



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

| uma.es

eAM'
ESCUELA ARQUITECTURA MÁLAGA

GRADO EN ARQUITECTURA

INSTALACIONES III

BLOQUE II: LUMINOTECNIA

AVISO: Este documento tiene únicamente carácter informativo y no normativo. Las ilustraciones que lo acompañan se han tomado de la bibliografía de referencia, de fuentes propias o de otras citadas. El contenido teórico de la asignatura se desarrolla con las explicaciones del profesor en clase así como en la bibliografía de referencia.

Bloque II: Luminotecnia y alumbrado

Magnitudes fotométricas.

Flujo Luminoso

Intensidad Luminosa

Luminancia

Iluminancia

Medir los nivel de iluminación y luminancia

Magnitudes colorimétricas

Clasificación de los colores según el diagrama cromático C.I.E.

Temperatura de color (TC)

Índice de rendimiento de color (IRC)

Efectos psíquicos de los colores y su armonía

Tipos de fuentes de luz

Lámparas incandescentes

Lámparas de descarga

Lámparas fluorescentes

Aplicaciones

Otros tipos de lámparas

Luminarias

Luz y Visión

La **luz** no sólo es indispensable y medio de la vista, sino que por **su intensidad**, su **distribución** y sus **cualidades** crea condiciones específicas que influyen sobre **nuestra percepción**.

Las cualidades fisiológicas de una **situación luminosa** se pueden **calcular y medir**, pero al final siempre decide el **efecto real sobre el hombre**: la **percepción subjetiva** valora la bondad de un concepto de iluminación.

La planificación de la iluminación, por tanto, no se puede limitar sólo a la realización de principios técnicos, sino que también debe incluir **reflexiones acerca de la percepción**.

Luz y Visión

La **eficiencia visual** se cuantifica a través de la **velocidad y la precisión** con que se realiza una tarea.

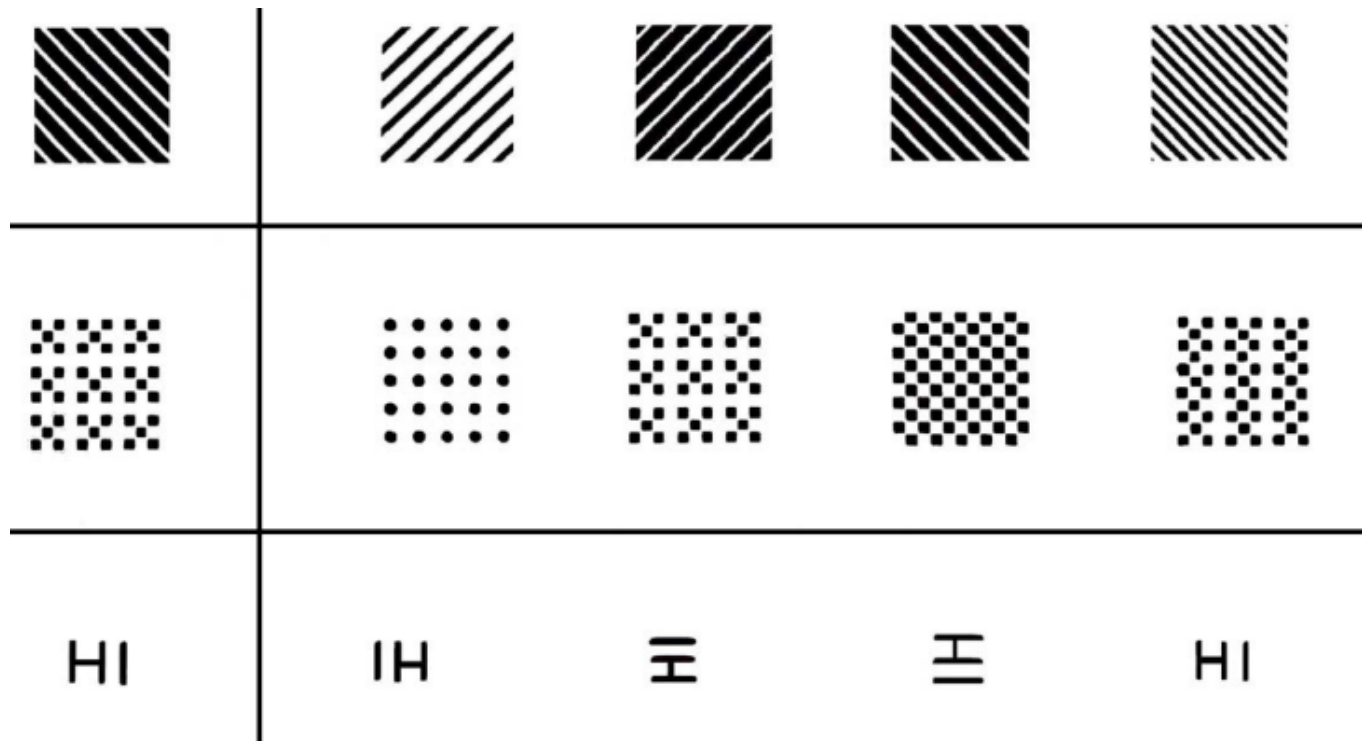


Figura [1]

Espejo de la Fuente, B. (2005). Escala de eficiencia visual de Natalie Barraga. **Figura [1]**. Recuperado de <https://www.foal.es/sites/default/files/docs/Escala%20de%20Eficiencia%20Visual%20N.Barraga.pdf>

Luz y Visión

El **confort visual** es una medida del grado en que las condiciones de iluminación predisponen favorablemente a las personas para realizar la tarea.



Figura [2]

Iluminadecora. (2019). Cofort visual y diseño de iluminación. **Figura [2]**. Recuperado de <https://davidhuerta.typepad.com/blog/2010/10/contaminaci%C3%B3n-lum%C3%ADnica.html>

Los aspectos que afectan a la **eficiencia** están relacionados con la **tarea y su entorno inmediato**, mientras que aquellos que influyen sobre el **comfort** involucran aspectos más generales del **medio ambiente iluminado**.

En una **oficina el nivel de iluminación** corresponda al valor recomendado pero la fuente luminosa presente un **parpadeo molesto**, o la **presencia de una ventana dentro del campo visual** del usuario constituya un foco de distracción debido al deslumbramiento.

Podemos resumir diciendo que una buena solución en el diseño de un sistema de iluminación debe asegurar **eficiencia visual, confort visual y un medio ambiente** apropiado a las personas que utilizarán ese espacio, así como consideraciones energéticas, condiciones térmicas, acústicas y visuales, ya que todas en conjunto conducirán a una mayor productividad en los usuarios de ese espacio

Magnitudes fotométricas

Las fuentes de luz emiten energía en forma de **ondas electromagnéticas**. Esta radiación se cuantifica con la ayuda de las **magnitudes radiométricas**. Si interesa cuantificar solamente la radiación a la que es sensible el **ojo humano** estas magnitudes radiométricas se transforman en **magnitudes fotométricas**.

La luz corresponde a la pequeña parte del espectro electromagnético que está comprendida, aproximadamente, entre las longitudes de onda de **380 nm y 760 nm**

(nm: nanómetro; $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$) cuya energía es absorbida por los fotorreceptores del sistema visual humano, iniciando así el proceso de la visión.

Aguilar, J. (2011). Manual de luminotecnia. Clasificación espectro visible. **Figura [3]**. Recuperado de <http://www.mailxmail.com/cursos/electrotecnia-manual-luminotecnia/espectro-electromagnetico-definicion>

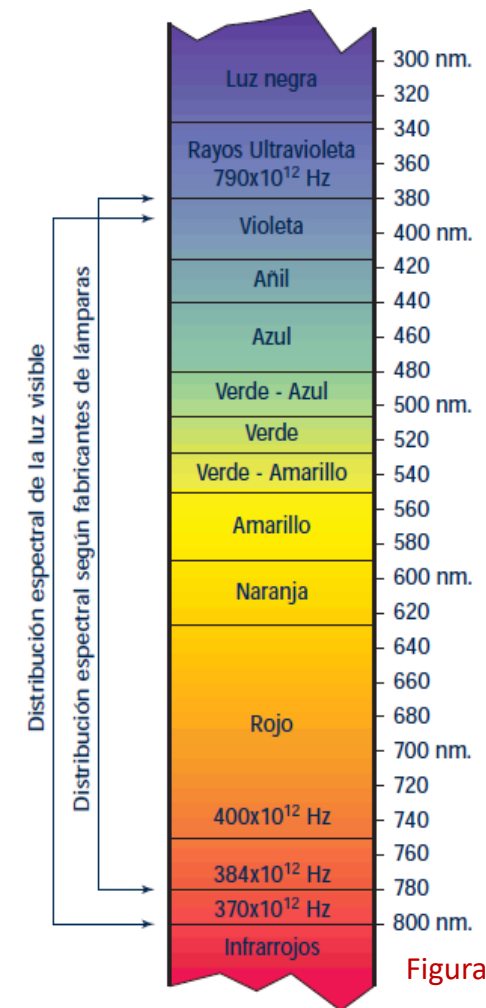
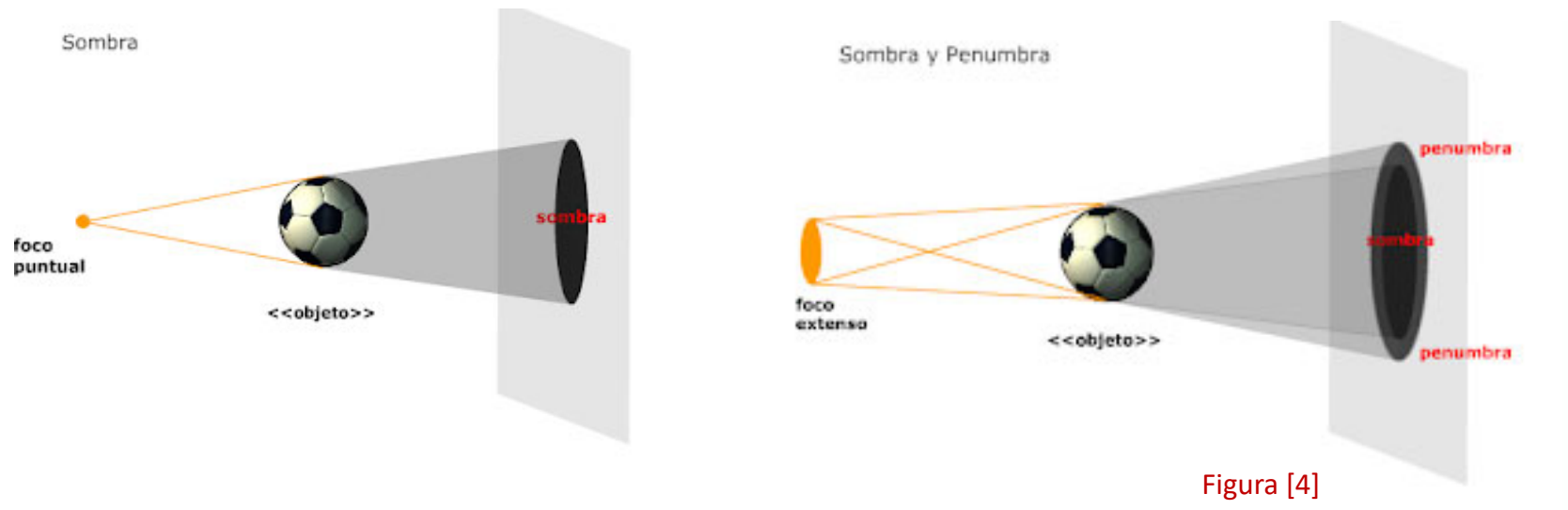


Figura [3]

Una característica fundamental de la radiación luminosa es que **se propaga en línea recta**.



Como consecuencia de ello, **la sombra de un objeto va a depender del tipo de foco luminoso.**

Una fuente puntual

Una fuente no puntual

La Luz. (2013). Relación entre la luz y la sombra. ¿Que se entiende por sombra y penumbra?. Tipos de sombra . **Figura [4]**. Recuperado de <http://luzartificialgrupo2.blogspot.com/2013/10/relacion-entre-la-luz-y-la-sombra-que.html>

Magnitudes fotométricas

Debemos relacionar el estímulo (energía radiante), con la respuesta del observador humano (sensación visual).

La curva de la figura "**Sensibilidad fotópica**" proporciona la sensación visual producida por flujos radiantes iguales de distintas longitudes de onda, bajo condiciones de incidencia y observación iguales.

El máximo se obtiene para **555 nm**, y tiende asintóticamente a cero para 380 y 780 nm. Fuera de dicha banda, el ojo es ciego.

Violeta: 380 – 436 nm
Azul: 436 – 495 nm
Verde: 495 – 566 nm
Amarillo: 566 – 589 nm
Naranja: 589 – 627 nm
Rojo: 627 – 780 nm

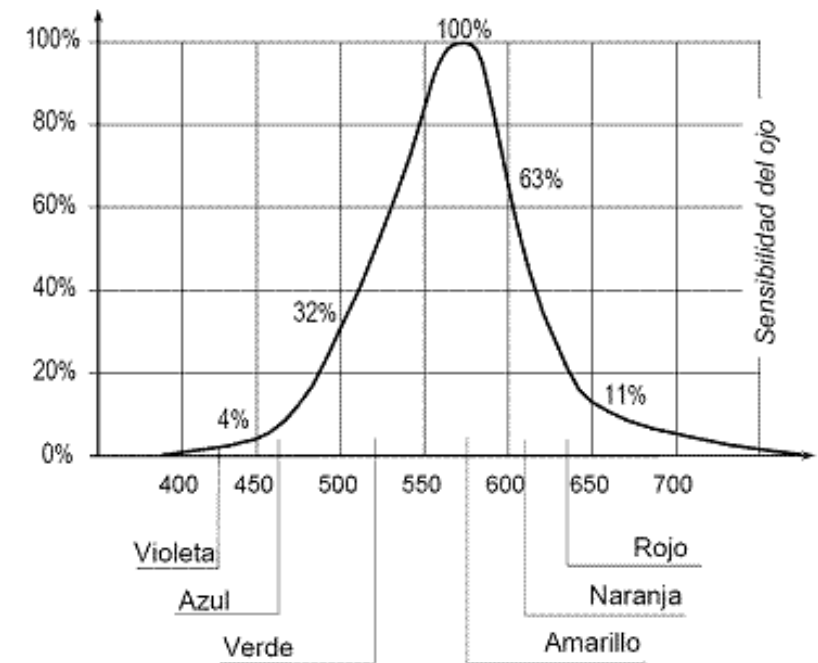


Figura [5]

Chavarría Cosar, R. (2018). Curva de sensibilidad. NTP 211: Iluminación de los centros de trabajo. Figura [5]. Recuperado de http://www.jmcprl.net/NTPs/@Datos/ntp_211.htm

CIE: Commission Internationale de l'Éclairage

Curvas de sensibilidad espectral relativa, $V(\lambda)$, para el observador CIE estándar, en **condiciones fotópicas**, es decir para niveles de iluminación **altos**, y en **condiciones escotópicas**, es decir para niveles de iluminación **bajos**.

