilizaría en cine y trabajo de video en locaciones, en estudio estas lámparas están usualmente suspendidas de una parrilla tubular de iluminación en el techo.

Una montura C se utiliza para enganchar las lámparas a la parrilla. (Puede ver la montura C en el extremos superior de la fotografía de la ponchera que se muestra abajo)



Por el peligro potencial que representa un reflector de este peso suspendido a 3 metros del piso, además de la montura C siempre debe usarse una guaya de seguridad además de la montura.

Estas se amarran alrededor de los tubos de la parrilla para evitar que se caigan si se llegase a desprender del piso.

La distancia entre el bombillo y el lente Fresnel puede ser variada en este tipo de lámparas para concentrar (Spot) o dispersar (flood) los rayos de luz.

Esto permite ajustar rápidamente tanto el área de cobertura como la intensidad de la luz.

Los Fresnels son muy pesados y grandes para los trabajos sencillos en exteriores.

Como veremos, los kits de iluminación para exteriores usualmente reemplazan este tipo de lámparas así como las poncheras por otras más aptas para su uso en locación.

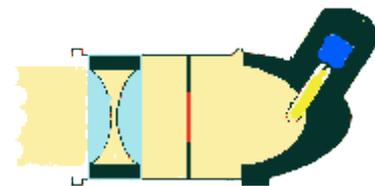
Scoops

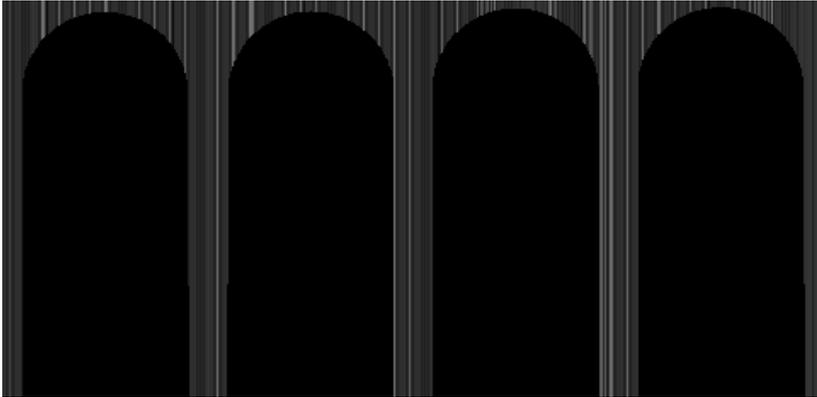


Las Poncheras (scoops) producen una iluminación más suave que los Fresnels. Usualmente tienen bombillos incandescentes de 500 a 2.000 vatios. Como no tienen un lente, no proyectan la luz a una distancia significativa. Como veremos las poncheras usualmente se usan en estudio como lámparas de relleno

Spot Elipsoidal

El spot elipsoidal produce una luz dura y muy enfocada. Utilizada con filtros, puede proyectar círculos de luz sobre un fondo. Algunos elipsoidales, tienen una ranura en su centro óptico para insertarle un patrón metálico (cucalorus). Esto es un pequeño patrón (se muestra en rojo en la ilustración) que permite proyectar una gran cantidad de formas sobre el fondo. En algunos casos, un patrón en el fondo es lo único que requerirá para un plano medio o un close up. Por ejemplo un patrón de vidrio veneciano sugeriría que la persona está en una iglesia.





Hay otros tipos de lámparas que se utilizan en estudio, entre las que están las lámparas suaves, lámparas para fondos y proyectores de sombras (que producen sombras muy pronunciadas y aparentan la luz directa que proviene de una ventana).

Lámparas Para Cámara

En la producción de noticias, la calidad está relegada al hecho de obtener la noticia, suele utilizarse lámparas pequeñas colocadas en la cámara o manipuladas por un asistente. Estas pueden ser de tungsteno-halógeno o HMI (llamadas a veces *sun-guns*)

Por razones de portabilidad, estas lámparas usualmente funcionan con baterías ? generalmente las mismas baterías de 12 voltios que dan energía a la cámara.

Este tipo de luz provee la misma calidad cuestionable de su familiar: el flash de la cámara fotográfica. Como resultado del ángulo frontal de incidencia, el detalle y la profundidad de la imagen son sacrificados. Debido a la relación entre distancia e intensidad luminosa, el detalle y el color de los objetos de fondo son usualmente "borrados" o se vuelven completamente oscuros.

Por esta razón una luz de cámara funciona mejor si todos los objetos importantes se encuentran a la misma distancia de la cámara.

Accesorios de Iluminación

Viseras

Las viseras son láminas planas de metal colocadas en los lados de la lámpara y sirven para prevenir que la luz incida sobre ciertas áreas, donde no queremos que llegue.



Aunque las viseras logran este objetivo, lo hacen creando un borde suave, mientras que las banderas, producen un efecto más preciso de corte de luz.

Banderas

Las banderas son cualquier material opaco que pueda bloquear la luz y definir un corte en la luz. Muchas veces se crean según se requiere, con capas dobles o triples a papel aluminio.

Las banderas usualmente se colocan en un trípode o se enganchan en los extremos de las viseras. Mientras más alejadas de la fuente de luz más definido será el corte.

Porta Filtros

Los portafiltros son usualmente parte de las viseras y se insertan en una ranura en el frente de la lámpara. Pueden contener:

- uno o más filtros o rejillas para reducir la intensidad de la luz
- uno o más difusores para suavizar la luz
- una gelatina de color para alterar la temperatura cromática de la luz

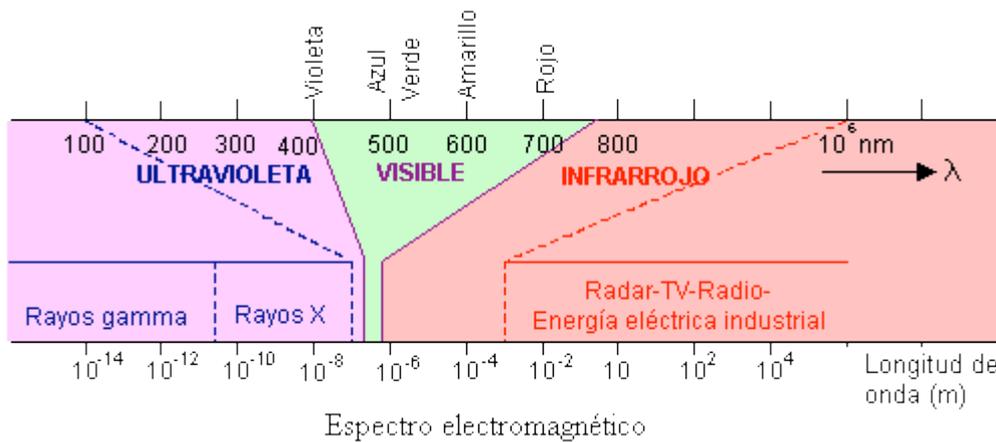
Estos modificadores simplemente se colocan en el portafiltros al frente del instrumento.

