



Escuela de  
Arquitectura  
e ingeniería  
de edificación

INSTALACIONES I

# Iluminación interior.



Fuente: [www.eroo.com](http://www.eroo.com)



Universidad  
Politécnica  
de Cartagena

Profesora: Gemma Vázquez Arenas

# Índice

	<u>Pág.</u>
<b>1. Introducción</b> .....	1
<b>2. Conceptos fundamentales de iluminación</b> .....	2
<b>3. Diseño</b> .....	10
3.1 La elección y tipos de luminarias .....	11
3.1.1 Lámparas incandescentes .....	11
3.1.2 Lámparas luminiscentes o de descarga .....	15
3.2 Elección de las luminarias .....	30
3.2.1 Deslumbramientos .....	31
3.2.2 Tipos de luminarias .....	37
3.3 Sistemas de alumbrado .....	42
3.4 Métodos de alumbrado .....	44
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	47

## INSTALACIONES DE ILUMINACIÓN INTERIOR

### 1. INTRODUCCIÓN

En el apartado de iluminación no existe ninguna norma básica específica, ni cualquier otra de semejante rango de obligatoriedad que esté promulgada en España. Si existen algunos aspectos parciales contemplados en dos instrucciones complementarias asociadas al **Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión**. Concretamente son las siguientes:

- ITC-BT 025 Instalaciones en Locales de Pública Concurrencia. En esta instrucción se prescriben un número mínimo de circuitos de alumbrado y los llamados alumbrados especiales. Temas que son meramente eléctricos y en ningún caso estrictamente lumínicos.
- ITC-BT 032 Receptores para Alumbrado. Como en el caso anterior y a pesar de una aparente vinculación general, sigue siendo estrictamente eléctrica. Ciertamente es que en esta ocasión su contenido sí puede atañer a los requisitos de diseño y fabricación de las luminarias en aspectos como: aislamiento de las partes activas, protección de portalámparas, conexión de sus posibles masas metálicas a tierra; con lámparas de descarga inclusión del condensador correspondiente para que el factor de potencia no sea menor de 0,85 y alguna otra consideración muy poco relevante.

**Normativas europeas UNE** que serán de gran influencia, las cuales marcarán los niveles de iluminación recomendados en los locales así como los valores de reproducción de color de lámparas y luminarias, por ejemplo UNE EN 12464-1.

Actualmente el **Código Técnico de la Edificación** en el apartado **HE-3**, nos especifica la eficiencia energética que deben de cumplir las instalaciones de iluminación, solo haciendo referencia a dicho aspecto.

Existe una norma específica con carácter estatal pero que no es de obligado cumplimiento, se trata de la **NTE-IEI** de alumbrado interior, cuyo contenido se dedica mayoritariamente a modelo de dimensionado utilizando incómodos ábacos que no facilitan la comprensión de los conceptos implicados, quedando además en muchos aspectos obsoleta.

También la **Ley de Prevención de Riesgos Laborales** hace mención a las condiciones de iluminación.

## 2. CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE ILUMINACIÓN

Antes de continuar con el diseño de las instalaciones de iluminación, vamos a definir una serie de conceptos que serán primordiales para poder en:

- ✓ Flujo Luminoso – Caudal de Radiación.
- ✓ Eficacia Luminosa – Consumo energético.
- ✓ Vida media / Vida útil.
- ✓ Índice de rendimiento del color – Fidelidad de reproducción.
- ✓ Temperatura del color – Sensación térmica.
- ✓ Intensidad luminosa.
- ✓ Iluminancia – Iluminación.
- ✓ Luminancia.

### • FLUJO LUMINOSO

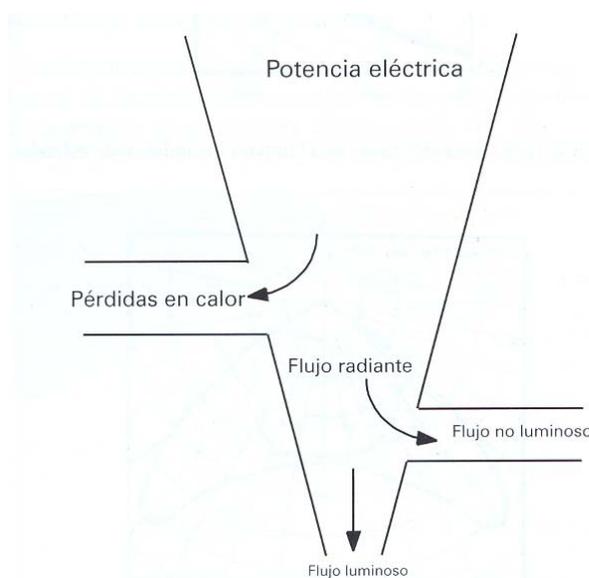
El concepto más primario y esencial del fenómeno físico que conocemos como luz artificial, es el flujo luminoso, cuya definición se refiere a la propia existencia de un caudal de radiación luminoso. Es como una unidad de "potencia luminosa" que se designa por la letra  $\Phi$  y que se mide en lúmenes (lm).

La gama de lámparas convencionales oscila entre los 90 y los 200.000 lm (Como ejemplo cercano digamos que la típica bombilla de 100 W emite 1.350 lm).

Tipo de lámpara	Flujo luminoso Lm
Bicicleta	18
Incandescente Standard de 100 W	1.380
Fluorescente 40 W (Blanco frío)	3.200
Mercurio a alta presión 400 W	23.000
Halogenuros metálicos 400 W	28.000
Sodio a alta presión Na 400 W	48.000
Sodio a baja presión Na 180 W	31.500
Magnesio AG 3	450.000

Flujo luminoso de algunas lámparas<sup>2</sup>

La energía transformada por un emisor de luz no se puede aprovechar totalmente para la producción de luz. Por ejemplo una lámpara incandescente consume una determinada energía eléctrica que transforma en energía radiante, de la cual solo una pequeña parte es percibida por el ojo humano en forma de luz, mientras que el resto se pierde en calor y en flujo no luminoso.



Transformación de la potencia eléctrica para la producción de luz en una lámpara incandescente<sup>2</sup>.

- EFICACIA O RENDIMIENTO LUMINOSO

De la relación del flujo emitido por una lámpara respecto de la potencia eléctrica necesaria para producirlo, se obtiene el concepto más trascendental en el apartado energético de la instalación: la eficacia luminosa. Se designa con la letra  $\eta$  y su unidad de medida es el lumen partido por vatio (**lm/W**). Cuanto más eficaz es una determinada fuente más radiación luminosa produce con menor aporte energético.

La diferencia de eficacia entre diferentes lámparas se concreta en la cantidad de energía consumida en radiaciones ultravioleta y sobre todo en infrarrojos, que acompañan a la radiación visible. Estas radiaciones no deseadas pueden influir decisiva y negativamente sobre el acondicionamiento higrotérmico de los locales, ya que pueden aportar bastante calor; ocasionalmente favorable en calefacción; muy

perjudicial en aire acondicionado; y en todo caso siempre difícil de controlar. Hoy día el abanico de eficacias se extiende entre los 10 lm/W y los 200 lm/W.

Tipo de lámpara	Potencia nominal W	Rendimiento luminoso Lm/W
Incandescente Standard 40 W/220 V	40	11
Fluorescente de 40 W (Blanco frío)	40	80
Mercurio a alta presión 400 W	400	58
Halogenuros metálicos 400 W	360	78
Sodio a alta presión Na 400 W	400	120
Sodio a baja presión Na 180 W	180	175

Rendimiento luminoso de algunas lámparas<sup>2</sup>.

- VIDA MEDIA o VIDA ÚTIL

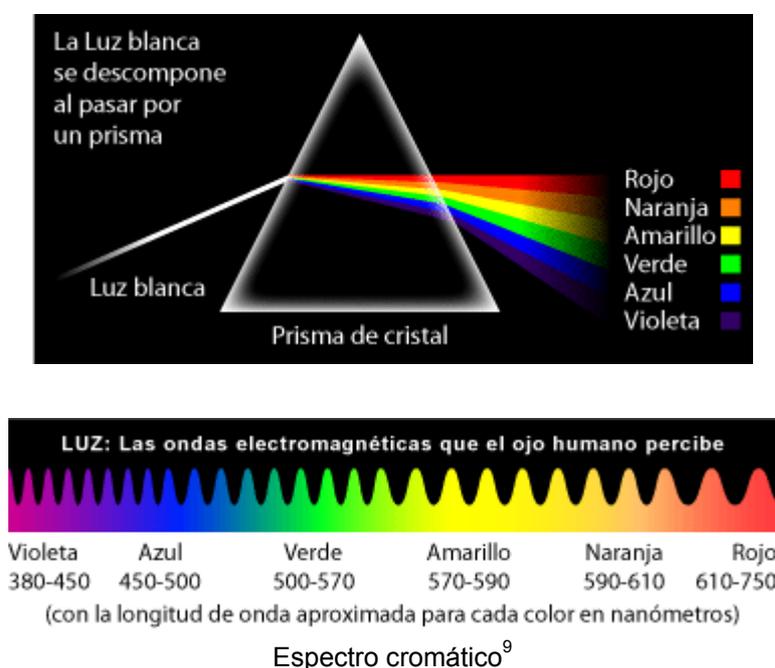
Existe otro concepto con repercusiones claramente económicas, que se conoce por **Vida Media** (VM) o **Vida Útil** (VU), según se trate de fuentes incandescentes o luminiscentes respectivamente. La vida media hace alusión al tiempo medio durante el cual el filamento de la lámpara se mantiene íntegro, tiempo durante el cual prácticamente no hay depreciación de flujo.

La vida útil va dirigida a lámparas en las que no existe ese filamento y en consecuencia no existe un deterioro brusco de radiación. En estos casos se produce una depreciación paulatina antes del envejecimiento total de la lámpara. Debido a este comportamiento se establece un período de tiempo de uso útil, como aquél durante el cual la depreciación no baje del 70% del flujo nominal. Por debajo de este valor la lámpara debe desecharse.

En ambos casos se miden en horas **h** y las nomenclaturas respectivas son **VM** y **VU**. Respecto a este concepto existe un amplio margen de valores: desde las lámparas incandescentes estándar, que duran 1.000 horas, hasta algunas luminiscencias espaciales que alcanzan las 60.000 horas de uso.

- **ÍNDICE DE RENDIMIENTO DE COLOR (IRC o Ra)**

El cuarto concepto se conoce como Índice de Rendimiento de Color (**IRC o Ra**), y se refiere a la fidelidad en la reproducción cromática de aquello que ilumina, es decir, a la mejor o peor discriminación de los colores que percibimos del objeto iluminado. Esta percepción depende directamente de la riqueza cromática de la fuente luminosa, o lo que es lo mismo, depende de que su espectro cromático sea completo como el de la luz natural o la incandescente, o incompleto como el de las lámparas de descarga.



El valor de medición es un **porcentaje %** adimensional, de modo que cualquier lámpara incandescente tiene el máximo IRC o Ra posible, esto es, un 100%, mientras que el resto de fuentes tendrán un valor siempre inferior, más bajo cuanto más distorsionada resulte la realidad cromática reproducida. A falta de normativa, se aconseja que cualquier local con permanencia continuada de personas, se ilumine con fuentes de un IRC mínimo del 70 % y como mínimo para cada puesto de trabajo del 80% (Según norma UNE 12464-1).

En la práctica los fabricantes suelen referenciar esos porcentajes con otra nomenclatura más o menos significativa. En la tabla que se adjunta se muestran dos de las denominaciones que aparecen en ciertos catálogos, aunque lo realmente importantes es el valor concreto del IRC.