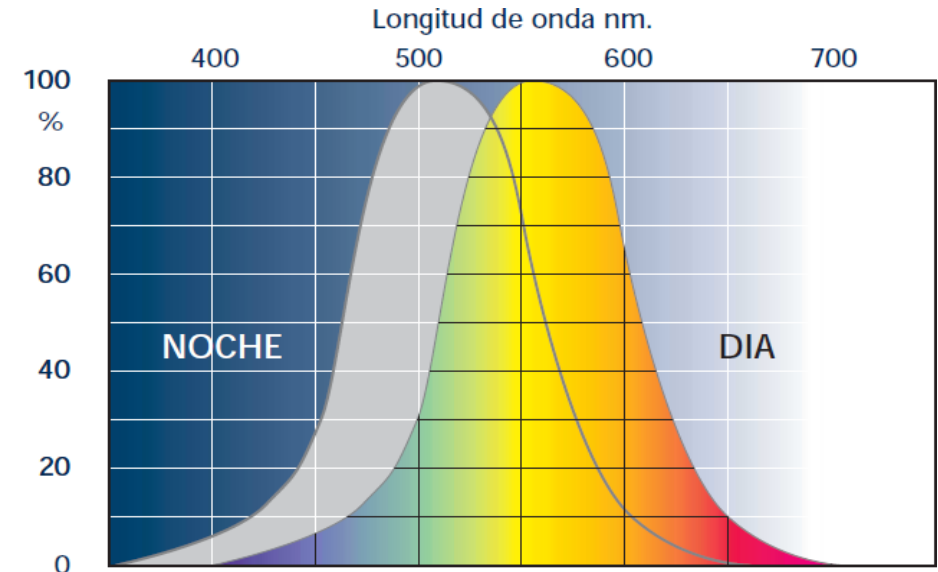


Figura [6]

Curvas de sensibilidad espectral para el observador CIE en condiciones fotópicas (día) y el observador CIE en condiciones escotópicas (noche)(CIE, 1970, 1978)

CIE. (1970). Curva de sensibilidad espectral para el observador CIE en condiciones fotópicas y observador en condiciones escotópicas. Figura [6].

En la figura anterior se muestran las dos curvas, que están relacionadas a los dos sistemas de **fotorreceptores** que tiene el sistema visual humano, el de los **conos**, que opera fundamentalmente en condiciones **fotópicas**, y el de los **bastones**, que opera en condiciones **escotópicas**. El ojo muestra su máxima sensibilidad para **555 nm** en condiciones fotópicas, mientras que para condiciones escotópicas este máximo se desplaza hacia los **507 nm**.

Flujo Lumionoso

El flujo luminoso es el **caudal de radiación de una fuente luminosa en la unidad de tiempo.**

Es una unidad de potencia luminosa:

$$\Phi = \frac{Q}{t} = \frac{\text{cantidad de luz o radiación visible}}{\text{tiempo en el que se emite la radiación}}$$

Su unidad se denomina **lumen, lm**

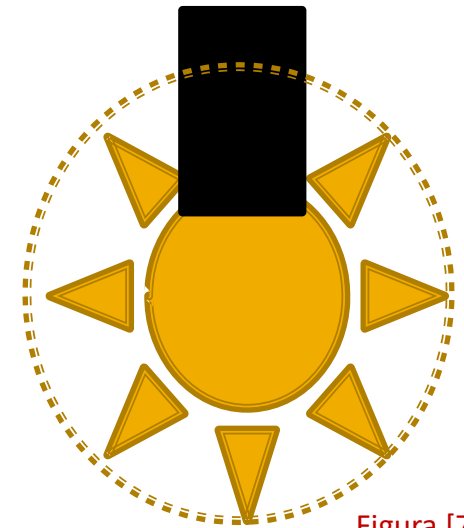


Figura [7]

Muñoz González, C. (2020). Esquema flujo luminoso. Figura [7]

Flujo Luminoso

Flujo luminoso por algunas lámparas		
Tipo de lámpara	Potencia (w)	Flujo luminoso
Incandescente	100	1380
Fluorescente de luz día	36	3250
Fluorescente de blanco cálido	36	3350
Mercurio a alta presión	250	13000
Mercurio a alta presión	400	22000
Luz mezcla	250	5600
Sodio a baja presión	35	4800
Sodio a alta presión	250	25000
Sodio a alta presión	400	47000
Halogenuros metálicos	250	17000
Halogenuros metálicos	400	31000

Figura [8]

Muñoz González, C. (2020). Flujo Luminoso emitido por algunas lámparas. Figura [8]

Flujo Luminoso

Ejemplos de flujo luminoso

Vela de cera	10 lm
Bicicleta	20 lm
Lámpara de incandescencia de 60 w	730 lm
Lámpara fluorescente de 65 w blanca	5100 lm
Lámpara halógena de 1000 w	22000 lm
Lámpara de vapor de mercurio de 125 w	5600 lm
Lámpara de sodio 1000 w	120000 lm

Intensidad luminosa

El **Flujo Luminoso** caracteriza la *cantidad de luz total emitida por una fuente luminosa en todas direcciones*. Sin embargo, para aplicaciones prácticas muchas veces es necesario cuantificar el flujo luminoso emitido en **una dirección dada**, para lo cual se define la **Intensidad Luminosa (I)** como *el flujo emitido por unidad de ángulo sólido en una dirección especificada*.

La unidad de medida de la **intensidad luminosa** es la **candela**, que es equivalente a un **lumen/estereorradián**. Esta magnitud fotométrica se usa para describir la distribución de luz proveniente de una fuente o una luminaria.

$$I = \frac{\Phi}{\omega} = \frac{\text{flujo luminoso}}{\text{ángulo sólido en estereoradianes}}$$

Intensidad luminosa

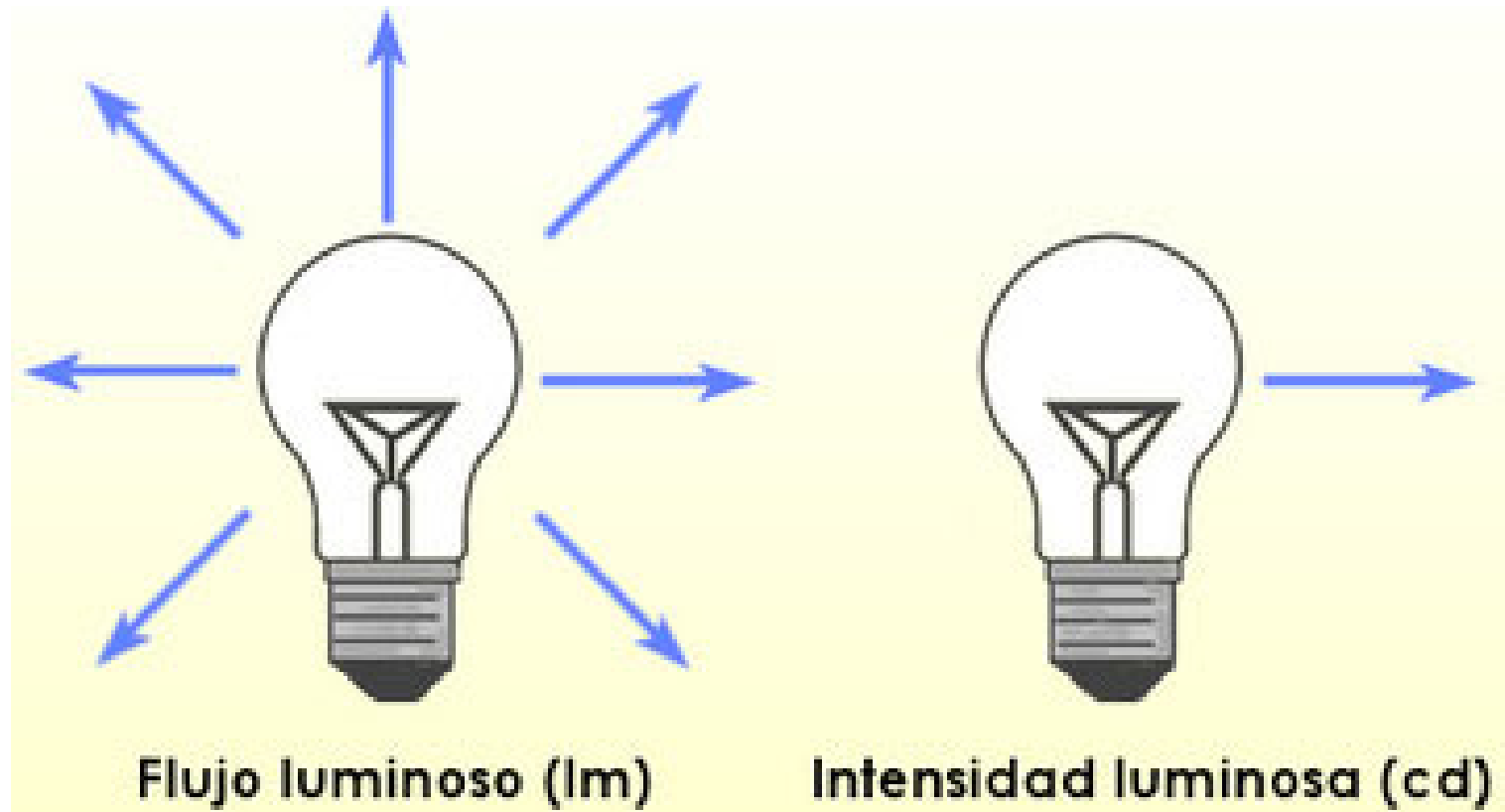


Figura [9]

TESLA (2020). Definiciones generales de iluminación. Figura [9]. Recuperado de <https://tesla-electric.weebly.com/definiciones-generales-de-iluminacioacuten.html>

Gráficos y diagrama

Cuando se habla en fotometría de magnitudes y unidades de medida se definen una serie de términos y leyes que describen el comportamiento de la luz y sirven como herramientas de cálculo. Pero las hipótesis utilizadas para definirlos son muy restrictivas (**fente puntual, distribución del flujo esférica y homogénea, etc.**).

Aunque esto no invalida los resultados y conclusiones obtenidas, nos obliga a buscar nuevas herramientas de trabajo, que describan mejor la realidad, como son las tablas, gráficos o programas informáticos. De todos los inconvenientes planteados, el más grave se encuentra en la **forma de la distribución del flujo luminoso** que depende de las características de las **lámparas y luminarias** empleadas.

Diagrama Polar de una fuente luminosa

También se denomina *diagrama de distribución de la Intensidad luminosa* o **curva fotométrica de una luminaria**.

Consiste en una **representación gráfica plana de tipo polar** de los vectores de intensidad luminosa de una sección determinada del sólido fotométrico.

El **sólido fotométrico** de una lámpara o una luminaria es el **volumen** que se forma al representar vectorialmente la *intensidad luminosa* que proporciona en todas las direcciones.

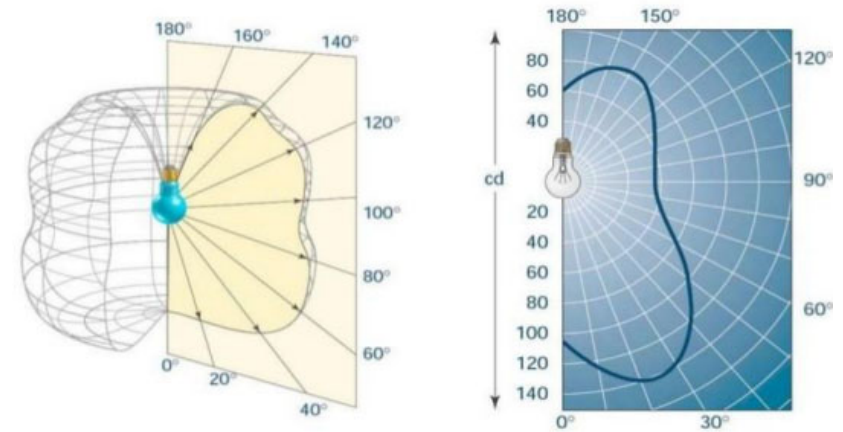


Figura [10]

A.A.V.V. (2018). Representación gráfica de magnitudes fotométricas. **Figura [10]**. Recuperado de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/103661/Blanca%3BMart%C3%ADnez%3BCastilla%20-%20Representacion%20gr%C3%A1fica%20de%20curvas%20fotometricas.pdf?sequence=1>

Diagrama Polar de una fuente luminosa

El **sólido fotométrico** de una lámpara o una luminaria es el **volumen** que se forma al representar vectorialmente la **intensidad luminosa** que proporciona en todas las direcciones.