LÁMPARAS INCANDESCENTES

Las lámparas incandescentes fueron la primera forma de generar luz a partir de la energía eléctrica. Desde que fueran inventadas, la tecnología ha cambiado mucho produciéndose sustanciosos avances en la cantidad de luz producida, el consumo y la duración de las lámparas. Su principio de funcionamiento es simple, se pasa una corriente eléctrica por un filamento hasta que este alcanza una temperatura tan alta que emite radiaciones visibles por el ojo humano.

La incandescencia

Todos los cuerpos calientes emiten energía en forma de radiación electromagnética. Mientras más alta sea su temperatura mayor será la energía emitida y la porción del [espectro electromagnético](#) ocupado por las radiaciones emitidas. Si el cuerpo pasa la temperatura de incandescencia una buena parte de estas radiaciones caerán 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 bombillas corrientes. Tanto de una forma como de otra, obtenemos luz y calor (ya sea calentando las moléculas de aire o por radiaciones infrarrojas). En general los rendimientos de este tipo de lámparas son bajos debido a que la mayor parte de la energía consumida se convierte en calor.



Rendimiento de una lámpara incandescente

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.

Características de una lámpara incandescente

Entre los parámetros que sirven para definir una lámpara tenemos las características fotométricas: la [intensidad luminosa](#), el [flujo luminoso](#) y el [rendimiento o eficiencia](#). Además de estas, existen otros que nos informan sobre la calidad de la [reproducción de los colores](#) y los [parámetros de duración](#) de las lámparas.

Características cromáticas

Los colores que vemos con nuestros ojos dependen en gran medida de las características cromáticas de las fuentes de luz. Por poner un ejemplo, no se ve igual una calle de noche a la luz de las farolas iluminadas por lámparas de luz blanca que con lámparas de luz amarilla.

A la hora de describir las cualidades cromáticas de las fuentes de luz hemos de considerar dos aspectos. El primero trata sobre el color que presenta la fuente. Y el segundo describe cómo son reproducidos los colores de los objetos iluminados por esta. Para evaluarlos se utilizan dos parámetros: la temperatura de color y el rendimiento de color que se mide con el IRC.

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.

El **rendimiento en color**, por contra, hace referencia a cómo se ven los colores de los objetos iluminados. Nuestra experiencia nos indica que los objetos iluminados por un fluorescente no se ven del mismo tono que aquellos iluminados por bombillas. En el primer caso destacan más los tonos azules mientras que en el segundo lo hacen los rojos. Esto se debe a que la luz emitida por cada una de estas lámparas tiene un alto porcentaje de radiaciones monocromáticas de color azul o rojo.



Fuente de luz blanca.

Fuente de luz monocromática.

Efecto del color de la fuente sobre el color de los objetos

Para establecer el rendimiento en color se utiliza el **índice de rendimiento de color (IRC o R_a)** que compara la reproducción de una muestra de colores normalizada iluminada con nuestra fuente con la reproducción de la misma muestra iluminada con una fuente patrón de referencia.

Características de duración

La duración de una lámpara viene determinada básicamente por la temperatura de trabajo del filamento. Mientras más alta sea esta, mayor será el flujo luminoso pero también la velocidad de evaporación del material que forma el filamento. Las partículas evaporadas, cuando entren en contacto con las paredes se depositarán sobre estas, ennegreciendo la ampolla. De esta manera se verá reducido el flujo luminoso por ensuciamiento de la ampolla. Pero, además, el filamento se habrá vuelto más delgado por la evaporación del tungsteno que lo forma y se reducirá, en consecuencia, la corriente eléctrica que pasa por él, la temperatura de trabajo y el flujo luminoso. Esto seguirá ocurriendo hasta que finalmente se rompa el filamento. A este proceso se le conoce como depreciación luminosa.

Para determinar la **vida de una lámpara** disponemos de diferentes parámetros según las condiciones de uso definidas.

- La **vida individual** es el tiempo transcurrido en horas hasta que una lámpara se estropea, trabajando en unas condiciones determinadas.
- La **vida promedio** es el tiempo transcurrido hasta que se produce el fallo de la mitad de las lámparas de un lote representativo de una instalación, trabajando en unas condiciones determinadas.
- La **vida útil** es el tiempo estimado en horas tras el cual es preferible sustituir un conjunto de lámparas de una instalación a mantenerlas. Esto se hace por motivos económicos y para evitar una disminución excesiva en los niveles de iluminación en la instalación debido a la depreciación que sufre el flujo luminoso con el tiempo. Este valor sirve para establecer los periodos de reposición de las lámparas de una instalación.
- La **vida media** es el tiempo medio que resulta tras el análisis y ensayo de un lote de lámparas trabajando en unas condiciones determinadas.

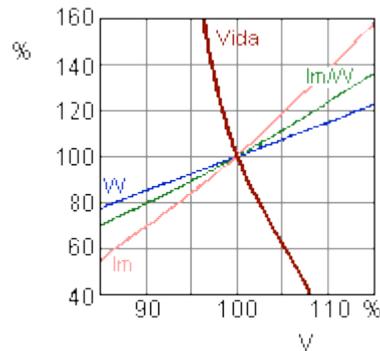
La duración de las lámparas incandescentes está normalizada; siendo de unas 1000 horas para las normales, para las **halógenas** es de 2000 horas para aplicaciones generales y de 4000 horas para las especiales.

Factores externos que influyen en el funcionamiento de las lámparas

Los factores externos que afectan al funcionamiento de las lámparas son la temperatura del entorno dónde esté situada la lámpara y las desviaciones en la tensión nominal en los bornes.