Denominaciones comunes:		IRC asociado en %
Especial lujo	1	85 a 100
Lujo	2	70 a 85
Normal	3	< 70

- Tª DEL COLOR

El quinto concepto esencial que debemos exponer es la temperatura de color o **TC**, que no es otra cosa que el color resultante de una determinada fuente luminosa de tipo incandescente. Cuanto mayor es la temperatura real de su filamento menos cálido, o más frío, resulta ser el color de su luz, que es la resultante de su espectro cromático. Cuanto menor es su temperatura más rojiza es su radiación y más caliente es su sensación psicológica.

Sin embargo existe un amplio conjunto de fuentes luminosas que no son de tipo incandescente, y aunque su espectro cromático sea irregular, ello no es obstáculo para poseer un determinado color resultante. En estos casos se amplía el concepto con la definición de **Temperatura de Color Aparente**, es decir, que a una determinada lámpara se le asigna el valor de TC que más se asemeje a la correspondiente a una fuente incandescente.

Para todo tipo de lámparas la **TC** se mide en **grados Kelvin °K** y sus valores en las lámparas que se comercializan oscila entre los 2.500 y los 6.700 K. La elección de este dato es decisiva, no ya para lograr el efecto térmico deseado, sino para realzar una determinada gama de colores: una temperatura de color baja destaca los colores cálidos, y una alta los fríos.

En el ámbito comercial se han estereotipado en el ramo una serie de términos concretos para referirse a otras tantas temperaturas de color, según la siguiente relación:

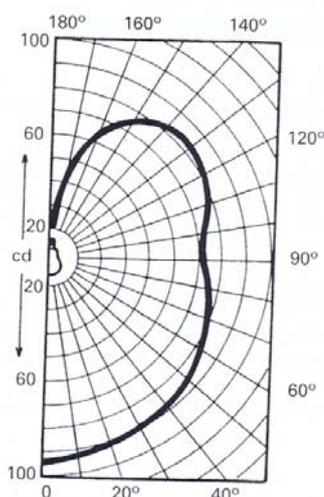
Denominación común:	Temperatura de color en °K
Cálido (Luz incandescente)	2.500 a 3.000
Blanco cálido	3.000 a 3.500
Blanco o blanco neutro	3.500 a 4.500
Blanco frío	4.500 a 5.000
Fría (Luz día)	5.000 a 6.500

A pesar de todo esto no basta para determinar que sensaciones producirá una instalación a los usuarios, ya que también el valor de la iluminancia, que veremos más adelante, determinará conjuntamente con la apariencia en color de las lámparas, el aspecto final del local, habitación, etc.

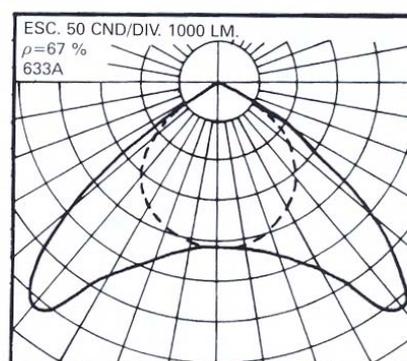
- INTENSIDAD LUMINOSA

Se representa por la letra **I**, siendo su unidad de medida la **candela (cd)**.

Las fuentes de luz utilizadas en la práctica tienen una superficie más o menos grande, cuya intensidad de radiación se ve afectada por la propia construcción de la fuente, y presentando diferentes valores en las distintas direcciones<sup>2,5</sup>.



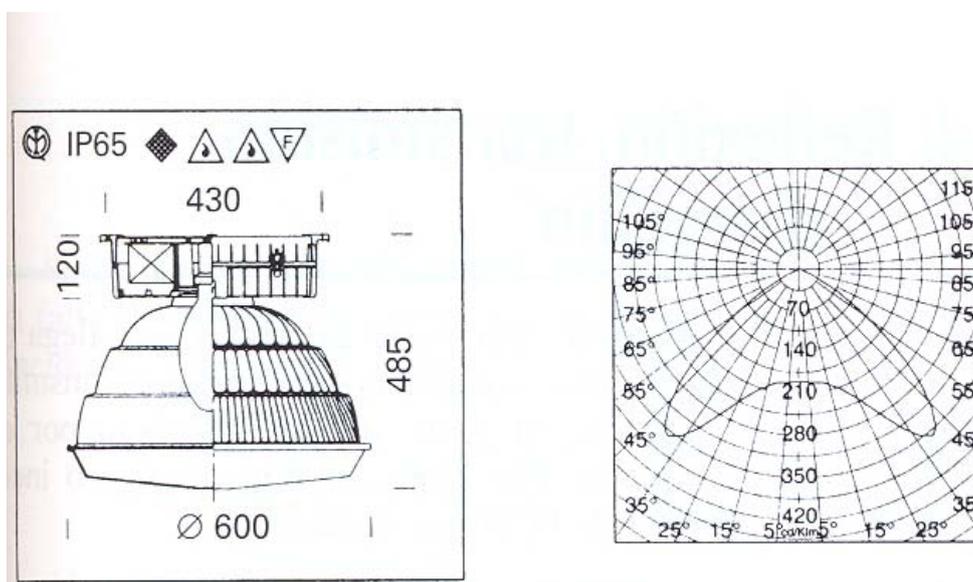
Curva fotométrica de una lámpara incandescente estándar<sup>2</sup>.



Curva fotométrica de una luminaria con lámpara incandescente<sup>2</sup>

Por tanto la forma más práctica y sencilla de definir la distribución luminosa de una lámpara o de un equipo de iluminación (lámpara + luminaria), consiste en representar dicha distribución mediante las curvas de distribución luminosa o fotométricas de intensidades.

Estas curvas no son otra cosa que la representación gráfica de las medidas de intensidades luminosas efectuadas según las distintas direcciones que parten del centro de la lámpara o de la luminaria.



Curva fotométrica de una lámpara de mercurio a alta presión con luminaria<sup>2</sup>.

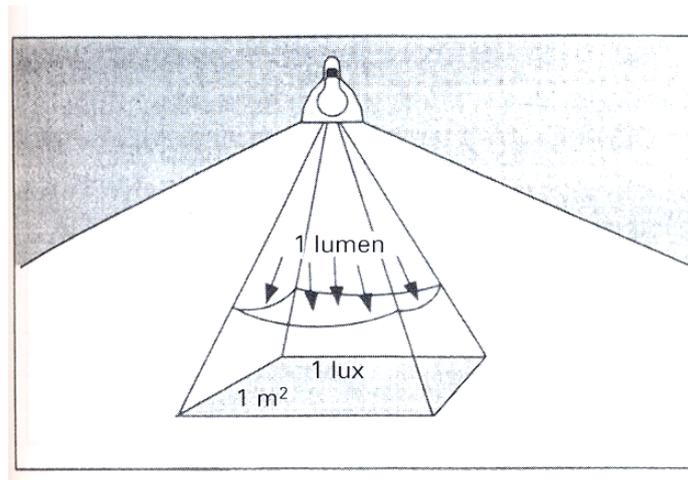
- ILUMINANCIA O ILUMINACIÓN

La Iluminancia o Iluminación mide la luz que llega a una determinada superficie. Se representa por la letra **E**, siendo su unidad el **lux**. La fórmula que expresa la iluminancia es:

$$E = \Phi/S \quad (\text{lux})$$

Siendo:

$\Phi$ = flujo luminoso  
S= superficie (m<sup>2</sup>)

Representación de la iluminancia<sup>1</sup>.

La iluminancia, como ya se indicaba anteriormente, es un dato importante para valorar el nivel de iluminación que existe en un puesto de trabajo, en una superficie de un recinto, en una calle, etc.

Mediodía de verano al aire libre, con cielo despejado	100.000 lux
Mediodía de verano al aire libre, con cielo cubierto	20.000 lux
Puesto de trabajo bien iluminado en un recinto interior	1.000 lux
Buen alumbrado público	20 a 40 lux
Noche de luna llena	0,25 lux
Noche de luna nueva (luz de las estrellas)	0,01 lux

Distintos valores aproximados de iluminancias<sup>2</sup>.

- LUMINANCIA

Es el que produce en el ojo la sensación de claridad, pues la luz no se hace visible hasta que es reflejada por los cuerpos. La mayor o menor claridad con que vemos los objetos igualmente iluminados depende de su luminancia.

La luminancia se expresa por la letra L, siendo su unidad la candela por metro cuadrado o nit ( $\text{cd}/\text{m}^2 = \text{nt}$ ), o mediante la candela por centímetro cuadrado ( $\text{cd}/\text{cm}^2$ ).

$$L = I / (S * \cos\alpha) \quad (\text{cd/ m}^2)$$

Siendo:

I = intensidad luminosa

S \* cos $\alpha$  = superficie aparente.

Sol	50.000 cd/cm <sup>2</sup>
Cielo despejado	0,3 a 0,5 cd/cm <sup>2</sup>
Cielo descubierto	0,03 a 0 ,1 cd/cm <sup>2</sup>
Luna	0,25 cd/cm <sup>2</sup>
Llama de una vela de cera	0,7 cd/cm <sup>2</sup>
Lámpara incandescente clara	100 a 200 cd/cm <sup>2</sup>
Lámpara incandescente mate	5 a 50 cd/cm <sup>2</sup>
Lámpara incandescente opal	1 a 5 cd/cm <sup>2</sup>
Lámpara fluorescente 40 W/20	0,75 cd/cm <sup>2</sup>
Lámpara de mercurio a alta presión 400 W	11 cd/ cm <sup>2</sup>
Lámpara de halogenuros metálicos 400 W	78 cd/cm <sup>2</sup>
Lámpara de sodio a alta presión Na 400 W	500 cd/cm <sup>2</sup>
Lámpara de sodio a baja presión Na 180 W	10 cd/cm <sup>2</sup>
Lámpara de xenón 2.500 W	72.000 cd/cm <sup>2</sup>
Lámpara Vacublitz AG-3B	50.000 cd/cm <sup>2</sup>
Lámpara de efluvios (Glimm)	0,02 a 0,05 cd/cm <sup>2</sup>
Papel blanco con iluminación de 1.000 lux	250 cd/cm <sup>2</sup>
Calzada de una calle bien iluminada	2 cd/cm <sup>2</sup>

Valores aproximados de luminancias.

### 3. DISEÑO

El diseño de una instalación de iluminación depende obviamente de sus dos elementos materiales imprescindibles, esto es:

- de las **lámparas**,
- y de las **luminarias**.

De las primeras dependerá lo que podríamos llamar calidad de la radiación luminosa, y de las segundas la calidad del ambiente luminoso conseguido.

### 3.1. LA ELECCIÓN Y TIPOS DE LÁMPARAS.

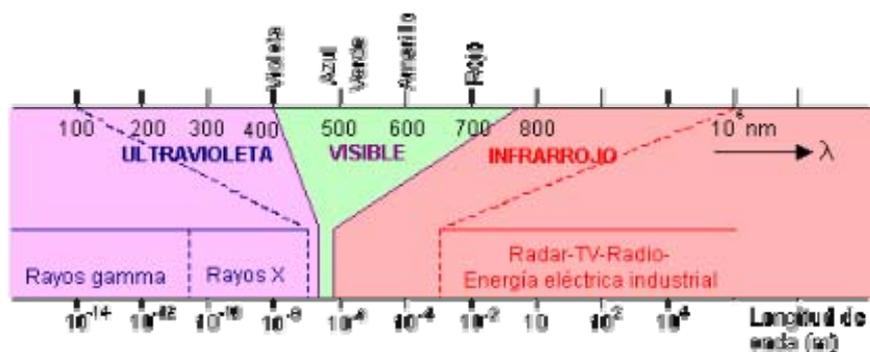
No existe un parámetro absoluto que nos defina la bondad de un tipo de lámparas, sino que la idoneidad es consecuencia del conjunto de factores que rodea la actividad que ha de iluminarse. Por este motivo es necesario poseer un buen conocimiento de los conceptos que hemos definido anteriormente.

Actualmente, en el mercado se encuentran numerosos tipos de fuentes luminosas, formas para generar luz por medio de electricidad, como solución a los diversos problemas de iluminación que se pueden plantear.