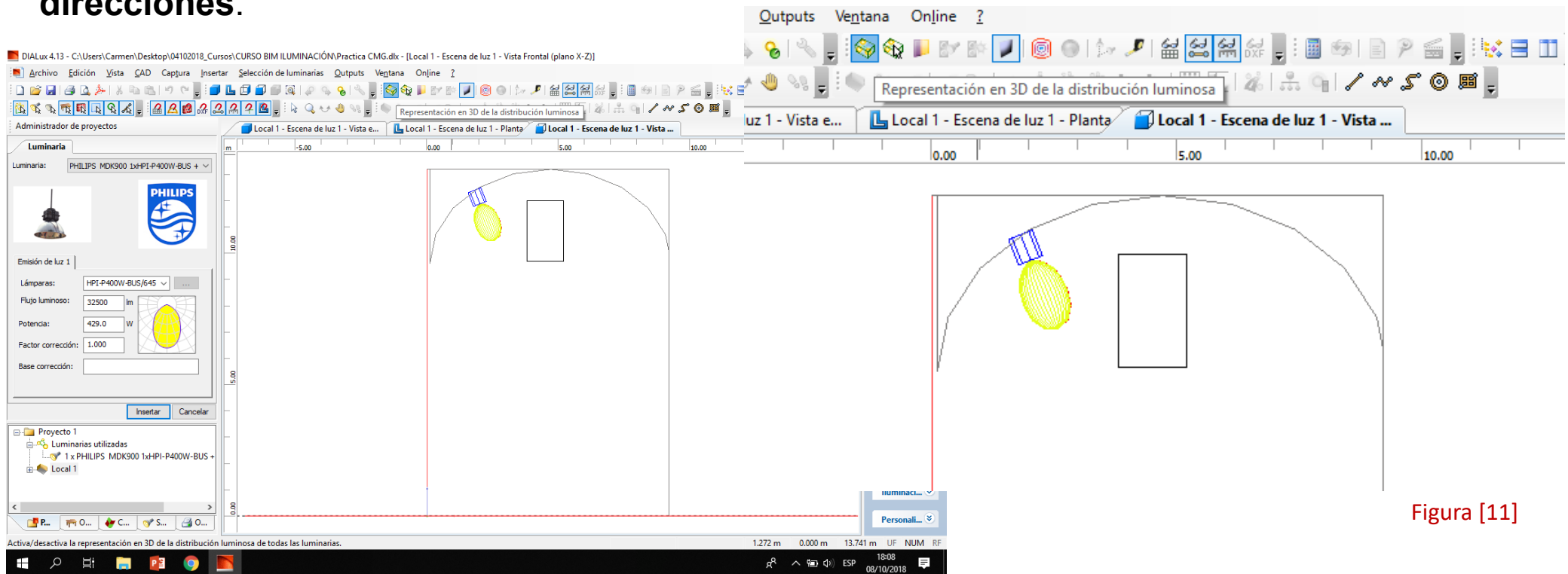


Figura [11]

Muñoz González, C. (2019). Software Dialux. Figura [11].

Diagrama Polar de una fuente luminosa

Se puede representar un sólido fotométrico trazando un vector en cada dirección del espacio cuya longitud es proporcional a la intensidad emitida en dicha dirección, de forma que la superficie envolvente constituye dicho sólido fotométrico para un valor dado de intensidad luminosa.

Lo usual es representar la distribución de intensidades por un plano que contiene al eje de simetría de la fuente luminosa, e intercepta al sólido geométrico para determinados valores.

Diagrama Polar de una fuente luminosa

En estos gráficos la **intensidad luminosa se representa mediante un sistema de tres coordenadas (I,C,γ).**

- **I representa el valor numérico de la intensidad luminosa** en candelas e indica la longitud del vector mientras las otras señalan la dirección.
- **El ángulo C nos dice en qué plano vertical en el que estamos y γ mide la inclinación respecto al eje vertical de la luminaria.** En este último, 0° señala la vertical hacia abajo, 90° la horizontal y 180° la vertical hacia arriba. Los valores de C utilizados en las gráficas no se suelen indicar salvo para el alumbrado público. En este caso, los ángulos entre 0° y 180° quedan en el lado de la calzada y los comprendidos entre 180° y 360° en la acera; 90° y 270° son perpendiculares al bordillo y caen respectivamente en la calzada y en la acera.

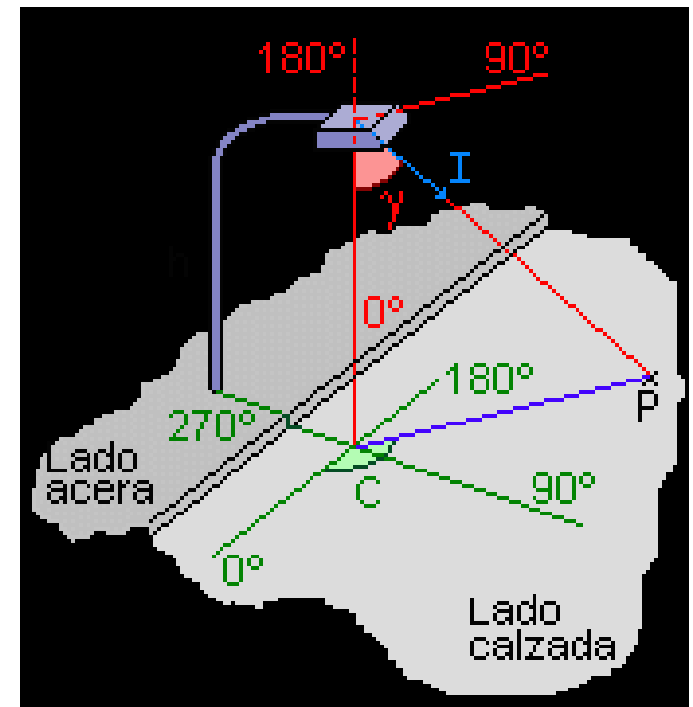


Figura [12]

Concha, P. (2020). Intensidad luminosa. **Figura [12]**. Recuperado de http://patricioconcha.ubb.cl/eleduc/public_www/capitulo7/seleccion_de_luminarias.html

Diagrama Polar de una fuente luminosa

En la curva de distribución luminosa, **los radios representan el ángulo γ y las circunferencias concéntricas el valor de la intensidad en candelas**. De todos los planos verticales posibles identificados por el ángulo C, **solo se suelen representar los planos verticales correspondientes a los planos de simetría y los transversales a estos ($C = 0^\circ$ y $C = 90^\circ$) y aquel en que la lámpara tiene su máximo de intensidad**. Para evitar tener que hacer un gráfico para cada lámpara cuando solo varía la potencia de ésta, **los gráficos se normalizan para una lámpara de referencia de 1000 lm**. Para conocer los valores reales de las intensidades bastará con multiplicar el flujo luminoso real de la lámpara por la lectura en el gráfico y dividirlo por 1000 lm.

$$I_{\text{real}} = \Phi_{\text{lámpara}} \cdot \frac{I_{\text{gráfico}}}{1000}$$

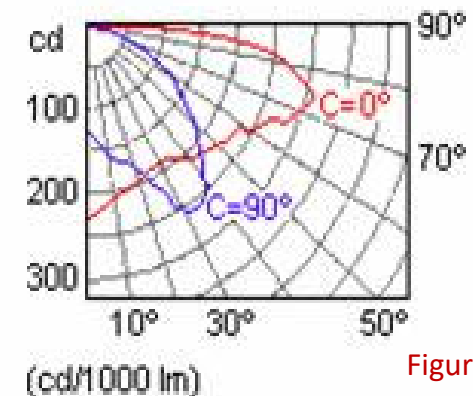


Figura [13]

Concha, P. (2020). Diagrama polar, intensidad lumínica. **Figura [13]**. Recuperado de http://patricioconcha.ubb.cl/eleduc/public_www/capitulo7/seleccion_de_luminarias.html

Diagrama Polar de una fuente luminosa

Con un sistema de tres coordenadas es fácil pensar que más que una representación plana tendríamos una tridimensional. De hecho, esto es así y si representamos en el espacio todos los vectores de la intensidad luminosa en sus respectivas direcciones y uniéramos después sus extremos, obtendríamos un cuerpo llamado sólido fotométrico. Pero **como trabajar en tres dimensiones es muy incómodo, se corta el sólido con planos verticales para diferentes valores de C** (suelen ser uno, dos, tres o más dependiendo de las simetrías de la figura) y se reduce a la representación plana de las curvas más características.

Iluminancia

Las otras dos magnitudes fotométricas fundamentales son: **iluminancia y luminancia**.

La **iluminancia (E)** o nivel de iluminación, se define como el **flujo luminoso que incide por unidad de área de una superficie dada**. Se mide en lux ($lx = lm/m^2$).

$$E = \Phi / S$$

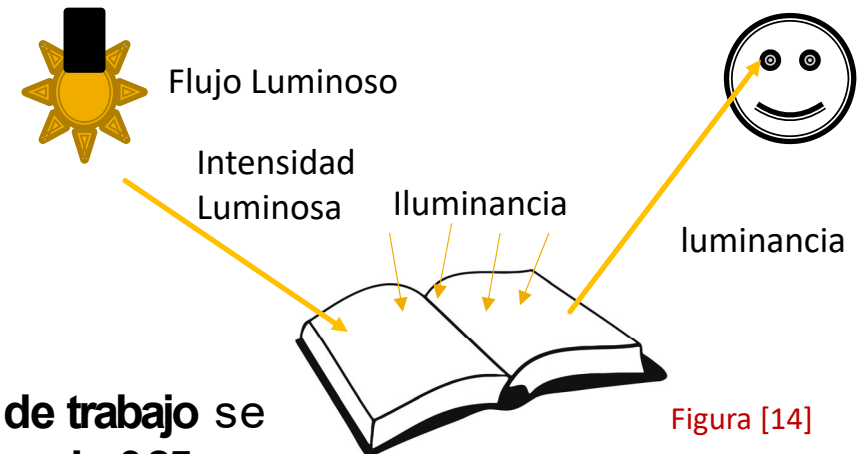


Figura [14]

En general, cuando se mide la iluminancia sobre el **plano de trabajo** se **iluminancia Horizontal**, se fija convencionalmente una **altura de 0,85m**.

Cuando se necesita especificar la iluminancia sobre **paredes o pantallas** de video, las mediciones se hacen sobre planos verticales, lo que se conoce como **iluminancia Vertical**.

Muñoz González, C. (2020). Esquema magnitudes de la luz. Figura [14]

Iluminancia

Su aplicación práctica es cuantificar la cantidad de luz que llega a una superficie y por la simplicidad de su medición es la magnitud que más se usa. La iluminancia sigue la ley inversa de los cuadrados, que en el caso de una fuente puntual toma la forma:

$$E = I/d^2$$

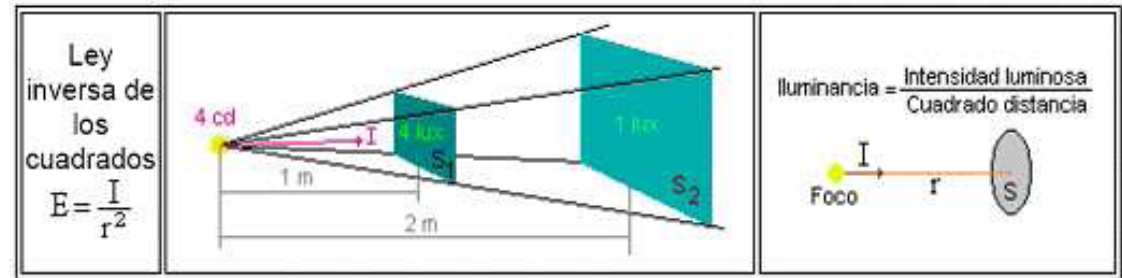


Figura [15]

Donde:

d es la distancia desde la fuente luminosa a la superficie a la que llega el flujo luminoso y la superficie es perpendicular a la dirección de propagación de la radiación incidente.

Lo que ocurre con la iluminancia se conoce por la **ley inversa de los cuadrados** que relaciona la intensidad luminosa (I) y la distancia a la fuente. Ley que sólo es válida si la dirección del rayo de luz incidente es perpendicular a la superficie.

CITCEA. (2018). Ley inversa de cuadrados. Figura [15]. Recuperado de <https://recursos.citcea.upc.edu/llum/fotometria/magnitud.html>

Iluminancia

En este caso hay que descomponer la iluminancia recibida en una componente horizontal y en otra vertical a la superficie.

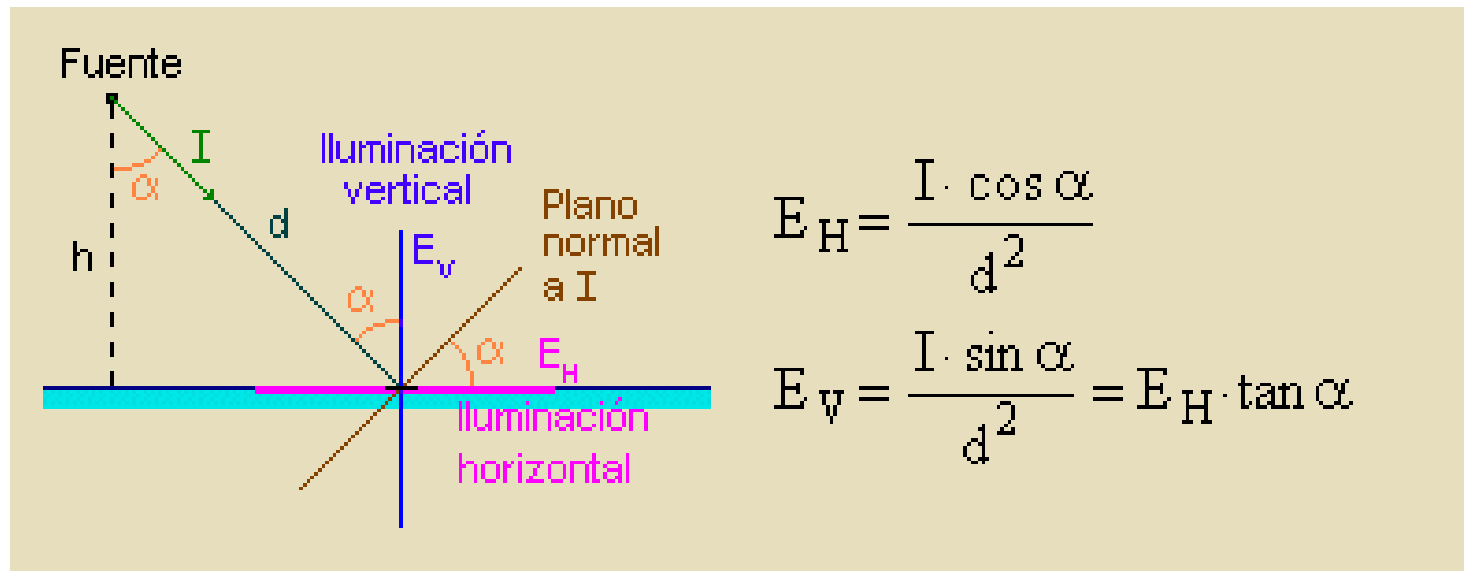


Figura [16]

A la componente horizontal de la iluminancia (E_H) se le conoce como la ley del coseno.