La **temperatura ambiente** no es un factor que influya demasiado en el funcionamiento de las lámparas incandescentes, pero sí se ha de tener en cuenta para evitar deterioros en los materiales empleados en su fabricación. En las lámparas normales hay que tener cuidado de que la temperatura de funcionamiento no exceda de los 200° C para el casquillo y los 370° C para el bulbo en el alumbrado general. Esto será de especial atención si la lámpara está alojada en luminarias con mala ventilación. En el caso de las lámparas halógenas es necesario una temperatura de funcionamiento mínima en el bulbo de 260° C para garantizar el ciclo regenerador del wolframio. En este caso la máxima temperatura admisible en la ampolla es de 520° C para ampollas de vidrio duro y 900° C para el cuarzo.

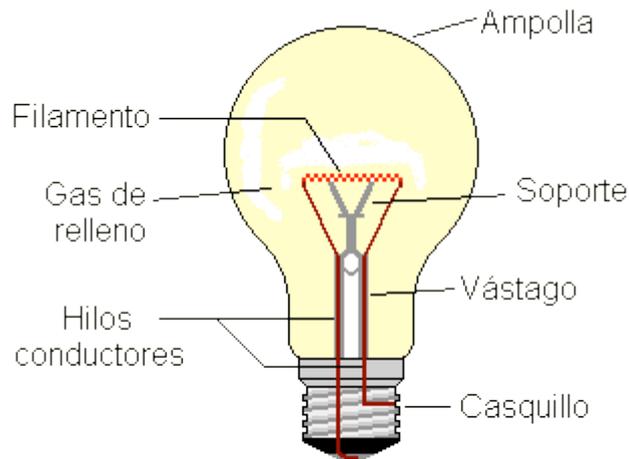
Las **variaciones de la tensión** se producen cuando aplicamos a la lámpara una tensión diferente de la tensión nominal para la que ha sido diseñada. Cuando aumentamos la tensión aplicada se produce un incremento de la potencia consumida y del flujo emitido por la lámpara pero se reduce la duración de la lámpara. Análogamente, al reducir la tensión se produce el efecto contrario.



Efecto de las variaciones de tensión (%) sobre las características de funcionamiento de las lámparas incandescentes

Partes de una lámpara

Las lámparas incandescentes están formadas por un hilo de wolframio que se calienta por efecto Joule alcanzando temperaturas tan elevadas que empieza a emitir luz visible. Para evitar que el filamento se queme en contacto con el aire, se rodea con una ampolla de vidrio a la que se le ha hecho el vacío o se ha rellenado con un gas. El conjunto se completa con unos elementos con funciones de soporte y conducción de la corriente eléctrica y un casquillo normalizado que sirve para conectar la lámpara a la luminaria.



Partes de una bombilla

[Ampolla](#) | [Filamento](#) | [Soporte](#) | [Gas de relleno](#)
[Vástago](#) | [Hilos conductores](#) | [Casquillo](#)

Tipos de lámparas

Existen dos tipos de lámparas incandescentes: las que contienen un gas halógeno en su interior y las que no lo contienen:

Lámparas no halógenas

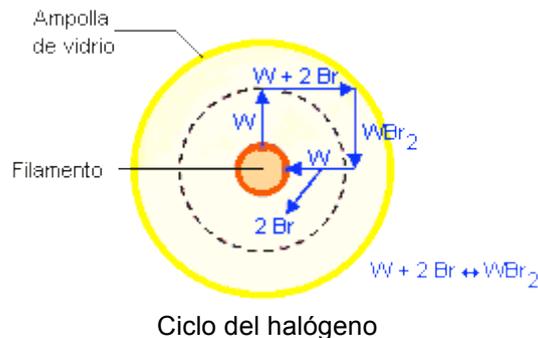
Entre las lámparas incandescentes no halógenas podemos distinguir las que se han rellenado con un gas inerte de aquellas en que se ha hecho el vacío en su interior. La presencia del gas supone un notable incremento de la eficacia luminosa de la lámpara dificultando la evaporación del material del filamento y permitiendo el aumento de la temperatura de trabajo del filamento. Las lámparas incandescentes tienen una duración normalizada de 1000 horas, una potencia entre 25 y 2000 W y unas eficacias entre 7.5 y 11 lm/W para las lámparas de vacío y entre 10 y 20 para las rellenas de gas inerte. En la actualidad predomina el uso de las lámparas con gas, reduciéndose el uso de las de vacío a aplicaciones ocasionales en alumbrado general con potencias de hasta 40 W.

	Lámparas con gas	Lámparas de vacío
Temperatura del filamento	2500 °C	2100 °C
Eficacia luminosa de la lámpara	10-20 lm/W	7.5-11 lm/W
Duración	1000 horas	1000 horas
Pérdidas de calor	Convección y radiación	Radiación

Lámparas halógenas de alta y baja tensión

En las lámparas incandescentes normales, con el paso del tiempo, se produce una disminución significativa del flujo luminoso. Esto se debe, en parte, al ennegrecimiento de la ampolla por culpa de la evaporación de partículas de wolframio del filamento y su posterior condensación sobre la ampolla.

Agregando una pequeña cantidad de un compuesto gaseoso con halógenos (cloro, bromo o yodo), normalmente se usa el CH_2Br_2 , al gas de relleno se consigue establecer un ciclo de regeneración del halógeno que evita el ennegrecimiento. Cuando el tungsteno (W) se evapora se une al bromo formando el bromuro de wolframio (WBr_2). Como las paredes de la ampolla están muy calientes (más de 260°C) no se deposita sobre estas y permanece en estado gaseoso. Cuando el bromuro de wolframio entra en contacto con el filamento, que está muy caliente, se descompone en W que se deposita sobre el filamento y Br que pasa al gas de relleno. Y así, el ciclo vuelve a empezar.



El funcionamiento de este tipo de lámparas requiere de temperaturas muy altas para que pueda realizarse el ciclo del halógeno. Por eso, son más pequeñas y compactas que las lámparas normales y la ampolla se fabrica con un cristal especial de cuarzo que impide manipularla con los dedos para evitar su deterioro.

Tienen una eficacia luminosa de 22 lm/W con una amplia gama de potencias de trabajo (150 a 2000W) según el uso al que estén destinadas. Las lámparas halógenas se utilizan normalmente en alumbrado por proyección y cada vez más en iluminación doméstica.

CLASES DE LÁMPARAS DE DESCARGA

Las lámparas de descarga se pueden clasificar según el gas utilizado (vapor de mercurio o sodio) o la presión a la que este se encuentre (alta o baja presión). Las propiedades varían mucho de unas a otras y esto las hace adecuadas para unos usos u otros.