Indicaremos a continuación las más empleadas.

#### 3.1.1 – Lámparas incandescentes

Las lámparas incandescentes fueron la primera forma de generar luz a partir de la energía eléctrica. Desde que fueron 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 se alcanza una temperatura tan alta que emite radiaciones visibles por el ojo humano.



Espectro electromagnético<sup>3</sup>

En general el rendimiento de este tipo de lámparas son bajos, debido a que la mayor parte de la energía consumida se convierte en calor. Tan sólo el 10 por 100 de su producción de energía se transforma en luz (el resto se pierde en forma de calor).

Rendimiento de una lámpara incandescente<sup>3</sup>.

La gran ventaja que tiene estas lámparas es que la luz emitida contiene todas las longitudes de onda que forman la luz visible o dicho de otra forma, su espectro de emisiones es continuo, garantizando de esta forma una buena reproducción de los colores de los objetos iluminados.

### **A. Lámparas incandescentes no halógenas**

La emisión de luz se produce por un filamento metálico que se pone incandescente al paso de la corriente eléctrica. Ese filamento se fabrica actualmente con wolframio o tungsteno y se encuentra encerrado herméticamente dentro de un tubo de cristal o ampolla de vidrio en cuyo interior se ha introducido un gas inerte o directamente se realiza un vacío.

Partes de una bombilla incandescente<sup>3</sup>.

Los defectos más graves de las lámparas de incandescencia no halógenas corresponden al ennegrecimiento del filamento pudiendo llegar a provocar su rotura. La introducción de gas inerte tiene por fin paliar este inconveniente.

Uso: Para iluminación general y viviendas en particular.

## Principales ventajas:

- Se pueden utilizar tanto en corriente continua como alterna.
- Se fabrican para cualquier tensión.
- Buena reproducción cromática.
- No necesita accesorios para su conexión.
- Posibilidad de utilizar reguladores electrónicos de intensidad luminosa que a su vez pueden actuar como interruptores o conmutadores (constituye una fácil posibilidad de crear diferentes ambientes dentro de una misma habitación).

## Desventajas:

- Vida media corta (de 500 a 1.000 horas con una fuerte depreciación del flujo luminoso en las horas de servicio). Aunque puede mejorarse con el gas inerte en su interior.
- Gran dependencia de la emisión luminosa y de la vida de la lámpara con las variaciones de tensión de la red.
- Baja eficiencia: 7.5 – 20 lm/W

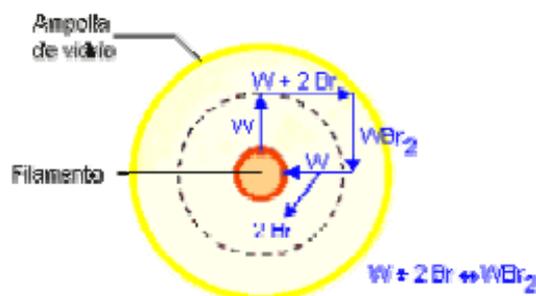
	Lámparas con gas	Lámparas de vacío
<b>Temperatura del filamento</b>	2500°C	2100°C
<b>Eficacia luminosa de la lámpara</b>	10-20 lm/W	7.5 – 11 lm/W
<b>Duración</b>	1000 horas	1000 horas
<b>Pérdidas de calor</b>	Convección y radiación	Radiación

**B. Lámparas incandescentes halógenas.**

Lámparas incandescentes halógenas o lámparas de halógenos, también denominadas de "**cuarzo-yodo**". Su mayor ventaja constituye la posibilidad de lograr un nivel luminoso elevado mediante lámparas de pequeñas dimensiones.

Su funcionamiento básico es el mismo de las incandescentes, si bien se caracterizan por una adición de compuesto gaseoso halogenado (yodo, cloro, bromo) en la lámpara produciendo un ciclo químico de regeneración del filamento de forma

que se impide el ennegrecimiento de la lámpara, alargándose de modo considerable su vida media y manteniéndose constantemente el flujo luminoso de la lámpara.

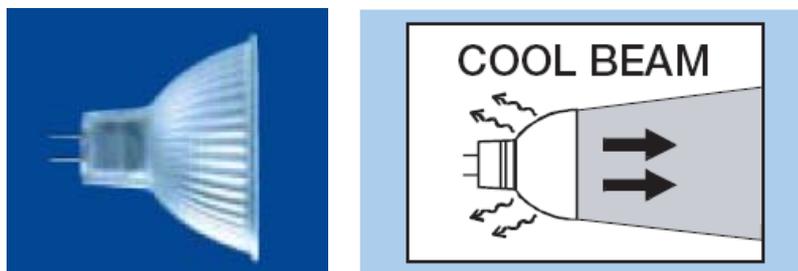


Ciclo del halógeno<sup>3</sup>

Para fijar la estabilidad del halogenuro originado por la reacción del yodo y el wolframio se precisa una temperatura de la ampolla de unos 600°C por lo cual dicha ampolla se construye de menor tamaño y de cuarzo (que no corre el riesgo de estallar), lo que permite dicha elevación de temperatura una luminosidad y una temperatura de color muy adaptada a la decoración e iluminación de interiores.

- Uso:
  - iluminación de grandes espacios interiores (o exteriores) ya que reaviva los colores donde se disponen realzando la decoración circundante.
- Ventajas:
  - Presentan niveles luminosos muy elevados, siendo lámparas muy pequeñas., adaptables a cualquier uso.
  - Se puede elevar la temperatura de funcionamiento del filamento, con lo que se mejora su rendimiento respecto a las lámparas incandescentes convencionales, de hasta 20 ó 24 lúmenes/vatio.
  - Se mantiene la vida media en valores razonables (sobre las 2.000 horas),
  - El mantenimiento del flujo luminoso es casi del 100 por 100, dado que la bombilla no se ennegrece.
  - Estas lámparas permiten un control exacto del "haz luminoso".

- Inconvenientes:
  - Su mayor inconveniente por su condición de incandescente, es la dependencia de funcionamiento de la lámpara con las variaciones de tensión.
  - En espacios reducidos produce con rapidez un efecto de unificación de los colores.
  - Producción excesiva de calor. Aunque el uso de reflectores dicroicos capaces de reflejar selectivamente longitudes de ondas específicas en la región visible del espectro y transmitir en sentido opuesto las longitudes de onda no deseadas de la región infrarroja, disminuye de modo notable los efectos producidos por el calor que desprenden las lámparas, el efecto nunca es completo y en la exposición de alimentos o tejidos siguen existiendo radiaciones indeseables de calor.



Lámpara halógena con reflector dicroico<sup>5</sup>

- Si se utilizar reguladores pueden afectar a su funcionamiento, ya que si la reducción es grande la temperatura de la bombilla de cuarzo resulta insuficiente para el ciclo halógeno y se produce el ennegrecimiento de la bombilla de cuarzo. Por ello se recomienda la utilización de transformadores electromagnéticos, los cuales también palian los efectos de los cambios de tensión en la red.

### 3.2.2 – Lámparas luminiscentes o de descarga.

Las lámparas de descarga se pueden clasificar según el gas utilizado (vapor de mercurio o de sodio) o de la presión a la que se encuentre este (alta o baja presión).

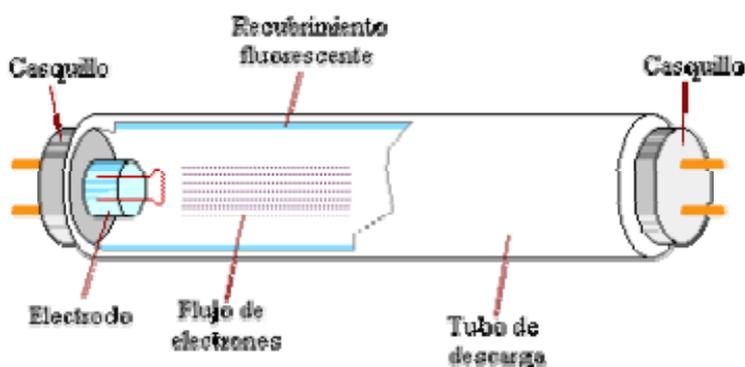
Las propiedades varían mucho de unas a otras y estas las hace adecuadas para unos usos u otros.

## A. Lámparas de Vapor de Mercurio.

### A.1) Baja Presión.

#### I) FLUORESCENTES

Es una lámpara de descarga eléctrica, que consiste en un tubo o bulbo tubular de forma lineal que tiene en sus extremos los electrodos y en el interior vapor de mercurio a baja presión (0.8 Pa), que sirve para que pueda "saltar" el arco eléctrico.



Lámpara fluorescente<sup>3</sup>.

Su funcionamiento se basa en una descarga eléctrica, como ya se ha indicado anteriormente, en la cual se utiliza la emisión ultravioleta de los átomos de mercurio, pero para que sean útiles estas emisiones, es decir, para generar luz visible, es necesario recubrir de material fluorescente el interior del tubo de vidrio.

Llevan una cierta cantidad de gas argón o kriptón, con objeto de facilitar el arranque, ya que al inicio de la descarga el mercurio se encuentra frío y su presión es muy baja. Iniciado el arco a través del argón, aumenta la temperatura y presión del mercurio, estabilizándose el arco a través de él.

Dispone de una reactancia, que es el dispositivo necesario para el funcionamiento de la lámpara, ya que se dispone entre la red de alimentación y una o varias lámparas para limitar la corriente de la misma al valor requerido; y un cebador es un dispositivo destinado al encendido de las mismas, el cual calienta primero los electrones antes de

proceder a la descarga, aunque existen casas comerciales que ya no lo incorporan y se dispone de un encendido rápido.

La característica fundamental de estas lámparas reside en la composición de los polvos fluorescentes, pues de ellos depende su tonalidad, en la actualidad se usan dos tipos de polvos; los que producen un espectro continuo, por ejemplo revestimientos de fósforo, y los trifósforos que emiten un espectro en las tres bandas con los colores primarios. De la combinación de estos tres colores se obtiene una luz blanca que ofrece un buen rendimiento de color sin penalizar la eficiencia de la lámpara como ocurre en el caso del espectro continuo.

- Los revestimientos en los que predominan los componentes verde y azul producen un blanco azulado de alta temperatura de color correlacionada, denominándose lámparas de Luz-Día, proporcionan asimismo un aspecto limpio y frío como el que se requiere para locales de exposición de, por ejemplo, automóviles, ordenadores, aparatos electrodomésticos, etc., así como para adaptarse a la iluminación natural.
- Cuando los predominantes son los componentes de amarillo-rojo, se obtiene una lámpara de luz Blanca-Cálida, resultan muy adecuadas para dar una atmósfera adecuada a los lugares de recepción y entrada en hoteles, edificios sanitarios, etc.
- Con una mezcla equilibrada una de tipo "blanco neutro o blanco frío", garantiza un ambiente dinámico y de trabajo intelectual en escuelas y locales administrativos.

Las lámparas de tonalidad de color denominada normal, de cierta frialdad, comparativamente hablando, respecto a las incandescentes, se debe a que el mercurio no emite casi energía en el extremo rojo del espectro, por lo que su rendimiento cromático es deficiente, pero su rendimiento lumínico es, por contra, elevado.

La eficacia de estas lámparas depende de muchos factores como: potencia de la lámpara, tipo y presión del gas de relleno, propiedades de la sustancia fluorescente que rellena el tubo e incluso la temperatura ambiente<sup>3,8</sup>. Esta última es importante

porque determina la presión del gas y por tanto del flujo de la lámpara. La eficacia oscila entre 38 – 91 lm/W, dependiendo de las características de cada lámpara.



Balance energético de una lámpara fluorescente<sup>3</sup>.