CITCEA. (2018). Iluminación vertical y horizontal. Figura [16]. Recuperado de <https://recursos.citcea.upc.edu/llum/fotometria/magnitud.html>

Iluminancia

Algunos datos sobre iluminancias serían:

Medio día de verano (campo libre)	100.000 lx
Luna llena con cielo claro	0,5 lx
Mediodía invierno seminublado	15.000 lx
Oficina bien iluminada	1.000 lx
Carretera tráfico medio	15 lx

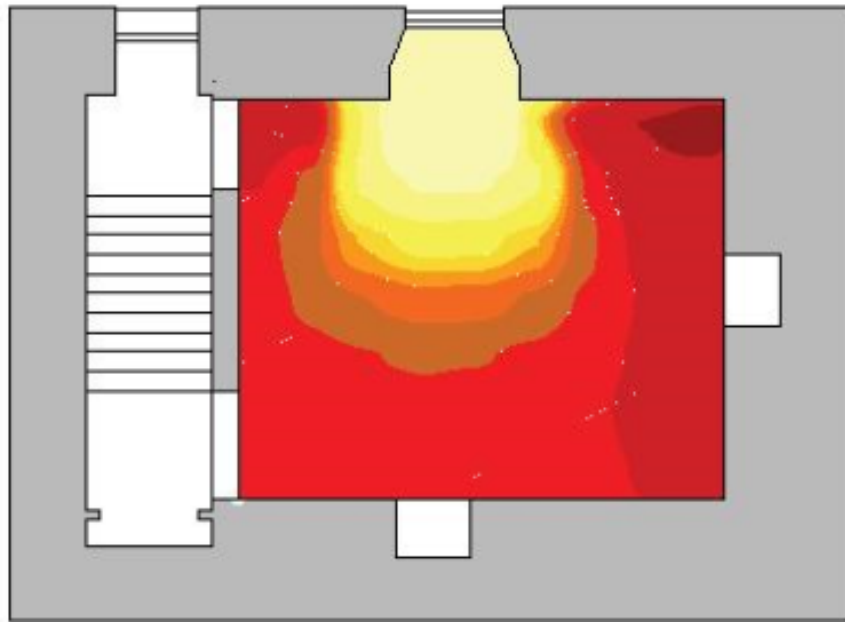


Figura [17]

Ditecom. (2020). Luxómetro. **Figura [17]**. Recuperado de https://www.ditecom.com/tienda_ditecom/tienda/equipos-de-medida-para-electricidad/luxometro/luxometro-dit1010/

Diagrama Isolux

La iluminancia o nivel de iluminación de una superficie puede representarse gráficamente mediante el diagrama isolux.



Su materialización sólo se puede realizar mediante el cálculo punto a punto según la *ley de iluminancia horizontal*.

Figura [18]

Muñoz González, C. (2020). Plano isolíneas. Figura [18]

Diagrama Isolux

Se define como el **lugar geométrico de puntos de una superficie donde la iluminancia tiene el mismo valor**. Mientras que los diagramas polares y las curvas isocandelas se obtienen a partir de características de la fuente luminosa, flujo o intensidad luminosa, y dan información sobre la forma y magnitud de la emisión luminosa de la fuente; **las curvas isolux hacen referencia a las iluminancias**, flujo luminoso recibido por una superficie, datos que se obtienen experimentalmente o por cálculo a partir de la matriz de intensidades usando la fórmula:

$$E_H = \sum_{i=1}^n \frac{I_i \cdot \cos^3 \alpha_i}{h_i^2}$$

Figura [19]

CITCEA. (2018). Iluminación horizontal. Figura [19]. Recuperado de <https://recursos.citcea.upc.edu/llum/fotometria/magnitud.html>

Luminancia

La **luminancia (L)**, que deriva de la radiancia, de una fuente o de una superficie, se define como la ***intensidad luminosa emitida, por la fuente o la superficie, en la dirección de un observador, dividida por el área de la fuente o la superficie vista por el observador***, es decir, por unidad de área proyectada.

Su unidad es la candela por metro cuadrado (**cd/m²**) ó (cd/cm²).

La luminancia en la dirección del observador (L_α) se calcula de la siguiente manera:

$$L_\alpha = I_\alpha / A \cos \alpha$$

donde

I_α es la intensidad de la fuente en la dirección del ángulo α y el producto de $A \cdot \cos \alpha$ es el área proyectada perpendicular a la dirección de visión.

Resumen Magnitudes fotométricas

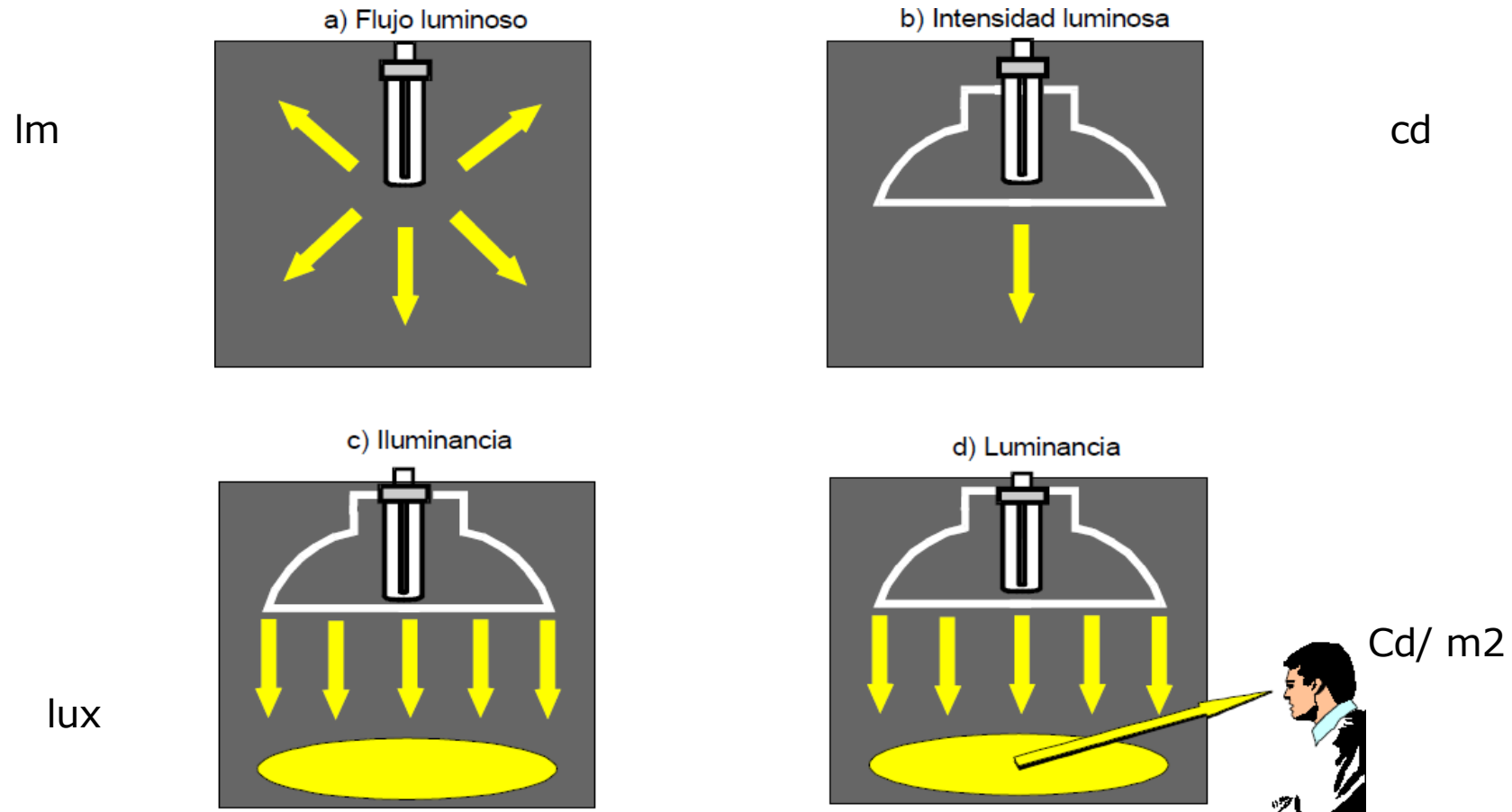


Figura [20]

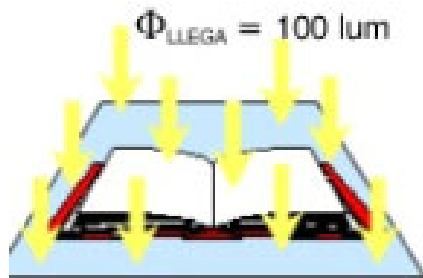
Webedia Brand Services. (2019). Magnitudes fotométricas. Figura [20]. Recuperado de <https://samsungledtv.xataka.com/1-a-5-000-nits-historia-luminancia-que-cambio-forma-ver-television/>

Ejercicio



$\Phi_{LUM} = 730 \text{ lum}$

Calcula la iluminación que llega a esta superficie de 2 m²



$\Phi_{LLEGA} = 100 \text{ lum}$

Figura [21]

$S = 2 \text{ m}^2$

$$E = \frac{\Phi}{S} = \frac{100 \text{ lum}}{2 \text{ m}^2} = 50 \text{ Lux}$$

Quisque, J. (2012). Ejercicio luminotecnia. Figura [21]. Recuperado de <https://es.slideshare.net/juanquispe/1-luminotecnia-12002847>

Contraste

El nivel de iluminación no es suficiente para asegurar el confort visual de una tarea. Es preciso además mantener un **equilibrio entre la luminancia del objeto** y las correspondientes a las diferentes **superficies** incluidas dentro del campo visual

$$C = \frac{L_0 - L_F}{L_F}$$

Arquitectura

Arquitectura

Arquitectura

Figura [22]

0.5-0.8 Techo –Plano trabajo
0.3-0.9 Pared-Plano trabajo

L_0 = Luminancia del objeto
 L_F = Luminancia del fondo
C = Contraste

Muñoz González, C. (2018). Ejemplo contraste. Figura [22].

Rendimiento luminoso o Eficacia Luminosa

La eficacia luminosa la definimos como **la relación entre el flujo luminoso y la potencia eléctrica, lo que es igual a la relación entre la luz producida y el caudal energético necesario para consumirla.**

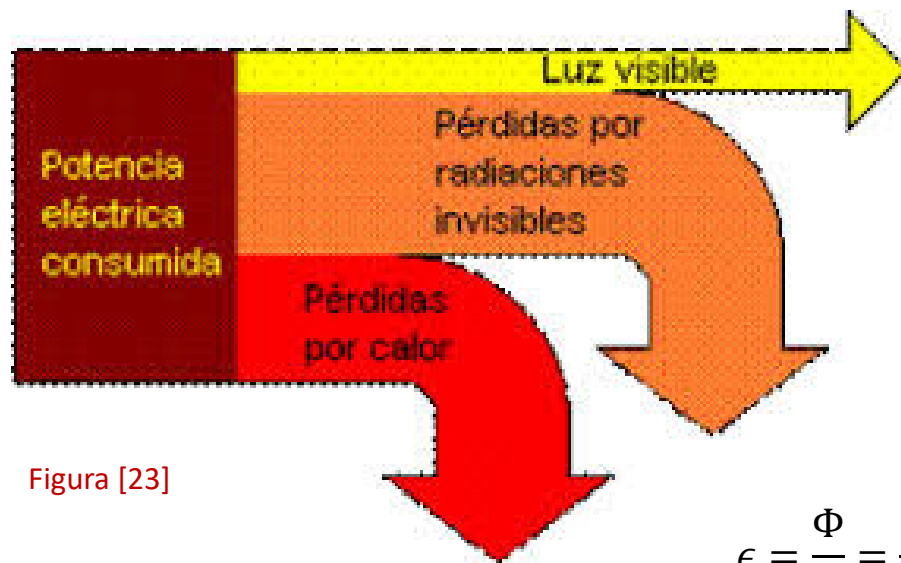


Figura [23]

El rendimiento luminoso o eficacia luminosa se define como:

$$\eta = \frac{\Phi}{P}$$

$$\epsilon = \frac{\Phi}{w} = \frac{\text{flujo luminoso}}{\text{potencia eléctrica}}$$

Su unidad no tiene un nombre específico y es el lm/w.