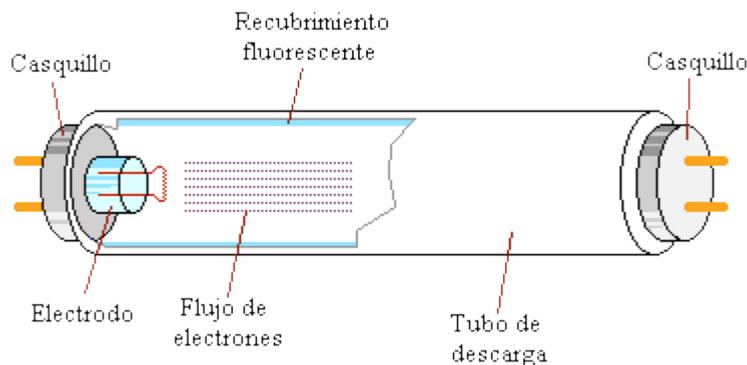
- Lámparas de vapor de mercurio:

- Baja presión:
 - [Lámparas fluorescentes](#)
- Alta presión:
 - [Lámparas de vapor de mercurio a alta presión](#)
 - [Lámparas de luz de mezcla](#)
 - [Lámparas con halogenuros metálicos](#)
- Lámparas de vapor de sodio:
 - [Lámparas de vapor de sodio a baja presión](#)
 - [Lámparas de vapor de sodio a alta presión](#)

Lámparas de vapor de mercurio

Lámparas fluorescentes

Las lámparas fluorescentes son lámparas de vapor de mercurio a baja presión (0.8 Pa). En estas condiciones, en el espectro de emisión del mercurio predominan las radiaciones ultravioletas en la banda de 253.7 nm. Para que estas radiaciones sean útiles, se recubren las paredes interiores del tubo con polvos fluorescentes que convierten los rayos ultravioletas en radiaciones visibles. De la composición de estas sustancias dependerán la cantidad y calidad de la luz, y las cualidades cromáticas de la lámpara. En la actualidad se usan dos tipos de polvos; los que producen un espectro continuo y los trifósforos que emiten un espectro de tres bandas con los colores primarios. De la combinación estos tres colores se obtiene una luz blanca que ofrece un buen rendimiento de color sin penalizar la eficiencia como ocurre en el caso del espectro continuo.



Lámpara fluorescente

Las lámparas fluorescentes se caracterizan por carecer de ampolla exterior. Están formadas por un tubo de diámetro normalizado, normalmente cilíndrico, cerrado en cada extremo con un casquillo de dos contactos donde se alojan los electrodos. El tubo de descarga está relleno con vapor de mercurio a baja presión y una pequeña cantidad de un gas inerte que sirve para facilitar el encendido y controlar la descarga de electrones.

La eficacia de estas lámparas depende de muchos factores: potencia de la lámpara, tipo y presión del gas de relleno, propiedades de la sustancia fluorescente que recubre el tubo, temperatura ambiente... Esta última es muy importante porque determina la

presión del gas y en último término el flujo de la lámpara. La eficacia oscila entre los 38 y 91 lm/W dependiendo de las características de cada lámpara.



Balance energético de una lámpara fluorescente

La duración de estas lámparas se sitúa entre 5000 y 7000 horas. Su vida termina cuando el desgaste sufrido por la sustancia emisora que recubre los electrodos, hecho que se incrementa con el número de encendidos, impide el encendido al necesitarse una tensión de ruptura superior a la suministrada por la red. Además de esto, hemos de considerar la depreciación del flujo provocada por la pérdida de eficacia de los polvos fluorescentes y el ennegrecimiento de las paredes del tubo donde se deposita la sustancia emisora.

El rendimiento en color de estas lámparas varía de moderado a excelente según las sustancias fluorescentes empleadas. Para las lámparas destinadas a usos habituales que no requieran de gran precisión su valor está entre 80 y 90. De igual forma la apariencia y la temperatura de color varía según las características concretas de cada lámpara.

Apariencia de color	T _{color} (K)
Blanco cálido	3000
Blanco	3500
Natural	4000
Blanco frío	4200
Luz día	6500

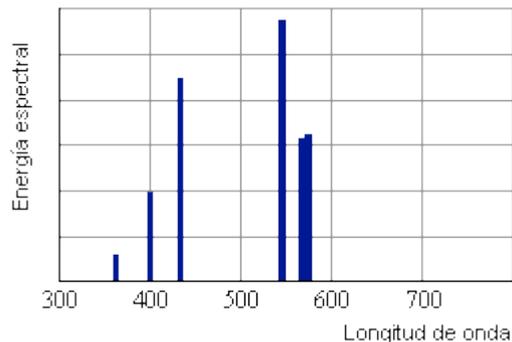
Las lámparas fluorescentes necesitan para su funcionamiento la presencia de elementos auxiliares. Para limitar la corriente que atraviesa el tubo de descarga utilizan el balasto y para el encendido existen varias posibilidades que se pueden resumir en arranque con cebador o sin él. En el primer caso, el cebador se utiliza para calentar los electrodos antes de someterlos a la tensión de arranque. En el segundo caso tenemos las lámparas de arranque rápido en las que se calientan continuamente los electrodos y las de arranque instantáneo en que la ignición se consigue aplicando una tensión elevada.

Más modernamente han aparecido las lámparas fluorescentes compactas que llevan incorporado el balasto y el cebador. Son lámparas pequeñas con casquillo de rosca o

bayoneta pensadas para sustituir a las lámparas incandescentes con ahorros de hasta el 70% de energía y unas buenas prestaciones.

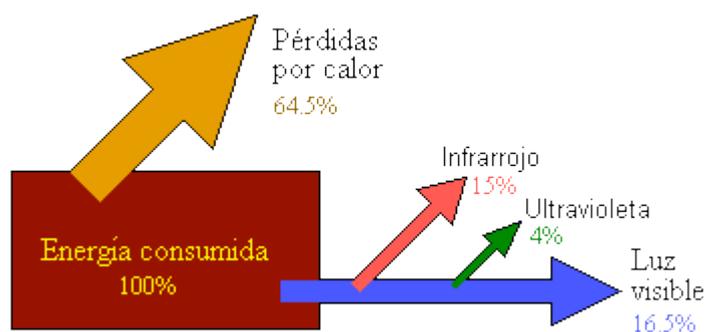
Lámparas de vapor de mercurio a alta presión

A medida que aumentamos la presión del vapor de mercurio en el interior del tubo de descarga, la radiación ultravioleta característica de la lámpara a baja presión pierde importancia respecto a las emisiones en la zona visible (violeta de 404.7 nm, azul 435.8 nm, verde 546.1 nm y amarillo 579 nm).