- Ventajas:
  - A igual consumo permiten cinco veces más luz que las incandescentes.
  - Tienen una duración de vida media muy superior (6.000 a 7.500 horas en vez de 1.000).
  - Además producen muy débil calentamiento haciendo asequible una amplia variedad de color en la iluminación, lo que incluye también una aproximación cromático, cercana a luz del día.
  - Por otra parte, su luz es difusa, lo que asegura una gran comodidad visual y ausencia de sombras.
  - La utilización de las modernas reactancias electrónicas no presenta más que ventajas bajo el aspecto del confort visual ya que es la única solución, por el momento, a la aparición del efecto estroboscópica así como a un servicio sin parpadeos.
- Inconvenientes:
  - Sin embargo, son de una cierta fragilidad (que desaparece si la calidad del tubo es apropiada, no debiéndose "economizar" en este aspecto, pues esta economía resulta muy cara a la larga) y de precio más elevado que las incandescentes en la primera instalación.
  - Asimismo, originan en el usuario cierto parpadeo por la corriente alterna, originándose en el ojo una fatiga mayor que con luz incandescente.

- Si se realizan encendidos frecuentes esto provoca un aumento en el consumo eléctrico y disminuye el tiempo de vida.
- Uso: Son especialmente indicadas para la iluminación de oficinas, salas de dibujo, laboratorios, escuelas, hospitales en general, industrias de pequeña altura y con un cierto control de la temperatura ambiente.

Destacar en la iluminación fluorescente que la instalación de interruptores eléctricos automáticos se desaconseja con este tipo de iluminación cuyo diseño, al menos en los modelos tradicionales, no es compatible con encendidos frecuentes, (la repetición de las maniobras de encendido debido al pico de tensión necesario en esta operación aumenta notablemente el consumo eléctrico de las mismas, sin ventaja adicional alguna.)

## **A.2) Alta Presión.**

### I) Lámparas de Vapor de Mercurio de Alta Presión.

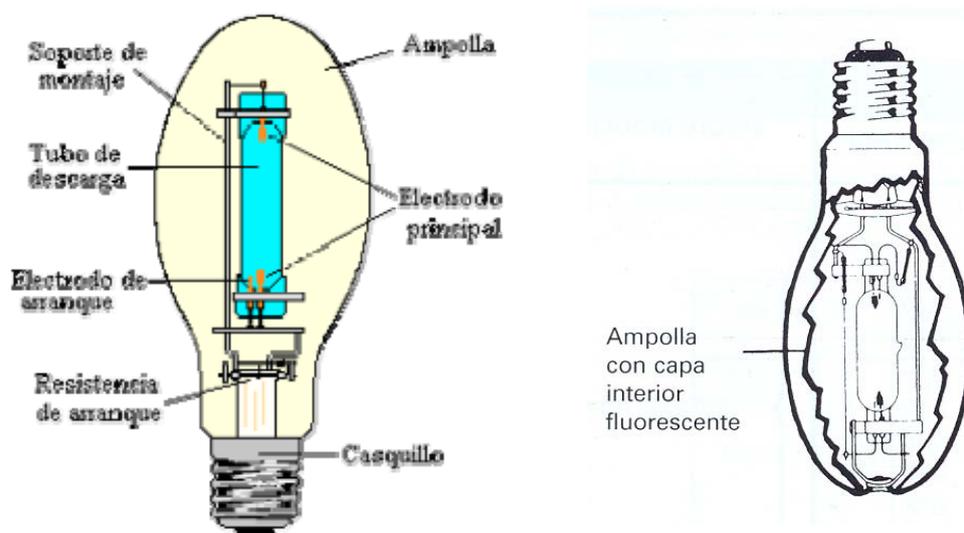
Este tipo de lámparas, son lámparas de descarga, semejantes a las fluorescentes, pero las presiones son superiores a 1 bar (de 2 a 4 bar en la mayoría de los casos, si bien las presiones pueden llegar a ser del orden de 100 bar en casos especiales).

Estas lámparas son, en cierto modo, las más universales entre las lámparas de descarga ya que combinan una excelente calidad de reproducción del color y un buen rendimiento.

Compuestas por:

- un casquillo de rosca tipo Goliat.
- un bulbo de vidrio revestido por dentro con polvo fluorescente que da color a la luz.

- un bulbo interior formado por un emisor de cuarzo que contiene mercurio a alta presión y cierta cantidad de argón.
- dos electrodos terminales colocados en los extremos opuestos de la lámpara.

Lámparas de Vapor de Mercurio a Alta Presión<sup>2,3</sup>

El bulbo de vidrio puede ser de forma tubular u ovoide y en general es de vidrio normal para pequeñas potencias y de vidrio duro para potencias elevadas. El mismo suele llevar, en ocasiones, un revestimiento fluorescente con objeto de mejorar el rendimiento de color.

Funcionamiento:

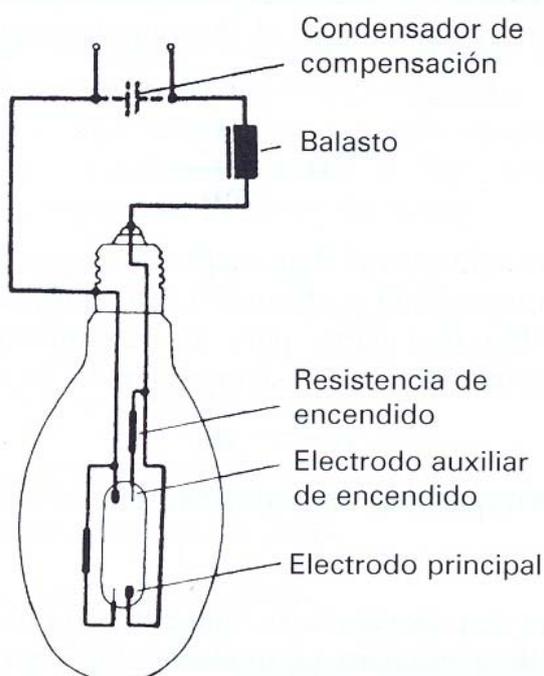
- Los dos electrodos finales, posibilitan el paso de la corriente eléctrica, existiendo entre ambos bulbos gas inerte (como norma, este gas suele ser nitrógeno-argón o nitrógeno-neón), cuya misión es similar al de las lámparas de incandescencia al evitar la oxidación de las partes metálicas.
- Los electrodos auxiliares sometidos a tensión motivan un arco a través del gas argón y, posteriormente, el calor desprendido en esta descarga vaporiza entre los electrodos principales a través del vapor de mercurio, resultando así que la tensión del arco requiere algún tiempo para estabilizarse antes de llegar a la tensión de régimen. De hecho, el reencendido no se puede producir hasta que

el tubo de descarga se haya enfriado lo suficiente en función del tipo de lámpara y temperatura ambiente.

Durante este período transitorio, que puede variar según la potencia de las lámparas entre 4 y 8 minutos, la corriente absorbida es doble de la de régimen (en general de 1,7 a 2 veces), lo que debe tenerse presente en el cálculo de la instalación.

Hay que advertir también que en caso de interrupción de alimentación eléctrica, el recebado no puede efectuarse sino al cabo de unos minutos, para lograr la condensación del mercurio, dato que es limitativo si los períodos de alumbrado son cortos.

Es necesario uso de accesorios para limitar la corriente mediante un condensador, reactancia o balastro, hecho que complica la luminaria. De no existir ese dispositivo limitador de corriente, circularía una corriente muy elevada que destruiría la lámpara.

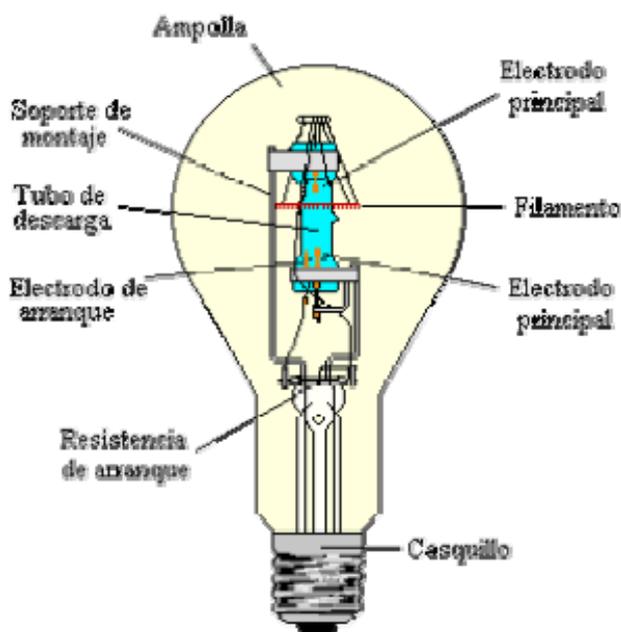


Esquema de conexionado de una lámpara de mercurio a alta presión<sup>2</sup>.

Existen unas luminarias derivadas de las anteriores que se consiguen por variaciones de algunos de sus elementos:

## II) Lámparas de Luz Mezcla

También denominadas de "luz mixta", ya que serán una combinación entre las lámparas de mercurio a alta presión y las incandescentes. Llevan dentro de su ampolla provista del correspondiente revestimiento interno fluorescente, y un filamento de wolframio similar al de una lámpara incandescente rodeando el tubo de descarga de vapor de mercurio.

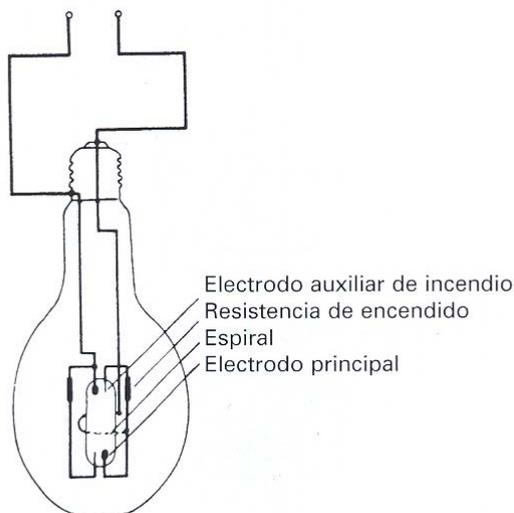


Lámpara de luz mezcla<sup>3</sup>.

Las lámparas de luz mezcla tienen, por tanto, una eficacia algo superior a las de incandescencia de igual potencia, pero su duración es mucho mayor. Sin embargo, al igual que las lámparas de mercurio de alta presión, pasan por un período de calentamiento de algunos minutos antes de alcanzar sus características de régimen.

Estas lámparas, sin embargo, se ven muy afectadas por las variaciones de la tensión de la red su rendimiento es bajo (entre 20 y 23 lúmenes/vatio), poseen un rendimiento cromático muy superior a las anteriores, siendo de cromaticidad similar a la luz del día<sup>3,8</sup>.

No existe reactancia y se conectan directamente a la red eléctrica.

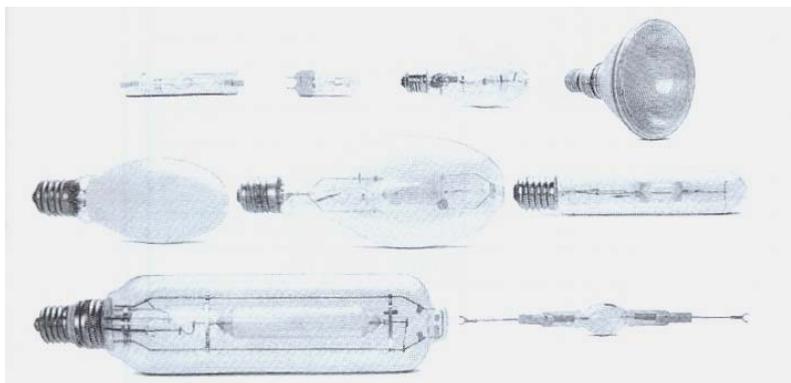
Esquema de conexión de una lámpara de luz mezcla<sup>2</sup>

USO:

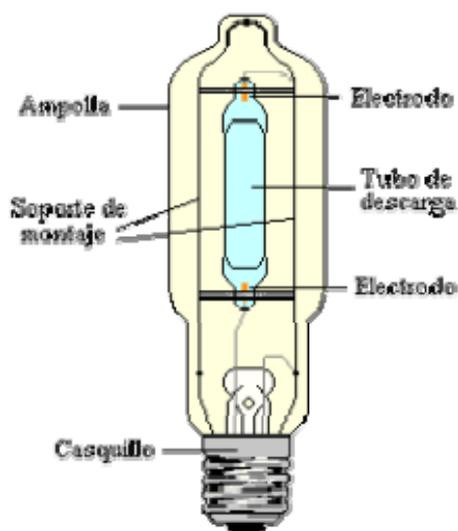
- Sustituir a las lámparas incandescentes tanto en alumbrado de interiores como de exteriores producen una luz blanca muy agradable (por la combinación de la radiación de mercurio, radiación del fósforo y radiación incandescente).