CITCEA. (2018). Eficiencia luminosa. Figura [23]. Recuperado de <https://recursos.citcea.upc.edu/llum/fotometria/magnitud.html>

Rendimiento luminoso o Eficacia Luminosa

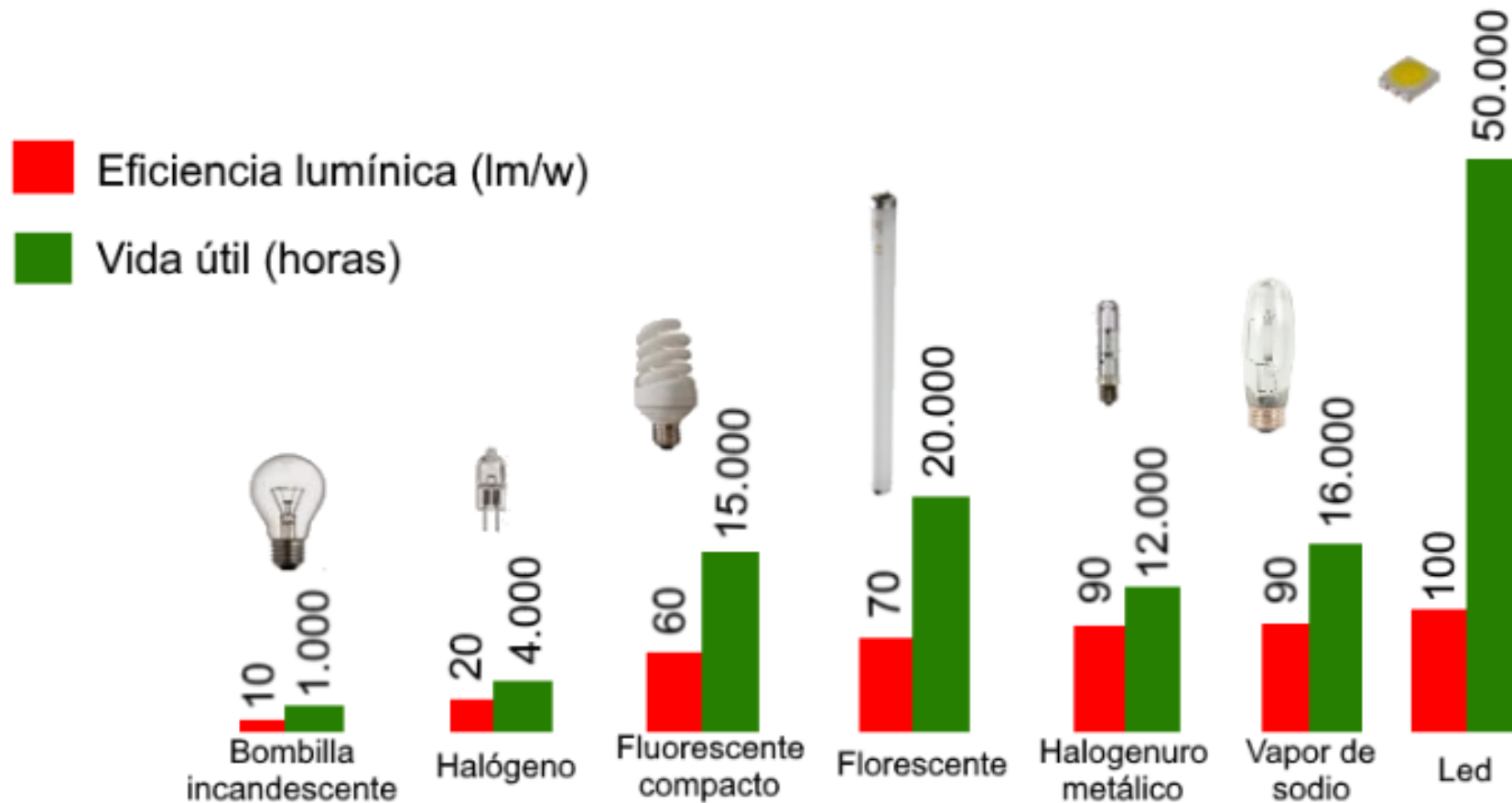


Figura [24]

COMPARALUZ (2020). Eficiencia luminosa-vida útil. Figura [24]. Recuperado de <https://www.comparaluz.es/www/apuntes/magnitudesLuminotecnicas.php>

Temperatura de color

La temperatura de color se mide en **grados Kelvin** y se refiere a las **distintas tonalidades que puede tener una luz.**

Las más comunes son estas tres:

Luz cálida, neutras y frías

2800°K y 3500°K 3800°K y 4500°K mas de 5000°K



Figura [25]

ESTUDIO MATMATA. (2016). Temperatura de color. **Figura [25]**. Recuperado de <https://estudiomatmata.es/blog/materiales/la-temperatura-de-color-para-conseguir-el-ambiente-ideal>

Temperatura de color



Figura [26]

ESTUDIO MATMATA. (2016). Temperatura de color. Figura [26]. Recuperado de <https://estudiomatmata.es/blog/materiales/la-temperatura-de-color-para-conseguir-el-ambiente-ideal>

Índice de rendimiento de color, Ra

La temperatura de color no es suficiente para definir la calidad de la luz. **Dos fuentes luminosas pueden tener la misma apariencia de color y ofrecer unas propiedades de reproducción cromática muy diferentes.**



Figura [27]

El concepto de *rendimiento de color* define la calidad de la luz de una lámpara en cuanto a su capacidad de facilitar al ojo humano la diferenciación y reconocimiento de los colores de los objetos que ilumina.

NOVALUCCE. (2018). Índice de rendimiento de color. Figura [27]. Recuperado de <https://novalucce.com.ar/temperatura-del-color/>

Índice de rendimiento de color, Ra

También se le denomina **índice de reproducción cromática**.

Ra. En las lámparas, es un valor que debe ser suministrado por el fabricante. Su valor va de 0 a 100.

Índice de reproducción cromática (Ra) o (CRI) %	Clase	Cálido <3.300K	Neutro >5000 k	Frío >5000k	Criterios de aplicación
>o igual 90	1ª	Halógenas	Fluorescente lineal y compacta	Fluorescente lineal y compacta	Principalmente donde la apreciación de color sea un parámetro crítico
		Fluorescente lineal y compacta	Halogenuros metálicos y cerámicos		
		Halogenuros metálicos y cerámicos			
80-89	1B	Fluorescente lineal y compacta	Fluorescente lineal y compacta	Fluorescente lineal y compacta	En áreas donde la apreciación correcta del color no es una consideración primaria pero donde es esencial una buena reproducción de colores
		Halogenuros metálicos y cerámicos	Halogenuros metálicos y cerámicos		
70-79	2ª	Halogenuros metálicos	Halogenuros metálicos	Halogenuro metálico	En áreas donde la calidad de apreciación correcta del color es de poca importancia
<70	2B,3 y 4	Mercurio	Mercurio		

Figura [28]

Muñoz González, C. (2019). Índice reproducción cromática. Figura [28]

Índice de rendimiento de color, Ra

El valor Ra se determina iluminando un conjunto de ocho colores de muestra establecidos por la norma DIN 6169, con la luz de referencia y con la luz que se analiza, valorando de 0 a 100 la reproducción cromática de cada muestra. Haciendo la media de los índices de los ocho colores se obtiene el índice

Ra. Para Ra=100, los colores obtenidos con la fuente de luz son idénticos a los producidos por la fuente de referencia.

Grupo rendimiento en color	Rango de rendimiento en color (IRC o Ra)	Apariencia de color	Ejemplo para usos preferibles	Ejemplo para uso aceptable
1 A	$IRC \geq 90$	Cálido Intermedio Frio	Igualaciones de color, exploraciones clínicas, galerías de arte	
1 B	$90 > IRC \geq 80$	Cálido Intermedio	Casas, hoteles, restaurantes, tiendas, oficinas, escuelas, hospitales	
		Intermedio Cálido	Imprenta, industria de pintura y textiles, trabajo industrial	
2	$80 > IRC \geq 60$	Cálido Intermedio Frio	Trabajo industrial	Oficinas, escuelas
3	$60 > IRC \geq 40$		Industrias bastas	Trabajo industrial
4	$40 > IRC \geq 20$			Trabajos bastos, trabajo industrial con bajo requerimiento de rendimiento de color

Figura [29]

Muñoz González, C. (2019). Índice reproducción cromática. Figura [29]

Índice de rendimiento de color, Ra

Se suele calificar como excelente un IRC entre 85-100%, bueno de 70-84%, regular de 40 a 69% y malo por debajo de 40%.

Las lámparas no deben bajar del 80% en locales donde se presuponga una presencia continuada de personas.

Fuente Luminosa	T _c (°K)	IRC
Cielo azul	10.000 a 30.000	85 a 100 (grupo 1)
Cielo nublado	7.000	85 a 100 (grupo 1)
Luz solar día	6.000	85 a 100 (grupo 1)
Lámparas descarga (excepto Na)		
Luz día (halogenuros)	6.000	96 a 100 (grupo 1)
Blanco neutral.	3.000 a 5.000	70 a 84 (grupo 2)
Blanco cálido .	Menos de 3.000	40 a 69 (grupo 3)
Lámpara descarga (Na)	2.900	Menos de 40
Lámpara incandescente	2.100 a 3.200	85 a 100 (grupo 1)
Lámpara fotográfica	3.400	85 a 100 (grupo 1)
Llama de vela o de bujía	1.800	40 a 69 (grupo 3)

Figura [30]

Muñoz González, C. (2019). Índice reproducción cromática. Figura [30]

Deslumbramiento

Existen dos tipos de deslumbramiento: ***deslumbramiento perturbador*** y ***deslumbramiento molesto***.

Deslumbramiento perturbador: el producido por la **incidencia directa** de una fuente de luz de gran intensidad luminosa en el globo ocular.

En estos caso se produce el «*velo*» con grandes perturbaciones visuales que pueden llegar a anular la visión.

Deslumbramiento molesto: se produce por el **exceso de contrastes** entre los objetos que están dentro del campo visual o por fuentes de luz moderadas.

Provoca la **fatiga visual**, que se potencia a medida que pasa el tiempo.

UGR.-Índice unificado de deslumbramiento ("Unified Glare Rating") obtenido con arreglo al procedimiento dado por CIE en su publicación N° 117 (para un determinado sistema de iluminación puede ser suministrado por la empresa instaladora).

Vida media y vida útil de una fuente luminosa

Según la comisión Internacional de la Iluminación, CIE, la **vida media** de una fuente luminosa representa **el número de horas de encendido que coincide con la utilización del 50% de las lámparas en uso**, o dicho de otro modo, **la media aritmética de las horas de duración**.

Como hay lámparas cuyo deterioro es más paulatino que brusco, se denomina **vida útil** o **vida económica** a **el periodo de funcionamiento expresado en horas durante el que el flujo luminoso de la lámpara no desciende por debajo del 70% de su valor nominal**, lo que equivale en ocasiones a un tiempo de mortalidad del 20%.

Medidas del nivel de iluminación

La medida del nivel de iluminación se realiza por medio de un aparato especial denominado **luxómetro**, que consiste en una célula fotoeléctrica, asociada a un galvanómetro, que, al incidir la luz sobre su superficie, genera una débil corriente eléctrica que aumenta en función de la luz incidente. Dicha corriente se mide con un miliamperímetro, de forma analógica o digital, calibrado directamente en lux.



Figura [31]

wikipedia. (2018). Luxómetro. **Figura [31]**. Recuperado de [https://es.wikipedia.org/wiki/Lux%C3%B3metro#:~:text=Un%20lux%C3%B3metro%20\(tambi%C3%A9n%20llamado%20luxmetro,es%20el%20lux%20\(lx\).](https://es.wikipedia.org/wiki/Lux%C3%B3metro#:~:text=Un%20lux%C3%B3metro%20(tambi%C3%A9n%20llamado%20luxmetro,es%20el%20lux%20(lx).)

Medidas de la luminancia

Luminancímetro o **nitómetro**. Prácticamente es como una cámara fotográfica en la que se ha sustituido la película fotográfica por un receptor fotoeléctrico. Se basa en dos sistemas ópticos, uno de dirección y otro de medición. El de dirección se orienta de forma que la imagen coincida con el punto a medir, la luz que llega una vez orientado se ve convertida en corriente eléctrica y recogida en lectura analógica o digital, siendo los valores medidos en **cd/m²**.



Figura [32]

Lab Virtual. (2018). Luminancímetro Figura [32]. Recuperado de <http://www.uco.es/RiesgosLaborales/fisicoyquimico/radiacionesnoionizantes/photos/view/2-Luminancimetro#:~:text=El%20luminanc%C3%ADmetro%20es%20un%20medidor,en%20cuenta%20la%20luz%20ambiental.>

Luminarias

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

*Aparato de alumbrado que **reparte, filtra o transforma la luz emitida por una o varias lámparas** y que comprende todos los dispositivos necesarios para el **soporte, la fijación y protección de las lámparas**, y en caso necesario, los **circuitos auxiliares en combinación con los medios de conexión con la red de alimentación**.*



ILUMINET. (2019). Luminarias. Figura [34]. Recuperado de <https://www.iluminet.com/smartled-philips-lighting/>

Figura [34]

Luminarias

Luminaria

Aparato que **distribuye, filtra o transforma la luz** producida por una lámpara o conjunto de lámparas y que incluye todos los elementos necesarios para **fijar y proteger las lámparas y para conectarlas a la red.**

Su funciones son:

- Contener la o las lámparas
- Contener el equipo
- Proporcionar energía a las lámparas
- Distribuir la luz
- Soportar las condiciones del ambiente
- Permitir una segura y fácil instalación
- Permitir un fácil y seguro mantenimiento

Luminarias

Una primer criterio CIE es conforme a la **distribución del flujo luminoso**. Según el porcentaje del flujo luminoso emitido por encima y por debajo del plano horizontal que atraviesa la lámpara. Según esta clasificación se distinguen seis clases:

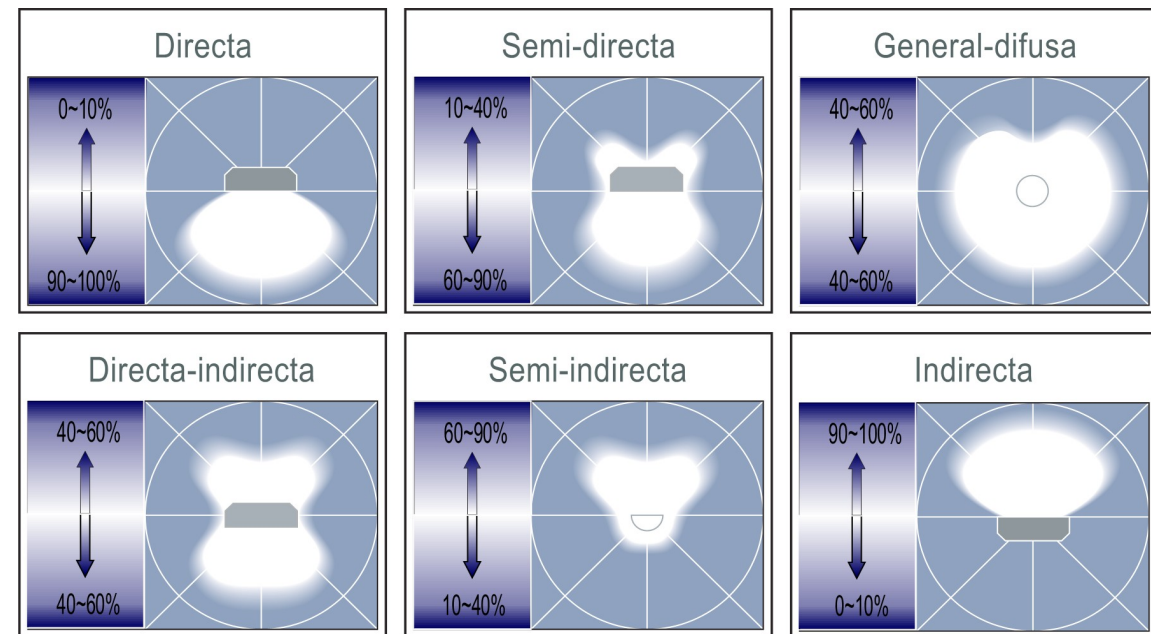


Figura [35]

Minaya, C. (2018). Luminarias. **Figura [35]**. Recuperado de <http://cesarminaya-cesarminaya.blogspot.com/p/manual-de-procedimientos-para-la.html>

Luminarias

Una **segunda clasificación** es **atendiendo al número de planos de simetría que tenga el sólido fotométrico**. Conforme a esta clasificación tenemos luminarias con simetría de revolución que tienen infinitos planos de simetría, y por tanto, 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.