Espectro de emisión sin corregir

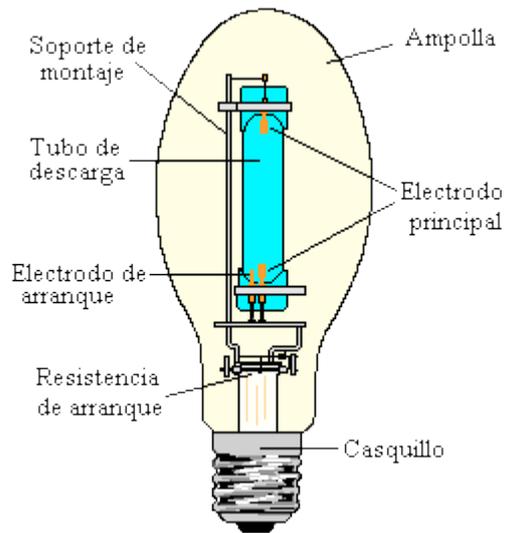
En estas condiciones la luz emitida, de color azul verdoso, no contiene radiaciones rojas. Para resolver este problema se acostumbra a añadir sustancias fluorescentes que emitan en esta zona del espectro. De esta manera se mejoran las características cromáticas de la lámpara. La temperatura de color se mueve entre 3500 y 4500 K con índices de rendimiento en color de 40 a 45 normalmente. La vida útil, teniendo en cuenta la depreciación se establece en unas 8000 horas. La eficacia oscila entre 40 y 60 lm/W y aumenta con la potencia, aunque para una misma potencia es posible incrementar la eficacia añadiendo un recubrimiento de polvos fosforescentes que conviertan la luz ultravioleta en visible.



Balance energético de una lámpara de mercurio a alta presión

Los modelos más habituales de estas lámparas tienen una tensión de encendido entre 150 y 180 V que permite conectarlas a la red de 220 V sin necesidad de elementos auxiliares. Para encenderlas se recurre a un electrodo auxiliar próximo a uno de los electrodos principales que ioniza el gas inerte contenido en el tubo y facilita el inicio de la descarga entre los electrodos principales. A continuación se inicia un periodo transitorio de unos cuatro minutos, caracterizado porque la luz pasa de un tono violeta

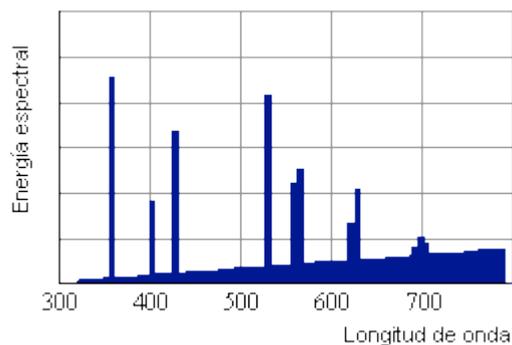
a blanco azulado, en el que se produce la vaporización del mercurio y un incremento progresivo de la presión del vapor y el flujo luminoso hasta alcanzar los valores normales. Si en estos momentos se apagara la lámpara no sería posible su reencendido hasta que se enfriara, puesto que la alta presión del mercurio haría necesaria una tensión de ruptura muy alta.



Lámpara de mercurio a alta presión

Lámparas de luz de mezcla

Las lámparas de luz de mezcla son una combinación de una lámpara de mercurio a alta presión con una lámpara incandescente y , habitualmente, un recubrimiento fosforescente. El resultado de esta mezcla es la superposición, al espectro del mercurio, del espectro continuo característico de la lámpara incandescente y las radiaciones rojas provenientes de la fosforescencia.

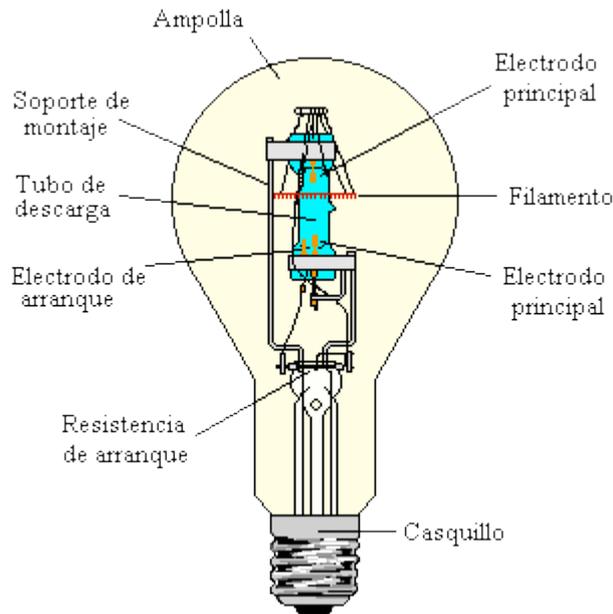


Espectro de emisión de una lámpara de luz de mezcla

Su eficacia se sitúa entre 20 y 60 lm/W y es el resultado de la combinación de la eficacia de una lámpara incandescente con la de una lámpara de descarga. Estas lámparas ofrecen una buena reproducción del color con un rendimiento en color de 60 y una temperatura de color de 3600 K.

La duración viene limitada por el tiempo de vida del filamento que es la principal causa de fallo. Respecto a la depreciación del flujo hay que considerar dos causas. Por un

lado tenemos el ennegrecimiento de la ampolla por culpa del wolframio evaporado y por otro la pérdida de eficacia de los polvos fosforescentes. En general, la vida media se sitúa en torno a las 6000 horas.

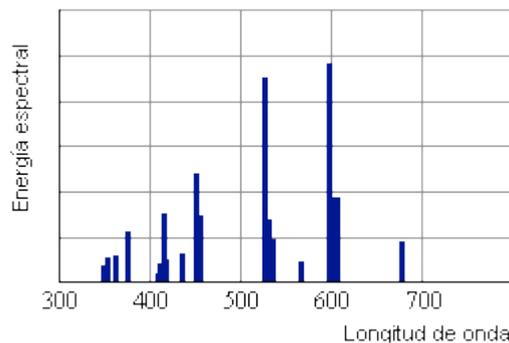


Lámpara de luz de mezcla

Una particularidad de estas lámparas es que no necesitan balasto ya que el propio filamento actúa como estabilizador de la corriente. Esto las hace adecuadas para sustituir las lámparas incandescentes sin necesidad de modificar las instalaciones.