### III) Lámparas de Halogenuros Metálicos

Es otra variedad de las lámparas de vapor de mercurio, pero con la adición de halogenuros o yoduros metálicos en el tubo de descarga. La adición de elementos metálicos en forma de halogenuros también modifica favorablemente el flujo luminoso emitido y su composición espectral.

Distintos modelos de lámparas de halogenuros metálicos<sup>2</sup>.

A diferencia de las de luz mezcla y de las convencionales o de color corregido, la mejora se consigue sin necesidad de utilizar recubrimientos fosfóricos en el bulbo exterior, sino con la adición de halogenuros, en especial yoduros metálicos (sodio, talio, indio, etc.) al mercurio, del tubo de descarga, permite obtener asimismo una amplia tipología de flujos de luz.



Lámparas de halogenuros metálicos<sup>3</sup>.

Pese a esta gran variedad son lámparas de descarga y, por tanto, necesita una reactancia que limite el paso de la corriente para que ésta no la destruya rendimiento luminoso y en color es superior a las dos anteriores, con una agradable tonalidad blanca azulado.

Uso:

- Cuando se requiera un elevado nivel de iluminación y una buena reproducción en colores como en proyectores y alumbrado deportivo o aquellos casos en que un alto rendimiento de color sea prioritario.
- Su estabilidad de funcionamiento es menor que las de mercurio a alta presión y son más sensibles a las variaciones de tensión de la red.

El período de calentamiento hasta la estabilización de las características luminotécnicas puede llegar a ser de cerca de 10 minutos, (circunstancia que debe tenerse en consideración en el caso de tener que realizar maniobras de encendido y apagado frecuentes).

## B. Lámparas de Vapor de Sodio

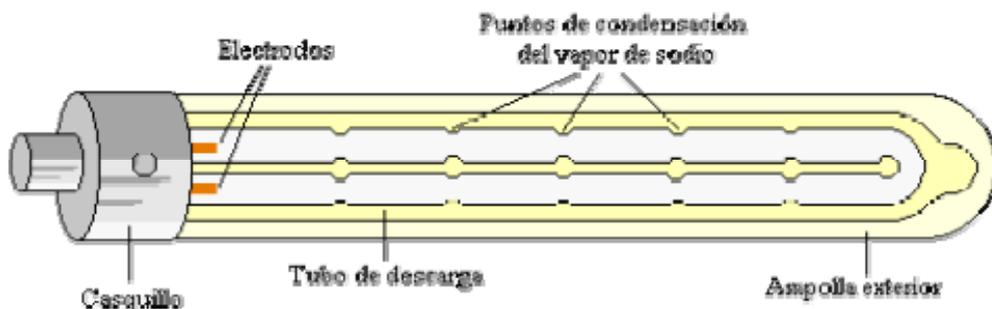
### B.1) Lámparas de Sodio a Baja Presión.

Son lámparas de descarga. Su mayor ventaja es que constituye la fuente luminosa de mayor rendimiento (hasta 180 lm/W) de todas las que se comercializan debido a su amplia emisión en las radiaciones correspondientes al amarillo que, como hemos visto, coincide con la máxima sensibilidad espectral del ojo.



Balance energético de las lámparas de sodio de baja presión<sup>3</sup>.

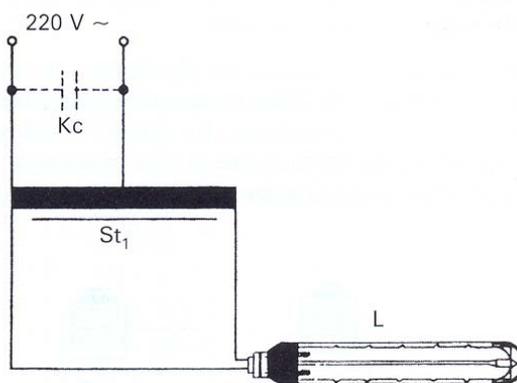
Este tipo de lámparas consta de dos ampollas tubulares de vidrio, de las cuales una, la interior, es la lámpara propiamente dicha, mientras que la exterior es de protección, haciéndose el vacío en el espacio comprendido entre las dos. La interior consiste en un tubo de descarga construido en forma de U con electrodos en sus extremos relleno de gas neón a baja presión y cierta cantidad de sodio puro, lo que origina su denominación.



Lámparas de vapor de sodio a baja presión<sup>3</sup>

Al conectar la lámpara a la red y aplicar la tensión, se produce una descarga a través del neón. El calor producido por esta descarga vaporiza el sodio lentamente, de tal modo que al cabo de 8 ó 10 minutos se estabiliza, desprendiéndose una luz

monocromática amarilla de una longitud de onda de 589 mm. La tensión de encendido de la lámpara es de 480 y 660 V, según los tipos y como la tensión de ser suele ser de 230V se necesita un auto transformador para elevar la tensión de red.



Esquema de conexión de una lámpara de vapor de sodio de baja presión<sup>2</sup>.

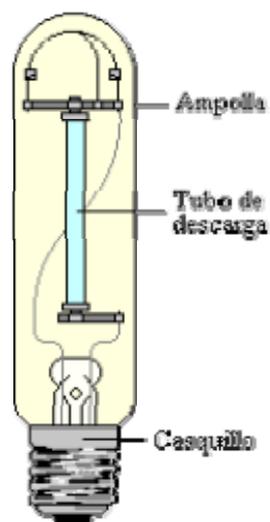
Ofrecen, además, una gran seguridad de funcionamiento con el mínimo coste de inversión debido a su característica monocromática, su aplicación en interiores es muy limitada, ya que la reproducción de los colores y el rendimiento del color sean muy malos, siendo difícil distinguir los colores de los objetos.

Un segundo grupo de lámparas de este tipo son las de tubo de descarga rectilíneo de sección no circular, pero son muy poco usadas.

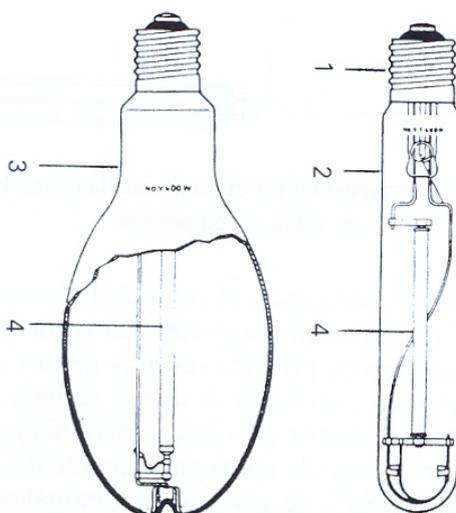
## B.2) Lámparas de Sodio a Alta Presión.

Este tipo soslaya el mayor inconveniente de las de baja presión que consiste, como hemos dicho en su luz monocromática inapropiado para muchos usos.

Mediante un aumento de la presión de vapor de sodio en una lámpara análoga a la anterior se consigue un ensanchamiento en la banda de frecuencias de la emisión luminosa la cual, aunque rica en tonalidades rojo-amarillentas, posee una superior reproducción cromática que las anteriores. La descarga en alta presión además de producir una distribución espectral de potencia ancha permite obtenerla con un tubo de descarga mucho más pequeño.

Lámpara de vapor de sodio a alta presión<sup>3</sup>.

Dentro del tubo de descarga hay sodio, mercurio y xenón o argón a alta presión. La ampolla exterior en la que se ha hecho el vacío para reducir las pérdidas de calor es de forma elipsoidal o tubular conformada con cristal duro. Sirve de protección térmica al tubo de descarga; la versión elipsoidal es una lámpara de uso general destinada a luminarias con sistemas ópticos convencionales resultando muy usada en iluminación comercial e industrial, mientras que la tubular debida a su configuración se presta a un control más exacto, utilizándose por ello, en general, como proyector en instalaciones industriales y comerciales de naves altas.

Lámpara de vapor de sodio de alta presión elipsoidal y tubular<sup>2</sup>.

Al igual que las restantes lámparas de este tipo necesitan utilizar reactancia, arrancador o cebador y condensador como aparato auxiliar para el encendido, pues deben producirse ráfagas cortas de voltaje entre los 2.000 y 4.000 voltios.

Las lámparas de vapor de sodio a alta presión producen emisiones de luz aceptables a los dos minutos de arranque, y se llega al 80% del total alrededor de los tres minutos. El 100 % del flujo se consigue a los cuatro minutos como máximo, siendo su tiempo de reencendido, si la lámpara se ha apagado, de un minuto aproximadamente.

Su concepto y funcionamiento mejoran muchos condicionantes de las anteriores, razón por la cual su uso se ha extendido mucho. Su rendimiento luminoso no es tan elevado como las lámparas de sodio de baja presión, oscilando entre 100 Y 135 lúmenes/vatio, resultando sensiblemente mayor que las demás lámparas de descarga, con buen rendimiento de color. A una temperatura máxima de 2.100° K se produce una luz blanca de tonalidad algo dorada, muy agradable.



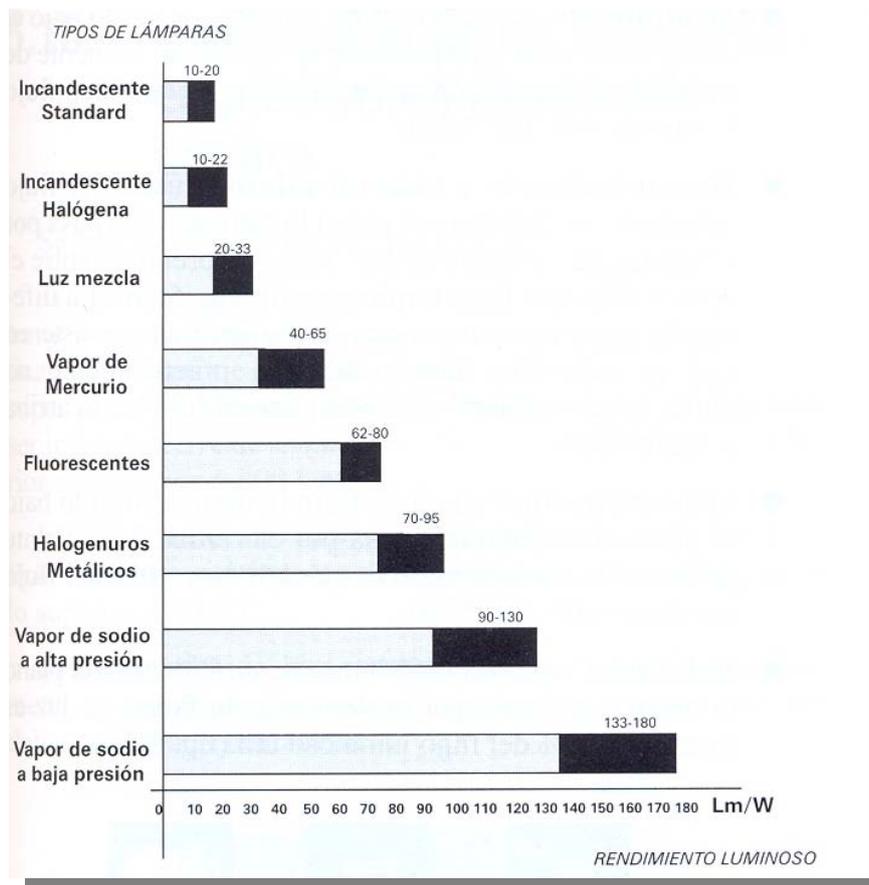
Balance energético de laslámparas de vapor de sodio de alta presión<sup>3</sup>.