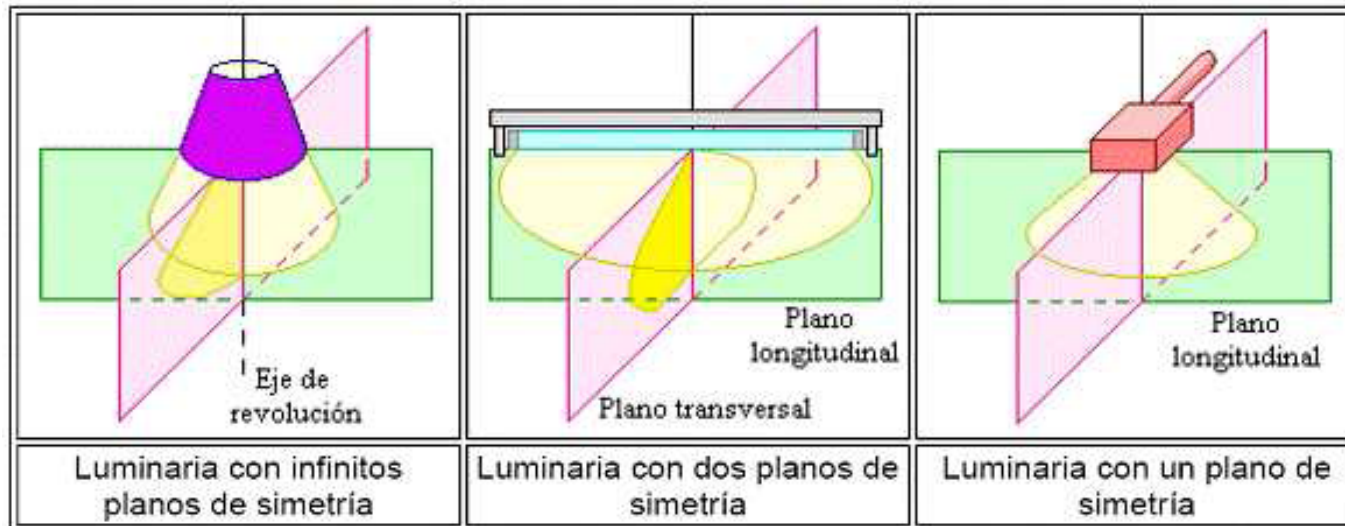


Figura [36]

Gómez, I. (2014). Clasificación CIE según distribución de la luz Figura [36]. Recuperado de <http://iguweb.blogspot.com/2014/>

Luminarias

La **tercera clasificación** de las luminarias se establece en función del **grado de protección** contra:

- Protección contra la entrada de polvo, cuerpos sólidos, humedad (**Código IP**)

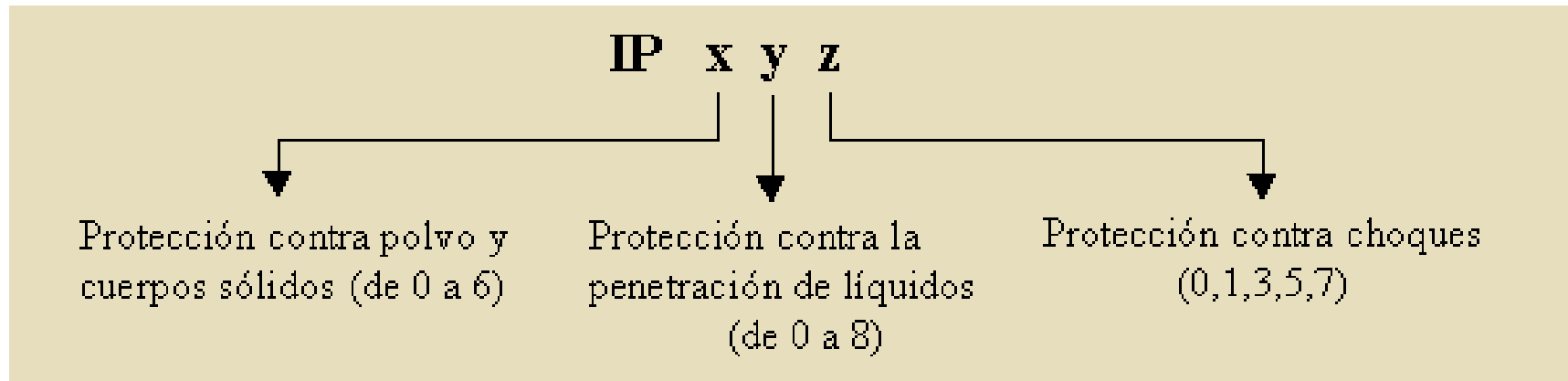


Figura [37]

- Protección contra descargas eléctricas
- Protección contra la inflamación
- Resistencia a choques mecánico (resistencia a impactos)

Gómez, I. (2014). Clasificación CIE según características mecánicas de la lámpara. **Figura [37]**. Recuperado de <http://iguweb.blogspot.com/2014/>

Luminarias

La tercera clasificación de las luminarias se establece en función del grado de protección contra:

- Protección contra la **entrada de polvo, cuerpos sólidos, humedad** (Código IP)
- Protección contra descargas eléctricas
- Protección contra la inflamación
- Resistencia a choques mecánico (resistencia a impactos)

IP20

Polvo:

- Protegida contra objetos superiores a 12mm Ø

Humedad:

- Sin protección

IP54

Polvo:

- Protegida contra acumulación polvo

Humedad:

- Protegida contra salpicaduras

IP65

Polvo:

- Protegida contra la entrada de polvo

Humedad:

- Protegida contra chorros de agua

Luminarias

Primer Dígito	Descripción	Características
0	Sin Protección	-
1	Cuerpos sólidos mayores o iguales a 50 mm de diámetro	-
2	Cuerpos sólidos mayores o iguales a 12 mm de diámetro	-
3	Cuerpos sólidos mayores o iguales a 2.5 mm de diámetro	-
4	Cuerpos sólidos mayores o iguales a 1 mm de diámetro	-
5	Penetración de polvo	No se impide por completo la entrada de polvo, pero la cantidad que logra penetrar permite al equipo seguir operando de manera óptima.
6	Totalmente aislado del polvo	Ninguna entrada de polvo

Figura [38]

Iluminet. (2019). Índice de protección IP. Figura [38]. Recuperado de <https://www.iluminet.com/el-indice-de-proteccion-ip/>

Luminarias









- Protección contra la entrada de polvo, cuerpos sólidos, **humedad** (Código IP)

Segundo Dígito	Descripción	Características
0	Sin Protección.	-
1	Caída vertical de gotas de agua.	Gotas de agua cayendo sobre el equipo de forma vertical no tendrán efectos negativos sobre este.
2	Caída de gotas de agua con una inclinación máxima de 15 grados.	-
3	Caída de lluvia fina con inclinación máxima de 60 grados.	-
4	Salpicones de agua en todos los sentidos.	La caída de agua en cualquier dirección no tendrá efectos perjudiciales sobre el equipo.
5	Chorros de agua.	-
6	Fuertes chorros de agua.	-
7	Inmersión eventual.	La inmersión eventual y con baja presión no tendrá efectos perjudiciales sobre el equipo.
8	Inmersión prolongada.	El equipo es adecuado para la inmersión prolongada bajo las condiciones que especifica el fabricante.

Iluminet. (2019). Índice de protección IP. Segundo dígito. **Figura [39]**. Recuperado de <https://www.iluminet.com/el-indice-de-proteccion-ip/>

Figura [39]

Luminarias

Símbolo	Referencia	Descripción
	IP5-	Malla sin recuadro contra agentes sólidos.
	IP6-	Malla con recuadro contra agentes sólidos.
	IP-1	Una Gota.
	IP-3	Una Gota dentro de un cuadro.
	IP-4	Una gota dentro de un triángulo.
	IP-5	-
	IP-7	Dos gotas de agua.
	IP-8	Dos gotas seguidas por la indicación de profundidad máxima en metros.

Iluminet. (2019). Índice de protección IP. Figura [40]. Recuperado de <https://www.iluminet.com/el-indice-de-proteccion-ip/>

Figura [40]

Luminarias

Por su disposición

- FIJAS:
- Downlights
- Uplights
- Balizas
- Plafón
- Bañadores
- Fibra óptica (puntual, downlight, proyector)
- Luminarias de pie
- Sistemas de carriles

Etiquetas

- Fabricante
- Código producción
- Origen del producto
- Tipo de luminaria
- Tipo de lámpara
- Voltaje nominal
- Tipo de equipo/balasto
- Factor de potencia
- Corriente nominal
- Clase eléctrica
- Código IP
- Mercado CE
- Mercado ENEC
- Temperatura ambiente

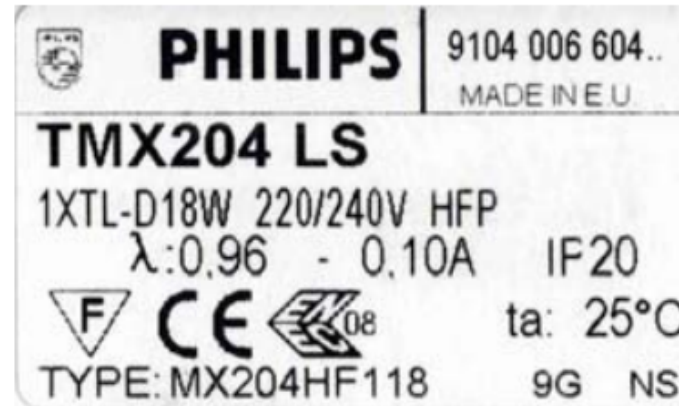


Figura [41]

Gonella. (2018). Etiquetas. Figura [41]. Recuperado de <https://www.slideshare.net/Gonella/luminarias-100347729>

Luminarias

- **Reflectores:** se diseñan para crear el haz, pero sólo controla parte de la luz emitida.
- **Lentes y Refractores:** lentes para control óptico muy preciso.
- **Difusores:** esparce la luz emitida en todas las direcciones
- **Filtros**
- **Dispositivos de apantallamiento**

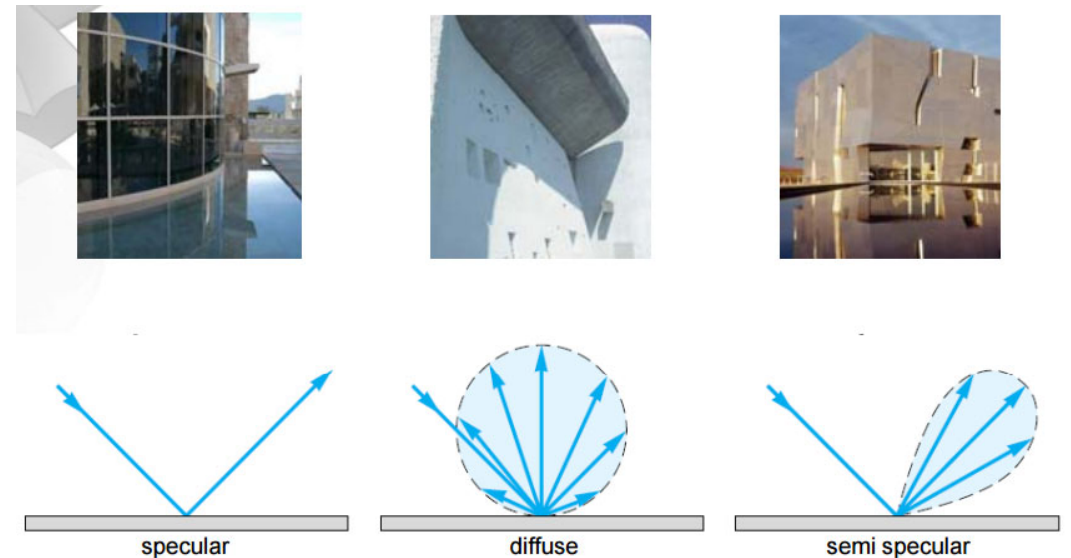
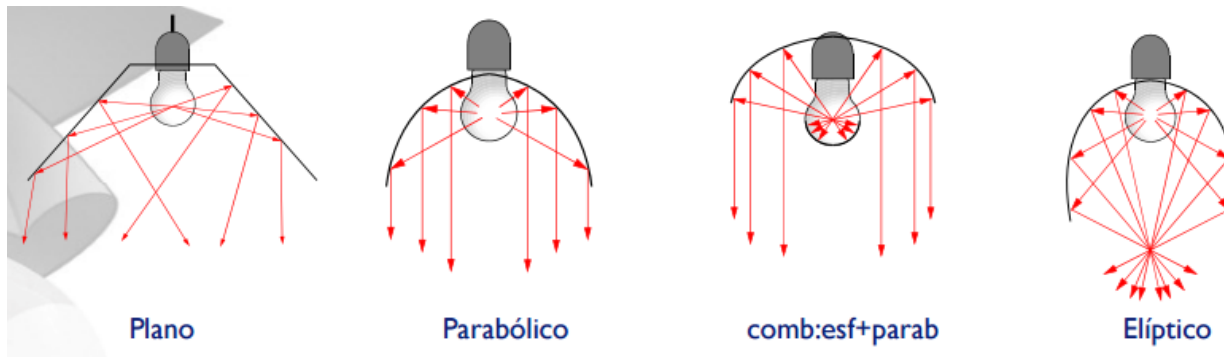


Figura [42]

Gonella. (2018).Tipologías. Figura [42]. Recuperado de <https://www.slideshare.net/Gonella/luminarias-100347729>

Luminarias

Reflectores: se diseñan para crear el haz, pero sólo controla parte de la luz emitida.