Lámparas con halogenuros metálicos

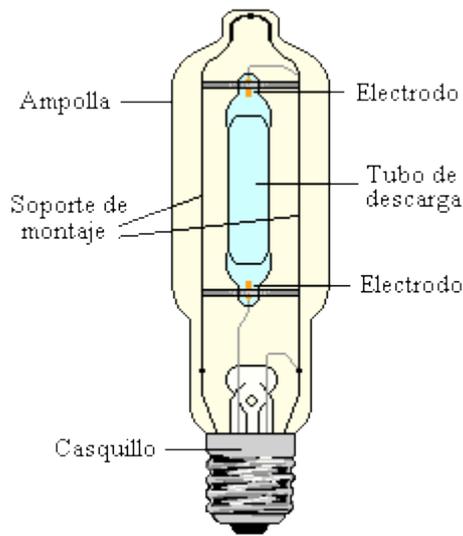
Si añadimos en el tubo de descarga yoduros metálicos (sodio, talio, indio...) se consigue mejorar considerablemente la capacidad de reproducir el color de la lámpara de vapor de mercurio. Cada una de estas sustancias aporta nuevas líneas al espectro (por ejemplo amarillo el sodio, verde el talio y rojo y azul el indio).



Espectro de emisión de una lámpara con halogenuros metálicos

Los resultados de estas aportaciones son una temperatura de color de 3000 a 6000 K dependiendo de los yoduros añadidos y un rendimiento del color de entre 65 y 85. La eficiencia de estas lámparas ronda entre los 60 y 96 lm/W y su vida media es de unas 10000 horas. Tienen un periodo de encendido de unos diez minutos, que es el tiempo

necesario hasta que se estabiliza la descarga. Para su funcionamiento es necesario un dispositivo especial de encendido, puesto que las tensiones de arranque son muy elevadas (1500-5000 V).



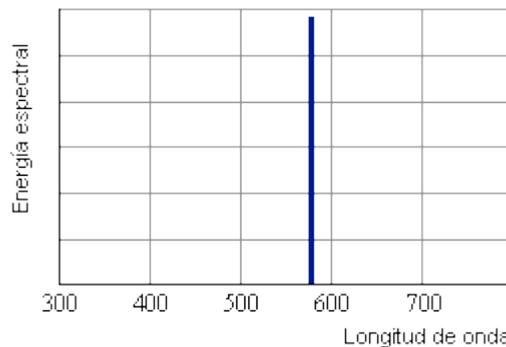
Lámpara con halogenuros metálicos

Las excelentes prestaciones cromáticas la hacen adecuada entre otras para la iluminación de instalaciones deportivas, para retransmisiones de TV, estudios de cine, proyectores, etc.

Lámparas de vapor de sodio

Lámparas de vapor de sodio a baja presión

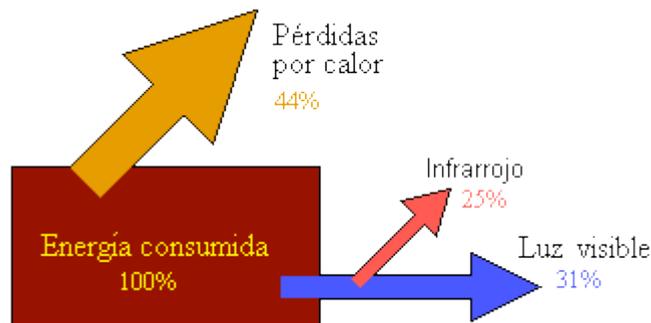
La descarga eléctrica en un tubo con vapor de sodio a baja presión produce una radiación monocromática característica formada por dos rayas en el espectro (589 nm y 589.6 nm) muy próximas entre sí.



Espectro de una lámpara de vapor de sodio a baja presión

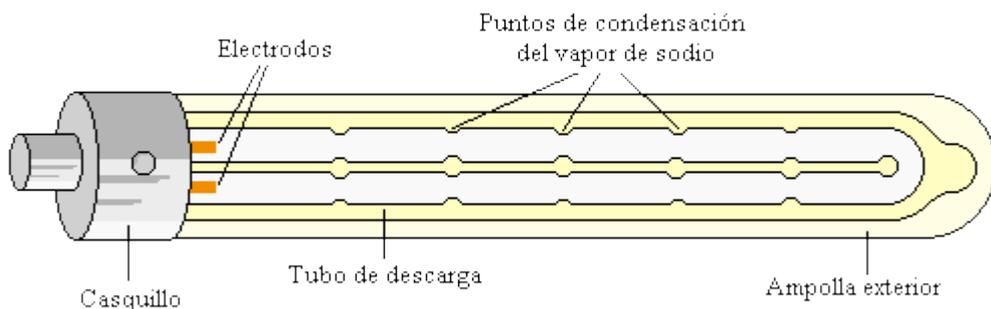
La radiación emitida, de color amarillo, está muy próxima al máximo de [sensibilidad](#) del ojo humano (555 nm). Por ello, la eficacia de estas lámparas es muy elevada (entre 160 y 180 lm/W). Otras ventajas que ofrece es que permite una gran comodidad y agudeza visual, además de una buena percepción de contrastes. Por contra, su

monocromatismo hace que la reproducción de colores y el rendimiento en color sean muy malos haciendo imposible distinguir los colores de los objetos.



Balance energético de una lámpara de vapor de sodio a baja presión

La vida media de estas lámparas es muy elevada, de unas 15000 horas y la depreciación de flujo luminoso que sufren a lo largo de su vida es muy baja por lo que su vida útil es de entre 6000 y 8000 horas. Esto junto a su alta eficiencia y las ventajas visuales que ofrece la hacen muy adecuada para usos de alumbrado público, aunque también se utiliza con finalidades decorativas. En cuanto al final de su vida útil, este se produce por agotamiento de la sustancia emisora de electrones como ocurre en otras lámparas de descarga. Aunque también se puede producir por deterioro del tubo de descarga o de la ampolla exterior.