Uso:

- Instalaciones industriales y de tipo comercial, siempre que la altura del techo sea como mínimo de 3,50 m.
- Al ser fuentes luminosas bastante concretas, es posible conformar haces luminosos muy controlados, obteniendo para las necesarias iluminancias en el plano horizontal del suelo valores superiores a las restantes luminarias en el plano vertical, con ahorros considerables de la potencia eléctrica instalada.

- La mejora de la eficacia visual es seguramente la característica más destacada de esta familia de luminarias destinadas a una utilización creciente.

Realizando un cuadro resumen de todas las lámparas que hemos visto en función del rendimiento luminoso, observamos que las que peor rendimiento obtienen son las incandescentes estándar, como era de esperar, mientras que las de vapor de sodio a baja presión son las que mejor rendimiento obtiene, pero no se pueden utilizar para interior.



Cuadro resumen del rendimiento luminoso de las lámparas de incandescencia y de descarga<sup>2</sup>.

TIPO DE LÁMPARA	FORMA	POTENCIA (W)	PORTA-LÁMPARAS	FLUJO LUMINOSO Lm	POSICIÓN FUNCIONAMIENTO	EQUIPO ELÉCTRICO
MEZCLA (Luz mezcla)		160	E-27	3.100	Vertical $\pm 30^\circ$	No precisa
		250 500	E-40	5.600 14.000	Cualquiera	
V.M. (Vapor Mercurio)		50 80 125	E-27	1.800 3.800 6.300	Cualquiera	Reactancia
		250 500	E-40	13.000 22.000		
H.M. (Halogenuros Metálicos)		70 150	R 7s	5.000 11.000	Horizontal $\pm 45^\circ$	Reactancia + Ignitor
		250 400	Fc 2	20.000 38.000		
		250 400	E-40	17.000 26.000	Cualquiera Consultar	
		250 400 1.000 2.000	E-40	19.000 28.000 80.000 170.000	Cualquiera Consultar Horizontal $\pm 60^\circ$	
V.S.A.P. (Vapor de Sodio Alta Presión)		70 150	R 7s	7.000 15.000	Horizontal $\pm 45^\circ$	Reactancia + Ignitor
		50 70	E-27	3.500 5.600		
		100 150 250 400 1.000	E-40	9.500 14.000 25.000 47.000 130.000		
						
V.S.B.P. (Vapor de Sodio Baja Presión)			18 35 55	BY 22d	1.800 4.800 8.000	Vertical abajo + $110^\circ$

Cuadro resumen de tipos de lámparas de descarga<sup>2</sup>.

### 3.2. LA ELECCIÓN DE LAS LUMINARIAS.

La calidad del ambiente luminoso, de la que son directamente responsables las luminarias, se puede entender como un conjunto de medidas encaminadas a conseguir la más adecuada distribución luminosa del espacio interior.

Sus objetivos más concretos se circunscriben a la especialización de los alumbrados según su cometido y la limitación del deslumbramiento tanto directo como reflejado.

Es sin duda la componente más creativa de todo el proceso, pues depende de decisiones que el proyectista ha de tomar más allá de las consideraciones económicas o simplemente funcionales para incidir sobre todo en aspectos de conformación y lectura espaciales.

### 3.2.1.- Deslumbramientos.

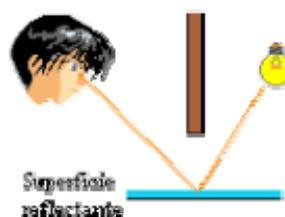
El deslumbramiento es una sensación molesta que es producida cuando la luminancia de un objeto es mucho mayor que la de aquello que la rodea. Esto ocurre cuando miramos directamente una lámpara incandescente o cuando vemos el reflejo del sol en el agua. Se dice que existe un deslumbramiento cuando el propio alumbrado impide o dificulta la correcta percepción del campo visual.

Existen dos formas de deslumbramiento, el **perturbador** y el **molesto**. El primero consiste en la aparición de una ceguera parcial que provoca una visión borrosa, sin nitidez y con poco contraste, que desaparece al paso de un poco tiempo de que cese su causa; un ejemplo puede ser cuando se sale de un túnel con el sol de frente. El segundo consiste en una sensación molesta provocada porque la luz que llega a nuestros ojos es demasiado intensa produciendo fatiga visual. Esta es la principal causa de deslumbramiento en interiores. Los efectos que produce sobre las personas son imprecisos, con manifestaciones de variada sintomatología, aunque siempre en contra del bienestar<sup>1-3</sup>.

Pueden producirse deslumbramientos de dos maneras. La primera es por observación directa de las fuentes de luz. Y la segunda es por observación indirecta o reflejada de las fuentes como ocurre cuando es reflejada en alguna superficie. Ambas están representadas en la figura a continuación<sup>3</sup>.



Deslumbramiento directo<sup>3</sup>



Deslumbramiento indirecto<sup>3</sup>

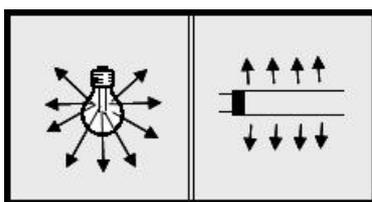
No debemos confundir la luminancia, que como hemos dicho es un concepto subjetivo de la visión, con la iluminancia que, por relacionar dos datos objetivos como el flujo y la superficie sobre la que incide.

## A) DESLUMBRAMIENTO DIRECTO.

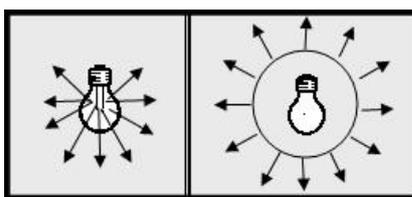
Empecemos por el deslumbramiento directo, que se produce cuando parte de la radiación luminosa que emite una luminaria o sus lámparas, incide directamente en el globo ocular del observador.

En la práctica habitual, es mucho más importante la aplicación eficaz de un conjunto de criterios, básicamente racionales, que cualquier supuesto cálculo exacto si es que pudiera llegarse a hacer de modo unívoco. Estos posibles criterios son los siguientes:

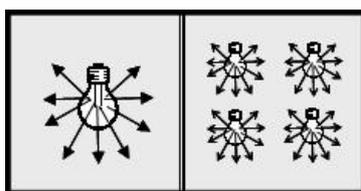
- Usar **lámparas difusoras** o **de menor luminancia**. Una lámpara incandescente estándar que produzca 1.400 lm es mucho más molesta de observar que un tubo fluorescente con los mismos lúmenes. En consecuencia si el emplazamiento de la lámpara está directamente dentro del campo visual habría que procurar utilizar formatos no puntuales, sean lineales o de tipo globo.



- Utilizar **luminarias con difusores** aumentando la superficie radiante, con el mismo flujo luminoso.

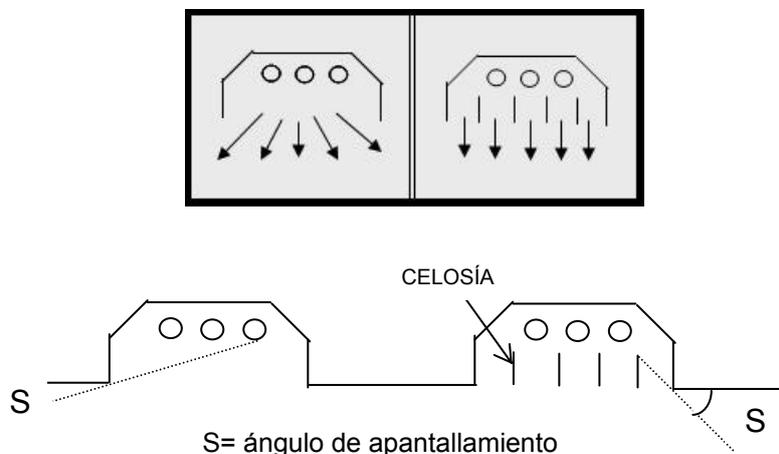


- Utilizar mayor número de **luminarias con menor luminancia**. Una cantidad determinada de flujo luminoso la podemos conseguir con pocas luminarias de gran luminancia, con el consiguiente deslumbramiento.

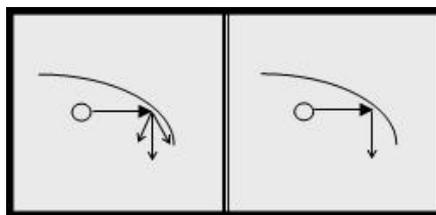


- Utilizar luminarias o proyectores provistos de celosías con **grandes ángulos de apantallamiento**. Esta característica está estrechamente relacionada con el ángulo del haz luminoso, es decir, con el diagrama fotométrico de la luminaria. Se puede impedir la radiación luminosa en una determinada dirección

añadiendo celosías a la luminaria de modo que, modificando su diagrama fotométrico, minimicen su efecto deslumbrante.



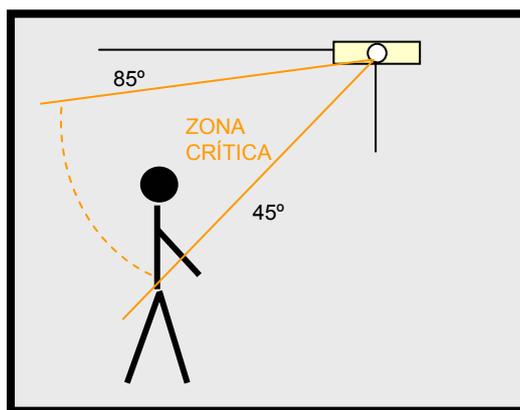
- Usar **reflectores y celosías especulares**. Por idónea que sea la pintura blanca de una luminaria, tenemos la experiencia de que siempre se producen radiaciones incontroladas por las inevitables reflexiones difusas que se producen. El mismo buen sistema óptico de la luminaria con acabados especulares conseguiría una limitación inmejorable de los deslumbramientos directos no deseados. En este caso la repercusión económica es bastante sensible.



#### ❖ DIAGRAMA DE SÖLLNER

Complementando los conceptos generales anteriores queremos tratar con cierto detalle el llamado **Método Europeo de Limitación del Deslumbramiento**. Este método se basa en el conocido Diagrama de Söllner, que cualquier fabricante que se precie debería acompañar con las características de cada una de sus luminarias. Hasta ahora se han dirigido fundamentalmente a alumbrados con pantallas fluorescentes, aunque puede utilizarse perfectamente con cualquier tipo de luminaria.

Estos diagramas muestran el posible deslumbramiento en la zona crítica, la cual está comprendida por un diedro, cuyos planos forman con la vertical de la luminaria los llamados ángulos críticos de  $45^\circ$  y  $85^\circ$  respectivamente.



Ángulos críticos de deslumbramiento

Es decir vamos a definir el ángulo ( $\gamma$ ), que pudiera provocar un deslumbramiento en una zona de trabajo o de estar, considerando el tipo de instalación que se vaya a realizar (tipos de lámparas y luminarias y forma de distribución)

El primer dato que el proyectista debe tener claro es el tipo de instalación que persigue. Para ello se establecen varias Clases de Calidad o Niveles de Exigencia, normalmente tres<sup>5</sup>:

- Clase A, o Nivel 1 para aquellas instalaciones de muy alta calidad.
- Clase B, o Nivel 2 para las que podríamos considerar de alta calidad.
- y, la Clase C, o Nivel 3 para las instalaciones normales.