¿Qué decide la forma del haz y la distribución luminosa?

- El tipo de curva del reflector (elipse, parábola, lisa/facetada)
- Plano, parabólico
- Posición de lámpara con respecto al reflector
- Tamaño, forma y tipo de la lámpara

Figura [43]

Gonella. (2018). Reflectores. Figura [43]. Recuperado de <https://www.slideshare.net/Gonella/luminarias-100347729>

Luminarias

Refractores y lentes: un refractor o lente sirve para dirigir la luz que pasa a través de ellos



Gonella. (2018). Reflectores y lentes. Figura [44]. Recuperado de <https://www.slideshare.net/Gonella/luminarias-100347729>

Figura [44]

Luminarias

Refractores y lentes: un **refractor** o lente sirve para dirigir la luz que pasa a través de ellos

Con las **lentes** podemos **focalizar la luz**.

Con los **refractores** podemos **dispersar la luz** para reducir su brillo o **crear una determinada distribución luminosa**

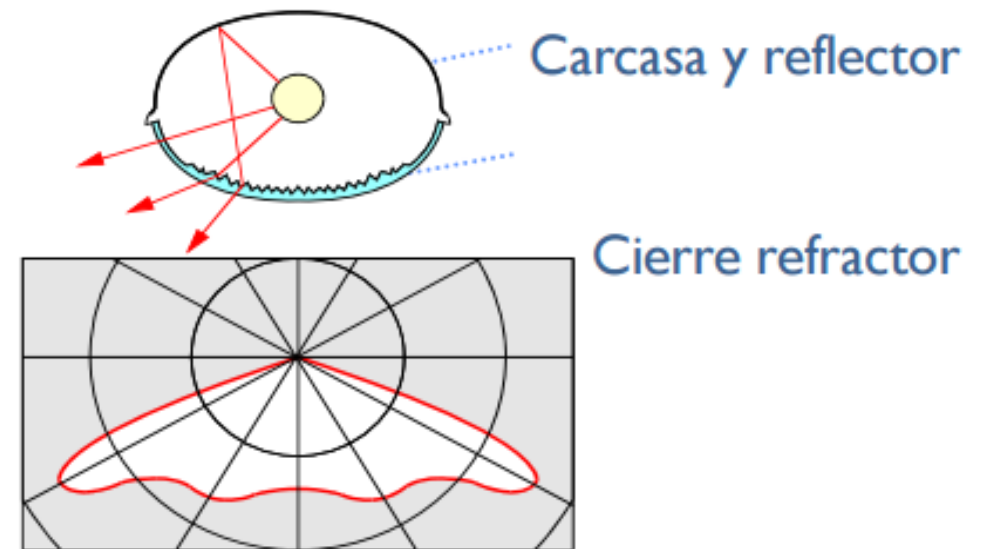


Figura [45]

Gonella. (2018). Reflectores y lentes. Figura [45]. Recuperado de <https://www.slideshare.net/Gonella/luminarias-100347729>

Luminarias

Óptica: tiene por función:

- direccionar la luz al sitio deseado
- ocultar el brillo de las lámparas
- crear la distribución luminosa
 - Directa
 - Indirecta
 - Directa/indirecta

- Simétrica
- Asimétrica

- Direccional
- Difusa

Curvas fotométricas

resultado de la combinación de los diferentes elementos de las luminarias

Lámpara

En la lámpara, la fuente energética, que siempre es de tipo eléctrico, sirve para alimentar a uno de los dos sistemas de producción de luz:

- La **incandescencia**. Derivada de la transformación de la electricidad en calor.
- La **luminiscencia**. Utilizando procedimientos distintos al térmico, consigue radiaciones luminosas por otros procedimientos como:

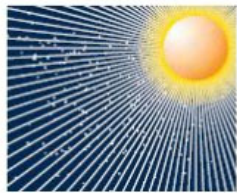


	Termorradiación	Luminiscencia	
Natural	Combustión Incandescencia  Sol	Descarga en el seno de un gas  Rayo	Radiación de un cuerpo sólido  Luciérnaga
Artificial	Llama Luz de gas Arco eléctrico Lámpara incandescente	Lámpara de vapor metálico Lámpara de gas noble Lámpara de efluvios Lámpara Xenón	Sustancia luminiscente Placa luminosa Lámpara de cuerpo sólido Fuente de luz radioactiva

Figura [46]

INDAL. (2018). Cuadro producción luz. **Figura [46]**. Recuperado de <https://grlum.dpe.upc.edu/manual/sistemasIluminacion-fuentesDeLuz.php>

Lámpara

La termorradiación es el fenómeno de emisión de energía de forma radiada que queda asociado exclusivamente a la temperatura del material.

A la parte de esta radiación que se emite dentro del espectro visible se le denomina:
Incandescencia



Figura [47]

DeConceptos. (2018). Incandescencia. Figura [47]. Recuperado de <https://deconceptos.com/tecnologia/incandescente>

Lámpara

La luminiscencia es la radiación luminosa emitida por un cuerpo por acción de un agente externo que excita los átomos de dicho cuerpo provocando saltos de electrones entre orbitales en los que se desprenden fotones de luz.

Según el procedimiento físico empleado para excitar a los átomos, el tipo de radiación y la forma en que se emite, se distingue distintos tipos de luminiscencias.



Figura [48]

ELBIOANALISTA. (2018). Luminiscencia. **Figura [48]**. Recuperado de <https://elbioanalista.blogspot.com/2017/10/luminiscencia-tipos.html>

Lámparas

Electroluminiscencia:

- Lámparas de Descarga
- LEDs
- Tubos catódicos

Fotoluminiscencia:

- Fluorescencia
- Fosforescencia
- Laser

Otras

- Bioluminiscencia
- Quimioluminiscencia
- Radioluminiscencia
- Triboluminiscencia

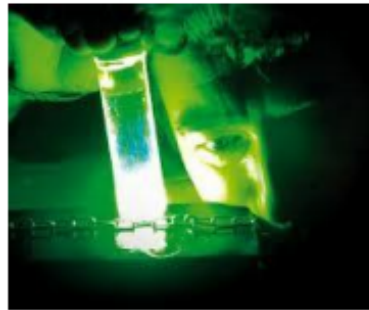


Figura [49]

ELBIOANALISTA. (2018). Luminiscencia. Figura [49]. Recuperado de <https://elbioanalista.blogspot.com/2017/10/luminiscencia-tipos.html>

Lámparas Incandescentes

(Prohibidas su fabricación desde CE)

Son las lámparas incandescentes en sus distintas modalidades: convencionales, halógenas, halógenas mejoradas.

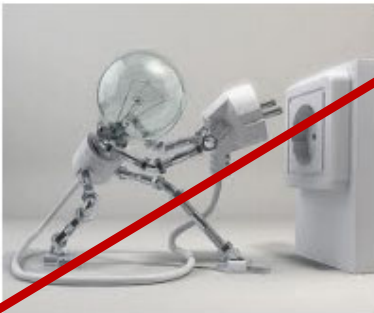


Figura [50]

Blogbombillas. (2015). Lámparas incandescentes. **Figura [51]**. Recuperado de <https://www.blogbombillas.com/search/label/incandescente>

Lámparas Incandescentes

Como consecuencia de su bajo rendimiento luminoso y su correspondiente baja eficiencia energética, fueron prohibidas por la Unión Europea y se encuentran actualmente en proceso de descatalogación, de acuerdo con el cronograma adjunto:



FECHAS ELIMINACIÓN INCANDESCENCIA									
	Sep. 2009*	Sep. 2010	Sep. 2011	Sep. 2012	Sep. 2013	Sep. 2014	Sep. 2015	Sep. 2016	Sustitución
	15W 25W 40W 60W 75W 100W	15W 25W 40W 60W 75W 100W	15W 25W 40W 60W 75W 100W	15W 25W 40W 60W 75W 100W	Prohibición todas las lámparas GLS				HAL ES CFLI LED
	Lámparas GLS mate serán prohibidas, salvo si tienen eficacia A								HAL ES CFLI LED
	15W 25W 40W 60W 75W 100W	Las medidas a implementar en lámparas reflectoras serán decididas a finales del presente año							CFLI LED
	Lámparas para aplicaciones especiales								
* Clase energética C se eliminarán Sept. 2009									

FECHAS ELIMINACIÓN HALÓGENA									
	Sep. 2009	Sep. 2010	Sep. 2011	Sep. 2012	Sep. 2013	Sep. 2014	Sep. 2015	Sep. 2016	Sustitución
	<60 lm 60 lm 450 lm 725 lm >950 lm	<60 lm 60 lm 450 lm 725 lm >950 lm	<60 lm 60 lm 450 lm 725 lm >950 lm	<60 lm 60 lm 450 lm 725 lm >950 lm	Prohibición lámparas Halógenas clase D&E			Prohibir Clase C*	HAL ES CFLI LED
	Lámparas Halógenas mate serán prohibidas, salvo si tienen eficacia A								HAL ES CFLI LED
	15W 25W 40W 60W 75W 100W	Las medidas a implementar en lámparas reflectoras serán decididas a finales del presente año							CFLI LED
	Lámparas para aplicaciones especiales								
* Excepto G8/R7s: Clase energética C									

Figura [51]

Blogbombillas. (2014). Lámparas incandescentes. Figura [51]. Recuperado de <https://www.blogbombillas.com/2014/06/calendario-de-cuando-dejaran-de.html>

Lámparas Halógenas

Las lámparas halógenas claras de 950 lúmenes (lm) y las halógenas mates (salvo las de eficacia A) quedaron fuera del mercado el 1 de septiembre de 2009. En la misma línea, el 1 de septiembre de 2010 se retiraron las halógenas claras de 725 lm, en 2011 las de 450 lm y en 2012 las de 60 lm.

En 2013 se prohibió fabricar e importar halógenas de clase energética D ni E, y finalmente, en 2016 le llegó el turno a las halógenas de clase C.

FECHAS ELIMINACIÓN HALÓGENA

	Sep. 2009	Sep. 2010	Sep. 2011	Sep. 2012	Sep. 2013	Sep. 2014	Sep. 2015	Sep. 2016	Sustitución		
	<60 lm 60 lm 450 lm 725 lm >950 lm	<60 lm 60 lm 450 lm 725 lm >950 lm	<60 lm 60 lm 450 lm 725 lm >950 lm	<60 lm 60 lm 450 lm 725 lm >950 lm	Prohibición Lámparas Halógenas Clase D&E			Prohibir Clase C*			
									HAL ES		
	Lámparas Halógenas mates serán prohibidas, salvo si tienen eficacia A										
									HAL ES		
	15W 25W 40W 60W 75W 100W	Las medidas a implementar en lámparas reflectoras serán decididas a finales del presente año									
	CFLi								LED		
	Lámparas para aplicaciones especiales										

* Excepto G9/R7s: Clase energética C

Figura [52]

ANFALUM. (2013). Lámparas Halógenas. **Figura [52]**. Recuperado de http://contenidos.ceoe.es/resources/image/jornada_eficiencia_energetica_edificacion_2013_04_25_presentacion_03.pdf

La fluorescencia es la propiedad que tienen determinadas sustancias de **recibir una radiación** de una determinada frecuencia y longitud de onda y **reflejarla con otra frecuencia distinta**.

Las compactas deben su nombre al hecho de incluir con la lámpara todos los elementos que componen el equipo de encendido. Generalmente están dotadas de un casquillo convencional de incandescencia.



Figura [53]

EPARRA. (2013). Lámparas descarga. **Figura [53]**. Recuperado de <https://bricos.com/2013/08/lamparas-de-descarga-sodio-y-mercurio-alta-y-baja-presion/>

Para que se desarrolle la descarga en el tubo de la lámpara y se desencadene el proceso se necesita un **equipo auxiliar** formado por **un balasto y un cebador**.

El **fenómeno estroboscópico** que producen **genera fatiga visual**.

Para evitar este fenómeno se emplean los **balastos electrónicos**.

- Mejoran la eficacia luminosa del conjunto en un 25%
- Favorecen la vida útil de los tubos
- Reúnen todos los elementos en un único volumen

Formatos habituales de las lámparas fluorescentes estándar y compactas.

Modelo	E lm/w	Vida U. h	Tª Color	IRC %
Estándar \varnothing 38 mm	45-83	7500	3000-6500	51-93
Estándar \varnothing 26 mm	85-96	7500	2700-6500	60-85
\varnothing 26 mm balastro eléctrico	Hasta 140	9000	2700-6500	60-85
\varnothing 26 mm trifósforos	60-65	7500	2700-6500	98
Compactas normales	50-80	6000	2700-4000	80-85
Compactas electrónicas	55-65	8000	2700	85

Figura [54]

Muñoz González, C. (2019). Características lámparas descargas. Figura [54]

Básicamente son **lámparas de vapor de mercurio a alta presión** en cuyo tubo de descarga se ha introducido cierta porción de sales metálicas de ácidos halogenados: ioduro de indio, sodio y talio.