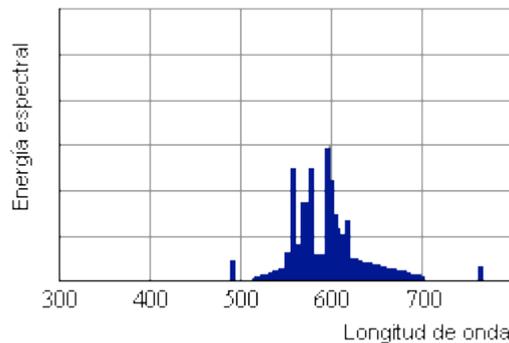
Lámpara de vapor de sodio a baja presión

En estas lámparas el tubo de descarga tiene forma de U para disminuir las pérdidas por calor y reducir el tamaño de la lámpara. Está elaborado de materiales muy resistentes pues el sodio es muy corrosivo y se le practican unas pequeñas hendiduras para facilitar la concentración del sodio y que se vaporice a la temperatura menor posible. El tubo está encerrado en una ampolla en la que se ha practicado el vacío con objeto de aumentar el aislamiento térmico. De esta manera se ayuda a mantener la elevada temperatura de funcionamiento necesaria en la pared del tubo (270 °C).

El tiempo de arranque de una lámpara de este tipo es de unos diez minutos. Es el tiempo necesario desde que se inicia la descarga en el tubo en una mezcla de gases inertes (neón y argón) hasta que se vaporiza todo el sodio y comienza a emitir luz. Físicamente esto se corresponde a pasar de una luz roja (propia del neón) a la amarilla característica del sodio. Se procede así para reducir la tensión de encendido.

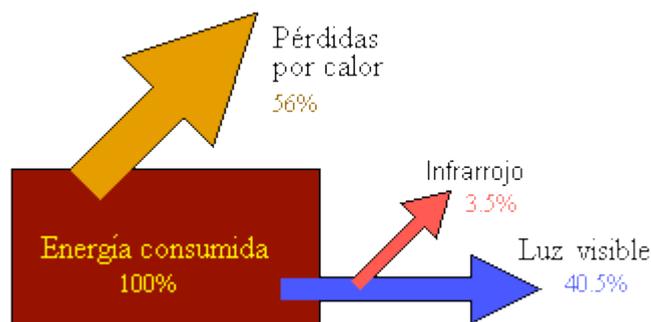
Lámparas de vapor de sodio a alta presión

Las lámparas de vapor de sodio a alta presión tienen una distribución espectral que abarca casi todo el espectro visible proporcionando una luz blanca dorada mucho más agradable que la proporcionada por las lámparas de baja presión.



Espectro de una lámpara de vapor de sodio a alta presión

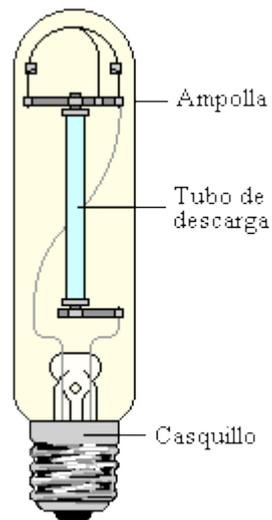
Las consecuencias de esto es que tienen un rendimiento en color ($T_{\text{color}} = 2100 \text{ K}$) y capacidad para reproducir los colores mucho mejores que la de las lámparas a baja presión ($\text{IRC} = 25$, aunque hay modelos de 65 y 80). No obstante, esto se consigue a base de sacrificar eficacia; aunque su valor que ronda los 130 lm/W sigue siendo un valor alto comparado con los de otros tipos de lámparas.



Balance energético de una lámpara de vapor de sodio a alta presión

La vida media de este tipo de lámparas ronda las 20000 horas y su vida útil entre 8000 y 12000 horas. Entre las causas que limitan la duración de la lámpara, además de mencionar la depreciación del flujo tenemos que hablar del fallo por fugas en el tubo de descarga y del incremento progresivo de la tensión de encendido necesaria hasta niveles que impiden su correcto funcionamiento.

Las condiciones de funcionamiento son muy exigentes debido a las altas temperaturas ($1000 \text{ }^{\circ}\text{C}$), la presión y las agresiones químicas producidas por el sodio que debe soportar el tubo de descarga. En su interior hay una mezcla de sodio, vapor de mercurio que actúa como amortiguador de la descarga y xenón que sirve para facilitar el arranque y reducir las pérdidas térmicas. El tubo está rodeado por una ampolla en la que se ha hecho el vacío. La tensión de encendido de estas lámparas es muy elevada y su tiempo de arranque es muy breve.



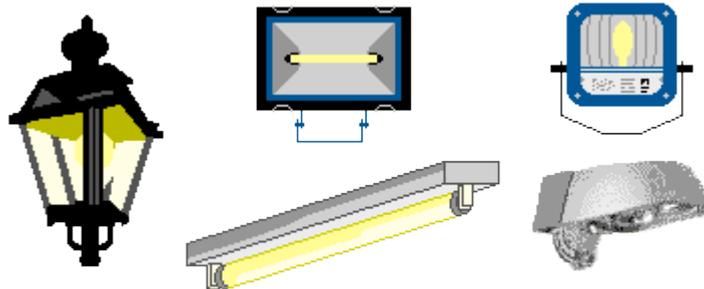
Lámpara de vapor de sodio a alta presión

Este tipo de lámparas tienen muchos usos posibles tanto en iluminación de interiores como de exteriores. Algunos ejemplos son en iluminación de naves industriales, alumbrado público o iluminación decorativa.

LUMINARIAS

Las luminarias son aparatos que sirven de soporte y conexión a la red eléctrica a las lámparas. Como esto no basta para que cumplan eficientemente su función, es necesario que cumplan una serie de características ópticas, mecánicas y eléctricas entre otras.

A nivel de óptica, la luminaria es responsable del control y la distribución de la luz emitida por la lámpara. Es importante, pues, que en el diseño de su sistema óptico se cuide la forma y distribución de la luz, el rendimiento del conjunto lámpara-luminaria y el deslumbramiento que pueda provocar en los usuarios. Otros requisitos que debe cumplir las luminarias es que sean de fácil instalación y mantenimiento. Para ello, los materiales empleados en su construcción han de ser los adecuados para resistir el ambiente en que deba trabajar la luminaria y mantener la temperatura de la lámpara dentro de los límites de funcionamiento. Todo esto sin perder de vista aspectos no menos importantes como la economía o la estética.



Ejemplos de luminarias

Clasificación

Las luminarias pueden clasificarse de muchas maneras aunque lo más común es utilizar criterios ópticos, mecánicos o eléctricos.