Estos calificativos son exclusivamente conceptuales, y hay ocasiones en las que se amplía el rango con dos niveles más en sentido decreciente de exigencia.

Una vez decidido este primer argumento se entra en la primera columna de la tabla superior, con la Clase correspondiente, a la vez se define el segundo dato requerido: la iluminancia de cálculo prevista. Para este valor se dan las opciones más comunes expuestas en cuatro o cinco posibilidades<sup>1,5</sup>. Con ambos datos nos ubicamos en una celda determinada de la parte superior del diagrama, y descendemos en la tabla por la columna, hasta llegar a unas líneas quebradas que se introducen en el gráfico.

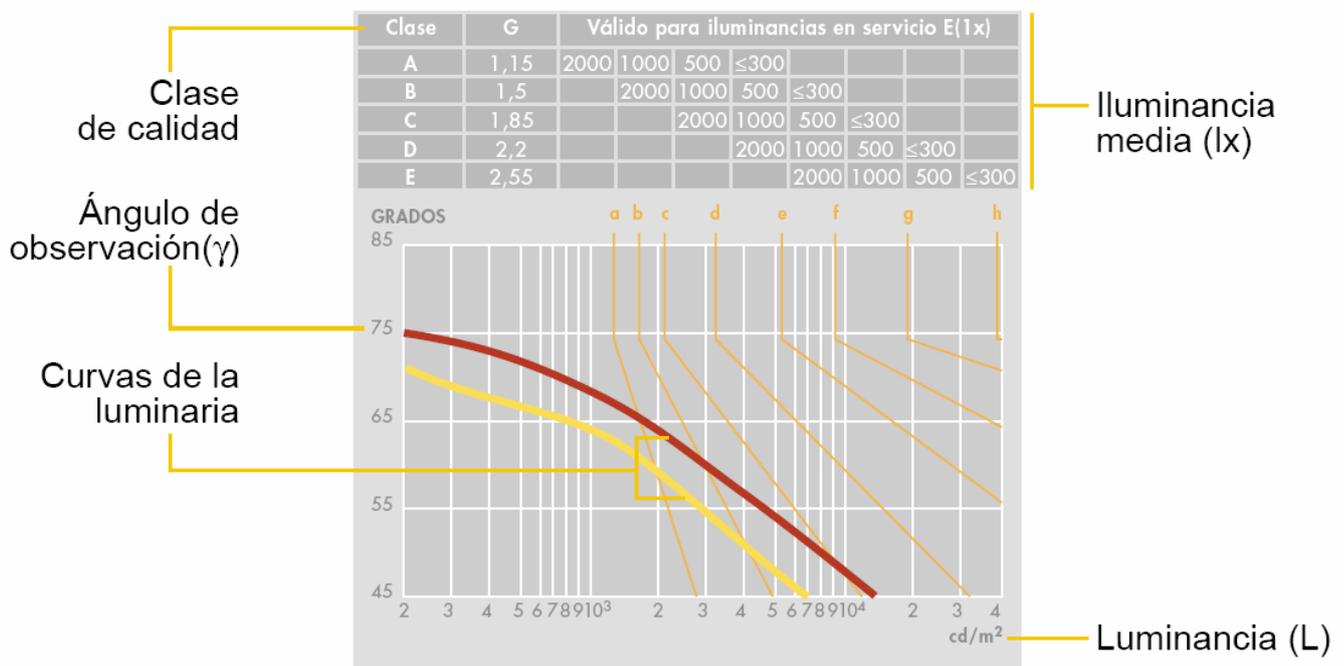
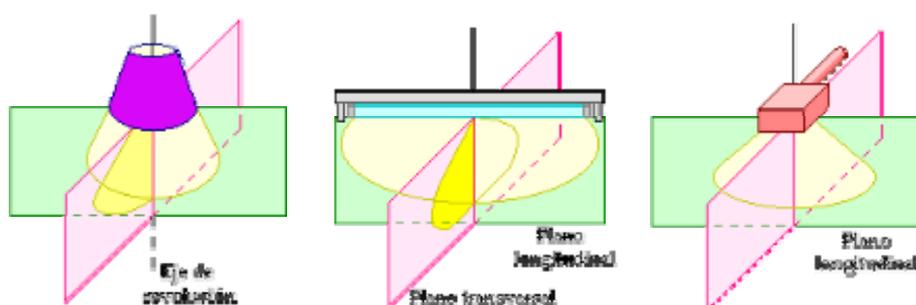


Diagrama de Söllner de una luminaria<sup>4</sup>.

En el diagrama están representada la curva característica de la luminaria en cuestión. Esta curva recorre aquellos puntos cuyas coordenadas representan la luminancia directa de una fuente luminosa (en abscisas) en cada una de las direcciones del espacio, según el ángulo de observación  $\gamma$  que forma con la vertical (en ordenadas).



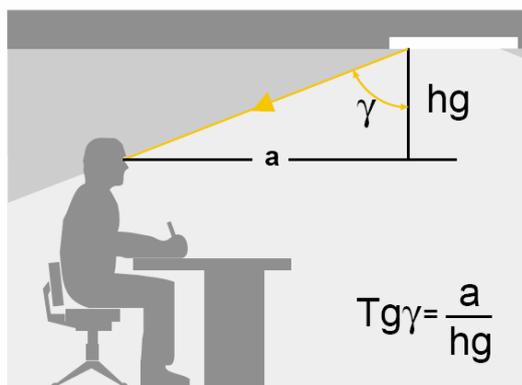
Proyección de luminarias en los planos longitudinal y transversal<sup>3</sup>.

La línea quebrada, que se ha definido antes no es otra cosa que la línea de referencia, que vendría a mostrar las combinaciones máximas del binomio luminancia-ángulo de observación. De modo que toda luminaria que presente una curva por

debajo de estas mediciones, lo que equivale a estar más cercana al origen de coordenadas, se debe considerar como aceptable a la Clase e Iluminancia previstas.

Cualquier tramo de intersección de la curva con la línea de referencia adoptada, indicaría la inconveniencia por deslumbramiento de esa luminaria en el ángulo  $\alpha$  que se forma con la vertical correspondiente a su emplazamiento.

Dicho ángulo puede definirse también mediante la relación de proporción entre las distancias horizontal y vertical que separan la fuente luminosa del observador, presentándose como  $a/hg$ .



Representación y relación del ángulo crítico<sup>4</sup>.

## B) DESLUMBRAMIENTO REFLEJADO

Las recomendaciones para evitar este tipo de deslumbramiento son fundamentalmente cinco, aunque tengan un fondo común, incluso con el deslumbramiento directo<sup>1,5</sup>:

- Utilizar en el plano de trabajo superficies de acabado mate y color apropiado a la tarea a realizar. Criterio que se puede hacer extensivo a cualquier paramento en el que se prevea una reflexión en la dirección de la vista.
- La utilización de fuentes de luz no puntuales coopera a disminuir estos malestares.

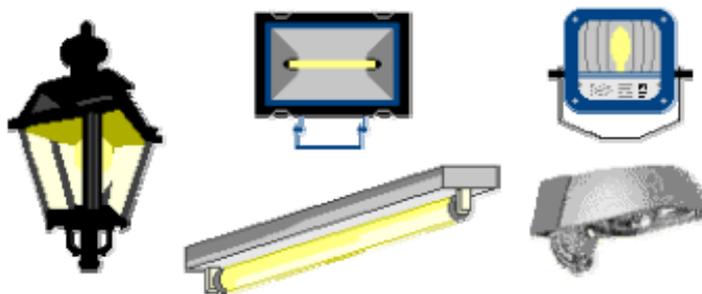
- Evitar el emplazamiento de luminarias en las llamadas zonas prohibidas. Estas zonas serían las del techo del local en las que por reflexión especular del plano de trabajo, se prevea una incidencia de la radiación reflejada sobre el campo de visión del usuario. Probablemente, esta medida, no sea nada fácil de aplicar en muchos casos, lo que no invalida su recomendación.
- Si por las características formales del local no se pudieran eludir las zonas prohibidas, la utilización de luminarias de baja luminancia está en proporción directa con el contraste que se va a producir por reflexión.
- La elección de luminarias que exclusivamente doten de flujos ortogonales a la dirección de la vista, anularía cualquier ángulo de reflexión y sus efectos. Un ejemplo de esta posibilidad sería un salón de actos con proyectores de haz estrecho situados en las partes altas de los paramentos laterales.

### 3.2.2.- Tipos de 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, como ya hemos visto.

Otros requisitos que deben 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.



Algunos ejemplos de luminarias<sup>5</sup>.

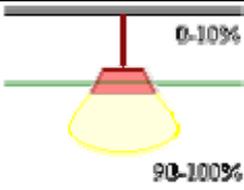
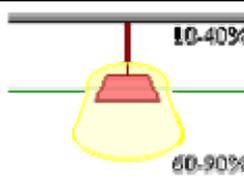
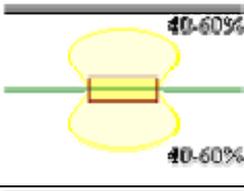
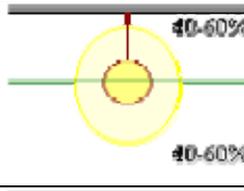
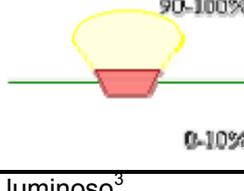
En este tema nos vamos a centrar más en las luminarias utilizadas en el interior, las cuales pueden clasificarse de diversas formas atendiendo a diferentes criterios. También hay que tener en cuenta la diversificación de fabricantes y productos que nos podemos encontrar en este grupo, por lo que nunca podremos realizar un clasificación cerrada.

#### A) CLASIFICACIÓN SEGÚN LA RADIACIÓN DEL FLUJO LUMINOSO.

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: Cuando el flujo luminoso emitido bajo el plano horizontal que pasa por el vértice de la fuente de luz es igual o superior al 90% del flujo luminoso útil.
- Semi-directa: Cuando el flujo luminoso emitido bajo el plano horizontal que pasa por el vértice de la fuente de luz esta comprendido entre el 60% y el 90% del flujo luminoso útil.
- Directa – Indirecta: Cuando el flujo luminoso emitido bajo el plano horizontal que pasa por el vértice de la fuente de luz esta comprendido entre el 40% y el 60% del flujo luminoso útil. Pero apenas emite en sentido horizontal.
- General difusa: Igual que la anterior solo se diferencia en la emisión en el plano horizontal.

- Semi – Indirecta: Cuando el flujo luminoso emitido bajo el plano horizontal que pasa por el vértice de la fuente de luz esta comprendido entre el 10% y el 40% del flujo luminoso útil.
- Indirecta: Cuando el flujo luminoso emitido bajo el plano horizontal que pasa por el vértice de la fuente de luz, es inferior del flujo luminoso útil.

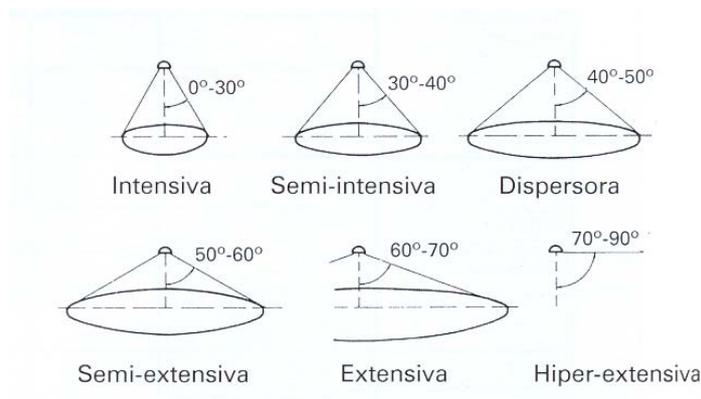
<b>DIRECTA</b>		<b>SEMI- DIRECTA</b>	
<b>DIRECTA-INDIRECTA</b>		<b>GENERAL DIFUSA</b>	
<b>SEMI-INDIRECTA</b>		<b>INDIRECTA</b>	

Clasificación de luminarias en función de la radiación del flujo luminoso<sup>3</sup>.

## B) CLASIFICACIÓN SEGÚN EL ÁNGULO DE APERTURA.

Según el ángulo con el que se diseñen las luminarias influenciarán en el diseño de la estancia, ya que afectan tanto a la iluminancia y a la luminancia de esta.

ÁNGULO DE APERTURA	DESCRIPCIÓN
0° a 30°	INTENSIVA
30° a 40°	SEMI-INTENSIVA
40° a 50°	DISPERSORA
50° a 60°	SEMI-EXTENSIVA
60° a 70°	EXTENSIVA
70 a 90°	HIPER-EXTENSIVA

Luminarias según ángulo de apertura<sup>2</sup>

### C) CLASIFICACIÓN EN FUNCIÓN DE LOS TIPOS GENÉRICOS DE LUMINARIAS.

- Pantallas fluorescentes para formatos clásicos de tubos o de formato reducido para lámparas compactas.

Pantalla fluorescente<sup>6</sup>

- Proyectores con lámparas halógenas, fluorescentes compactas, halogenuros y sodio blanco.

Proyector<sup>6</sup>

Todos ellos pueden llevar:

- Reflectores simétricos o asimétricos (bañadores de pared).

Reflector asimétrico<sup>7</sup>

- Posibilidad de incluir difusores, celosías o filtros,



Pantalla con celosía y difusores<sup>6</sup>

- y con posibilidad de ser fijos u orientables.



Luminaria con focos orientables<sup>6</sup>

#### D) CLASIFICACIÓN SEGÚN LA UBICACIÓN DE LAS LUMINARIAS

- Luminarias de empotrar y de superficie con luz descendente o directa (downlights): simétricos y asimétricos (bañadores de pared).



Foco empotrado en techo<sup>7</sup>

- Carriles o railes monofásicos y trifásicos, y minirailes de 12 V. Para soporte de proyectores fundamentalmente.



Carril monofásico<sup>6</sup>

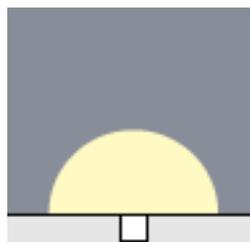
- Luminarias suspendidas con radiación directa, indirecta o mixta. Desde emplazamiento fijo e incluso desde railes.

Luminaria suspendida<sup>6</sup>

- Luminarias de pared con luz directa, indirecta (bañadores de techo) o mixta.

Bañador de pared<sup>5</sup>

- Luz indirecta desde el suelo (uplights) que se empotran en el pavimento.

Uplight<sup>7</sup>

- Lámparas de pie y sobremesa con todas las variantes de radiación, si bien la más extendida es la indirecta.

### 3.3. SISTEMAS DE ALUMBRADO.

Cuando un punto de luz se enciende, el flujo emitido puede llegar a los objetos de la sala directa o indirectamente por reflexión en paredes y techo. La cantidad de luz

---

que llega directa o indirectamente determina los diferentes sistemas de iluminación con sus ventajas e inconvenientes.

- La **iluminación directa**: Se produce cuando todo el flujo luminoso va dirigido hacia el suelo. Es el sistema más económico de iluminación y el que ofrece mayor rendimiento luminoso. El problema reside en que el riesgo de deslumbramiento directo es muy alto, provocando produce sombras duras poco agradables para la vista. Se consigue utilizando luminarias directas, o semidirectas.
  
- En la **iluminación indirecta** la mayor parte del flujo luminoso se dirige hacia el suelo y el resto es reflejada en techo y paredes. En este caso, las sombras son más suaves y el deslumbramiento es menor. Sólo es recomendable para techos que no sean muy altos y sin claraboyas puesto que la luz dirigida hacia el techo se perdería por ellas.

Existen otros sistemas de iluminación que son combinación de los anteriores. Si el flujo se reparte al cincuenta por ciento entre procedencia directa e indirecta hablamos de iluminación difusa. El riesgo de deslumbramiento es bajo y no hay sombras, lo que le da un aspecto monótono a la sala y sin relieve a los objetos iluminados. Para evitar las pérdidas por absorción de la luz en techo y paredes es recomendable pintarlas con colores claros o mejor blancos.

Cuando la mayor parte del flujo proviene del techo y paredes tenemos la iluminación semiindirecta. Debido a esto, las pérdidas de flujo por absorción son elevadas y los consumos de potencia eléctrica también, lo que hace imprescindible pintar con tonos claros o blancos. Por contra la luz es de buena calidad, produce muy pocos deslumbramientos y con sombras suaves que dan relieve a los objetos.

Por último tenemos el caso de la iluminación indirecta cuando casi toda la luz va al techo. Es la más parecida a la luz natural pero es una solución muy cara puesto que las pérdidas por absorción son muy elevadas. Por ello es imprescindible usar pinturas de colores blancos con reflectancias elevadas.

### 3.4 MÉTODOS DE ALUMBRADO

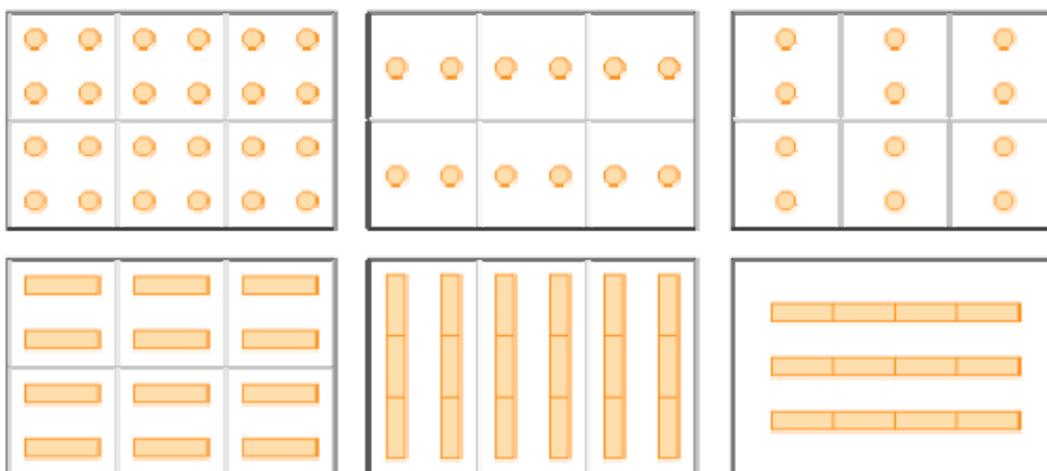
Además de lo indicado en el alumbrado de interiores existen tres sistemas relacionados con la distribución de la luz sobre el área que hay que iluminar. Estos tres métodos son los siguientes:

#### A) Alumbrado general.

Proporciona una iluminación uniforme sobre toda el área localizada. La distribución más habitual es colocar las luminarias de forma simétrica en filas. Cuando se emplean lámparas fluorescentes puede resultar una colocación de luminarias en líneas continuas. Este sistema presenta la ventaja de que la iluminación es independiente de los puestos de trabajo, por tanto la distribución se puede realizar de forma más flexible. Mientras que presentan el inconveniente que la iluminancia media debe corresponder a los niveles más altos <sup>1,3</sup>.



Alumbrado general<sup>3</sup>



Distribución de luminarias en alumbrado general<sup>3</sup>.

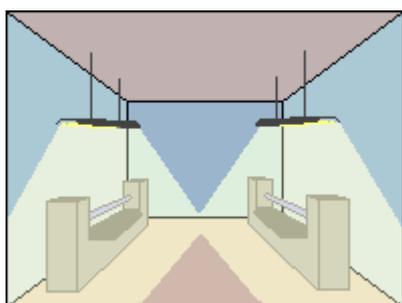
Es el método más extendido y se usa habitualmente en locales públicos como pueden ser: oficinas, centros de enseñanza, fábricas o comercios.

#### B) Alumbrado general localizado.

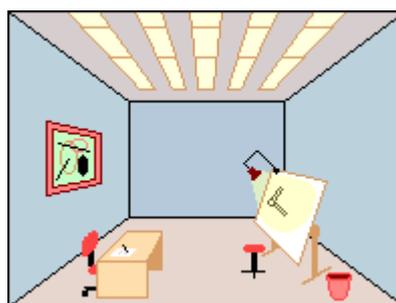
Proporciona una distribución no uniforme de la luz de manera que esta se concentra sobre las áreas de trabajo. El resto del local, formado principalmente por las zonas de paso se ilumina con una luz más tenue. Se consiguen así importantes ahorros energéticos puesto que la luz se concentra allá donde hace falta. Claro que esto presenta algunos inconvenientes respecto al alumbrado general.

En primer lugar, si la diferencia de luminancias entre las zonas de trabajo y las de paso es muy grande se puede producir deslumbramiento molesto. El otro inconveniente es qué pasa si se cambian de sitio con frecuencia los puestos de trabajo; es evidente que si no podemos mover las luminarias tendremos un serio problema<sup>1,3</sup>.

Podemos conseguir este alumbrado concentrando las luminarias sobre las zonas de trabajo. Una alternativa es apagar selectivamente las luminarias en una instalación de alumbrado general.



Alumbrado general localizado<sup>3</sup>

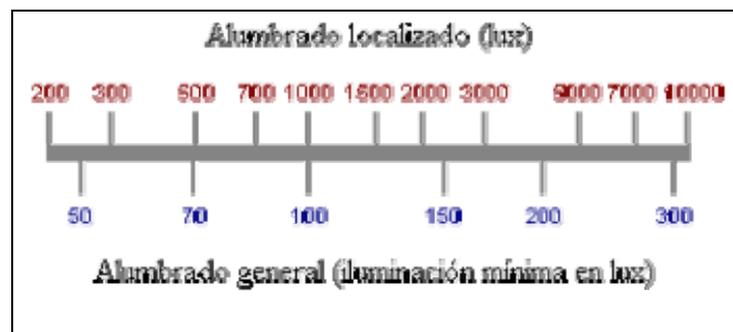


Alumbrado localizado<sup>3</sup>

#### C) Alumbrado localizado.

Cuando necesitamos una iluminación suplementaria cerca de la tarea visual para realizar un trabajo concreto. El ejemplo típico serían las lámparas de escritorio. Recurriremos a este método siempre que el nivel de iluminación requerido sea superior a 1000 lux., haya obstáculos que tapen la luz proveniente del alumbrado

general, cuando no sea necesaria permanentemente o para personas con problemas visuales. Un aspecto que hay que cuidar cuando se emplean este método es que la relación entre las luminancias de la tarea visual y el fondo no sea muy elevada pues en caso contrario se podría producir deslumbramiento molesto.



Relación entre el alumbrado general y el localizado<sup>3</sup>

# Bibliografía

1. Cálculo y Normativa de la Instalaciones en las Edificaciones. L.J. Arizmendi. Eunsa.
2. Instalaciones Eléctricas de Interior. J. Moreno Gil, D. Lasso Tárraga, C. Fernández García. Ed.: Thompson-Paraninfo. 2004
3. J. García Fernández. Oriol Box.
4. Ornalux. Apéndices de Información Técnica.
5. Catálogo OSRAM. Principios y Cálculos.
6. Dialux 4.2. Programa y catálogo comercial.
7. ERCO Light Scout.
8. Comité español de iluminación. Aplicaciones eficientes de luminarias. *Cuadernos de eficiencia energética en iluminación*. IDAE, pp 1-85. 1996.
9. Stephen Westland, 2001. <http://www.gusgum.com>.