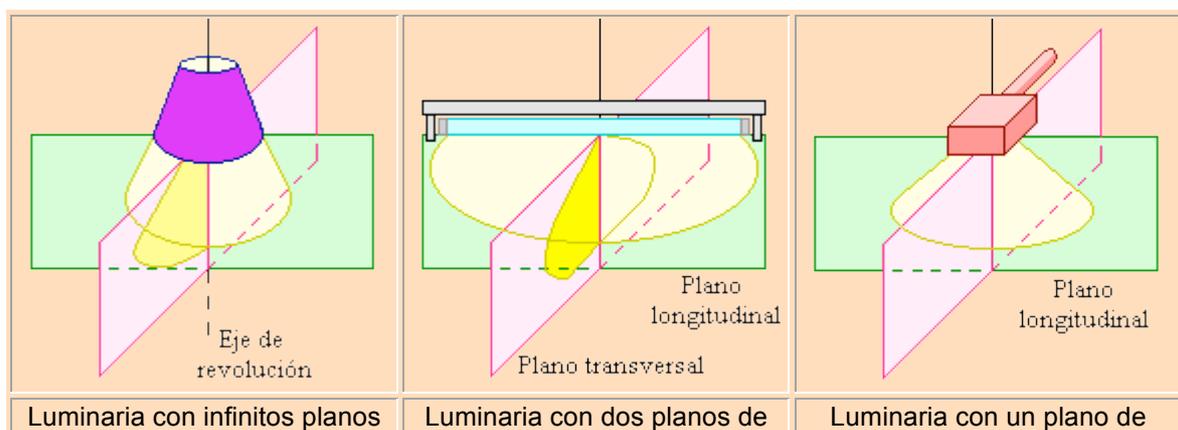
Clasificación según las características ópticas de la lámpara

Una primera manera de clasificar las luminarias es según el porcentaje del flujo luminoso emitido por encima y por debajo del plano horizontal que atraviesa la lámpara. Es decir, dependiendo de la cantidad de luz que ilumine hacia el techo o al suelo. Según esta clasificación se distinguen seis clases.

Directa	<p>0-10% 90-100%</p>	Semi-directa	<p>10-40% 60-90%</p>
General difusa	<p>40-60% 40-60%</p>	Directa-indirecta	<p>40-60% 40-60%</p>
Semi-directa	<p>60-90% 10-40%</p>	Indirecta	<p>90-100% 0-10%</p>

Clasificación CIE según la distribución de la luz

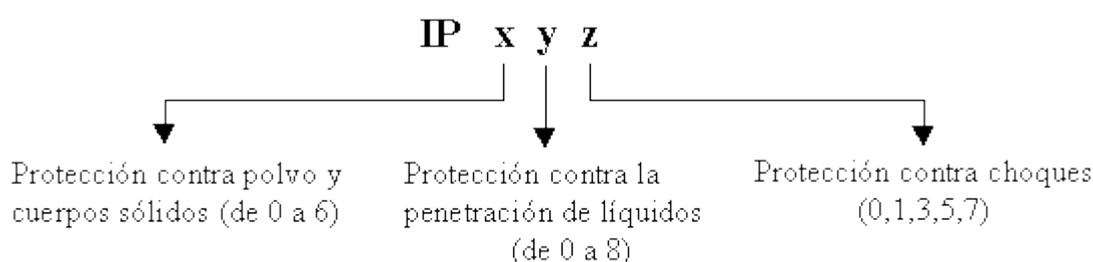
Otra clasificación posible es atendiendo al número de planos de simetría que tenga el sólido fotométrico. Así, podemos tener luminarias con simetría de revolución que tienen infinitos planos de simetría y por tanto nos basta con uno de ellos para conocer lo que pasa en el resto de planos (por ejemplo un proyector o una lámpara tipo globo), con dos planos de simetría (transversal y longitudinal) como los fluorescentes y con un plano de simetría (el longitudinal) como ocurre en las luminarias de alumbrado viario.



Para las luminarias destinadas al [alumbrado público](#) se utilizan otras clasificaciones.

Clasificación según las características mecánicas de la lámpara

Las luminarias se clasifican según el grado de protección contra el polvo, los líquidos y los golpes. En estas clasificaciones, según las normas nacionales (UNE 20324) e internacionales, las luminarias se designan por las letras **IP** seguidas de tres dígitos. El primer número va de 0 (sin protección) a 6 (máxima protección) e indica la protección contra la entrada de polvo y cuerpos sólidos en la luminaria. El segundo va de 0 a 8 e indica el grado de protección contra la penetración de líquidos. Por último, el tercero da el grado de resistencia a los choques.



Clasificación según las características eléctricas de la lámpara

Según el grado de protección eléctrica que ofrezcan las luminarias se dividen en cuatro clases (0, I, II, III).

Clase	Protección eléctrica
0	Aislamiento normal sin toma de tierra
I	Aislamiento normal y toma de tierra
II	Doble aislamiento sin toma de tierra.
III	Luminarias para conectar a circuitos de muy baja tensión, sin otros circuitos internos o externos que operen a otras tensiones distintas a la mencionada.

Otras clasificaciones

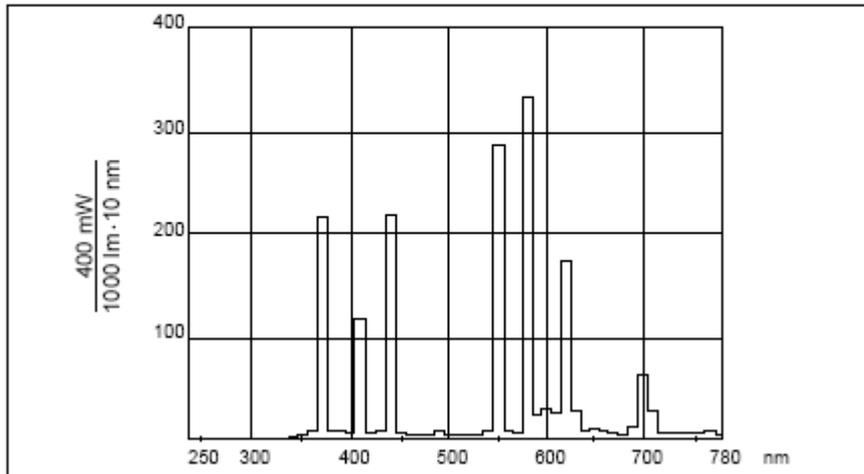
Otras clasificaciones posibles son según la aplicación a la que esté destinada la luminaria (alumbrado viario, alumbrado peatonal, proyección, industrial, comercial, oficinas, doméstico...) o según el tipo de lámparas empleado (para lámparas incandescentes o fluorescentes).

Distribuciones espectrales

Lámpara HQL Osram

HQL

DISTRIBUCION ESPECTRAL



DISTRIBUCIÓN ESPECTRAL