Con estas modificaciones se consigue mejorar las características fundamentales de las anteriores lámparas.

Reducen a niveles despreciables la radiación ultravioleta a favor del flujo luminoso.

Las lámparas son **especialmente sensibles a las variaciones de tensión**, lo que acarrea **cambios en la temperatura de color y el flujo luminoso** y la necesidad de disponer **ignitores o arrancadores electrónicos**.

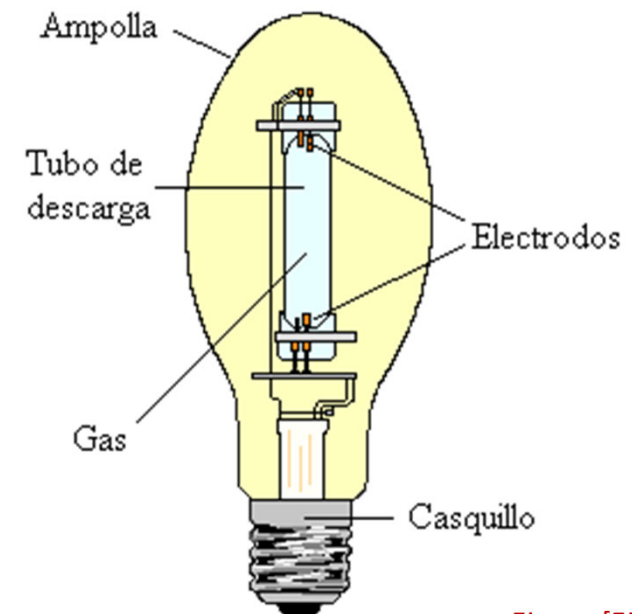


Figura [55]

CITCEA. (2018). Partes de lámpara descarga. Figura [55]. Recuperado de <https://recursos.citcea.upc.edu/llum/lamparas/ldesc1.html>

Lámparas Descarga

Halogenuro metálico

Formatos habituales de las lámpara de halogenuros metálicos

Las **ovoides** y **tubulares** son propicias para la **proyección interior y exterior**, y para el alumbrado industrial y público. **Las segundas** están más indicadas para la **iluminación deportiva** y estudios de televisión. Las lineales, empleadas siempre en proyectores cerrados, y las tubulares de interior tienen su campo en el alumbrado decorativo de interior. La lineal de 1.800 w está pensada para un proyector de grandes áreas deportivas exteriores o iluminación residencial.

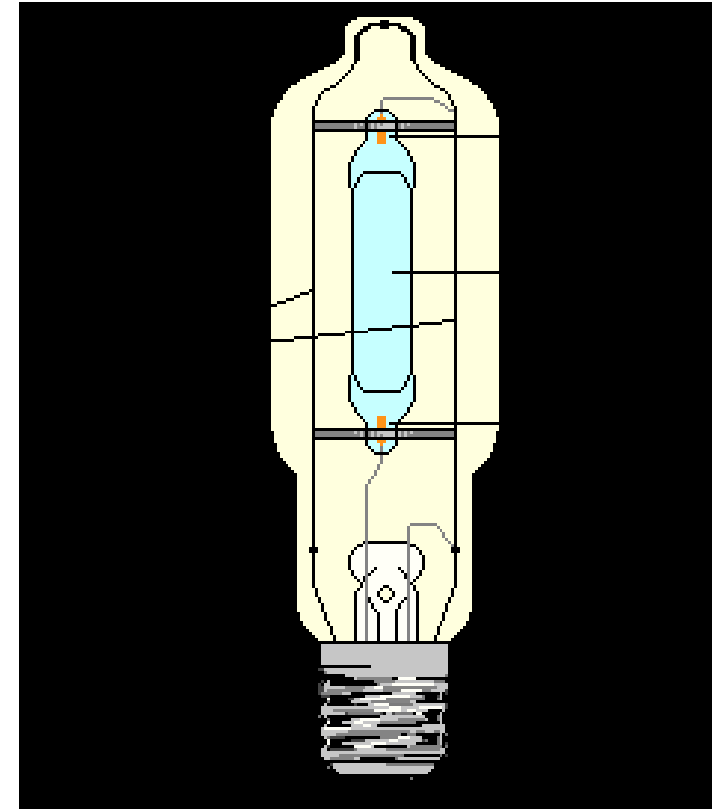


Figura [56]

CITCEA. (2018). Lámpara halogenuro metálica. Figura [56]. Recuperado de <https://recursos.citcea.upc.edu/llum/>

Es una lámpara de doble envoltura transparente y **siempre cilíndrica** que contiene en su interior un tubo de descarga de vidrio en forma de «U» en cuyo interior hay neón a baja presión con sodio puro y un electrodo en espiral en el extremo. Su luz es monocromática amarillenta.



Figura [57]

GRAU LUMINOTECNIA. (2018). Iluminación sodio. Figura [57]. Recuperado de <https://grauluminotecnia.me/2014/11/24/iluminacion-en-las-ciudades/>

Se ensamblan hoy en día en todo tipo de formatos para sustitución directa de lámparas incandescentes, de halógenas, y de compactas de bajo consumo, pero también en forma de tubo para sustitución de fluorescentes, o incluso en proyectores y todo tipo de luminarias para sustituir progresivamente a las lámparas de descarga de alta intensidad.

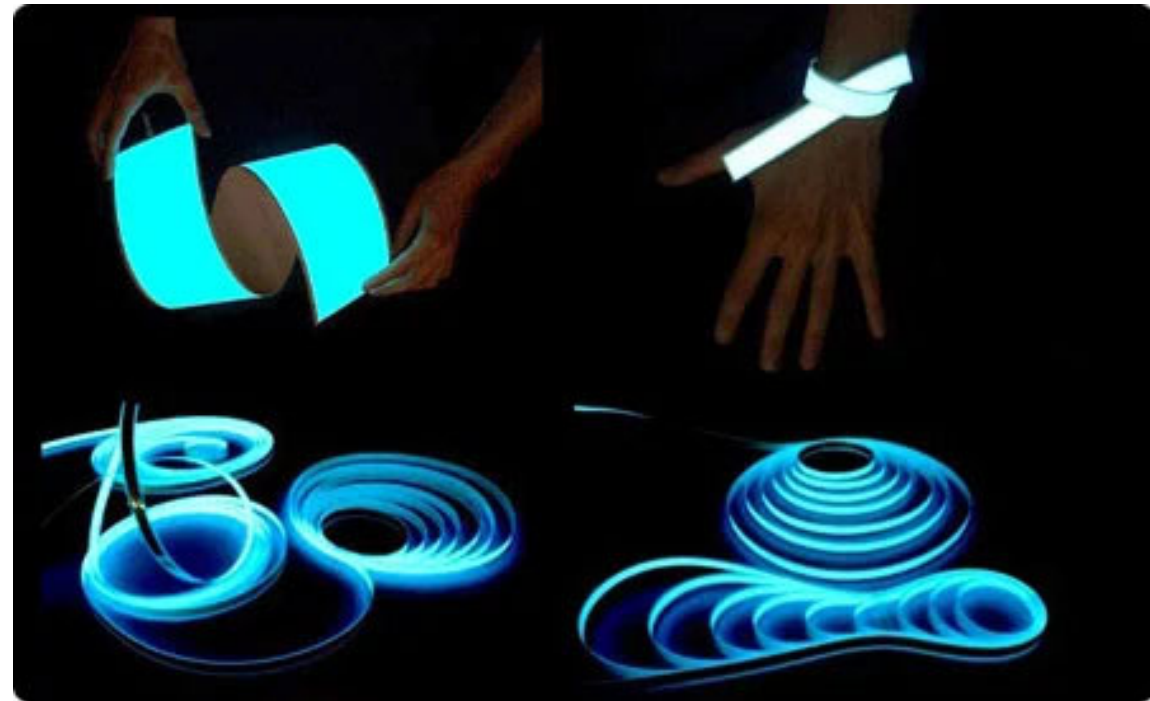


Figura [58]

EFACTOLED. (2017). Electroluminiscencia. **Figura [58]**. Recuperado de <https://www.efactoled.com/blog/que-es-la-electroluminiscencia/>

RESUMEN

	Gama de potencias (W)	Vida útil (h)	Eficacia (lm/W)	Tª color (k)	IRC(%)	Encendido y reencendido	Equipo auxiliar
Incandescentes	25-2000	1000	8-21,5	2700	100	Instantáneo	no
Halógena	40-100	2000	15-27	2800	100	Instantáneo	si
Tubos fluorescentes	16-65	5000-6000	48-80	2700-6000	70-98	Instantáneo	si (balasto y cebador)
Fluorescente compacta	7,5-50	8000	57-65	2700-6000	85	Instantáneo	Si (balasto electrónico)
Luz de mezcla	160-500	6000	19-28	3600	60	E: 2min, R: 5-10 min	no
Mercurio A.P.	50-2000	24000	32-60	3500-4500	40-70	E:4-5 min, R:3-6 min	no
Halogenuro metálico	70-3500	10000	75-105	3000-6000	80-90	E: 3-10 min	si (arrancador)
Inducción	70-150	60000	80	3000	>80	Instantáneo	Si (balasto electrónico)
Sodio B.P.	18-180	6000-8000	100-199	-	-	E:15min R:3min	si
Sodio A.P.	35-1000	8000	60-130	2000-2200	25-50	E:5-10min R:1min	si
Sodio Blanco	35-150	12000-15000	40-50	2500	85	E: 12min, R: 3min	Balasto y unidad control
LEDs	1,5-50	50000	60 - 120	2500 - 8000	70 - 98	Instantáneo	Si, incorporado en luminaria

Figura [59]

Muñoz González, C. (2019). Resumen. Figura [59]

RESUMEN

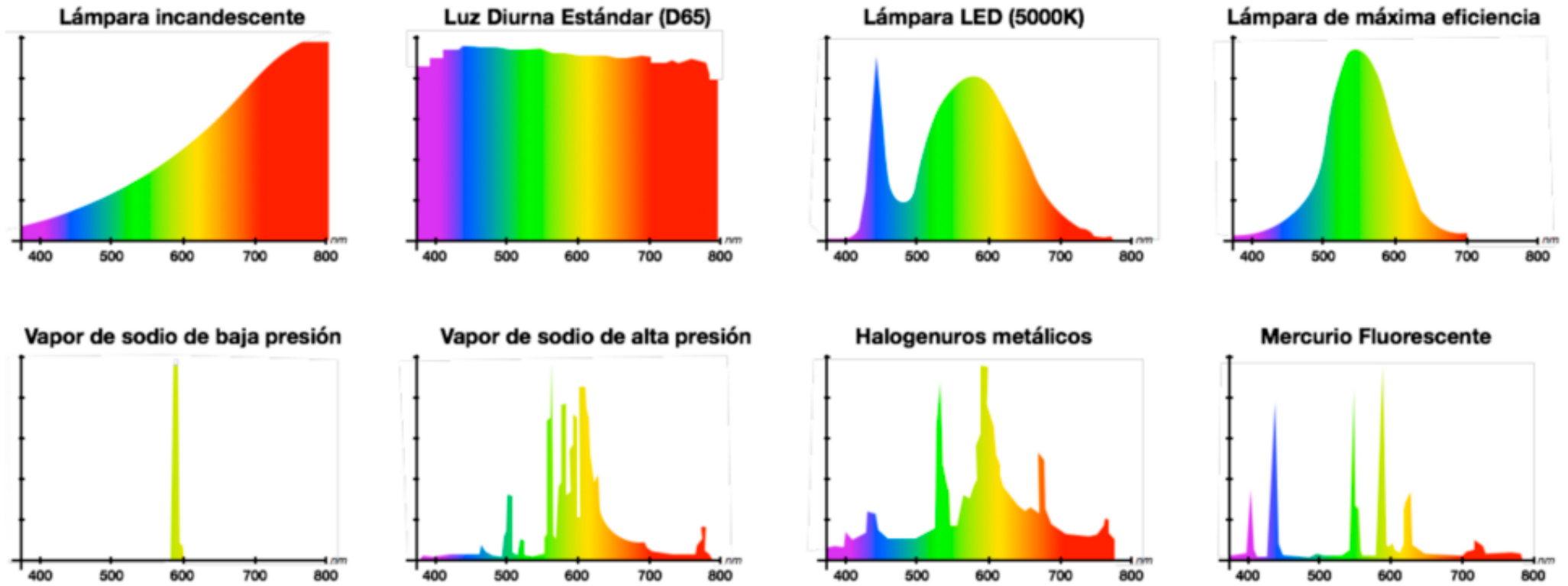


Figura [60]

TILOOM. (2018). Espectro lámparas. Figura [60]. Recuperado de <https://www.tiloom.com/luz-artificial-i-diferencias-entre-las-fuentes-de-luz/>

CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO

- DATOS PREVIOS
- COEFICIENTE O FACTOR DE UTILIZACIÓN
- CÁLCULO DE NÚMERO DE LUMINARIAS (MÉTODO DE FLUJO)
- CÁLCULO DE ILUMINANCIAS PUNTUALES

CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO

DATOS PREVIOS

Flujo luminoso (lm) y Eficiencia (lm/W)

Multiplicamos la **eficiencia** por el **número** y la **potencia** de las **lámparas** de la luminaria, podrá obtenerse el **flujo luminoso** proporcionado por el **equipo**

CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO

Niveles de iluminación (E)

En función del uso de los locales es necesario establecer unos niveles de iluminación (lx) pudiendo aplicar las siguiente referencias.

- Escaleras, almacenes, garaje, aseos etc.....100-150 lx
- Vestíbulos, pasillos, bares, Salas de estar, etc...200-250 lx
- Consultas, S. Lecturas, tiendas, auditorios, etc. 300-350 lx
- Aulas, despachos, cocinas, consultas etc. 400-500 lx
- Laboratorios, Oficinas generales, tratamientos 600-700 lx

CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO

Factor de depreciación (fm)

Debido al envejecimiento y a la falta de mantenimiento de las luminarias, parte del flujo luminoso se pierde y por tanto es necesario considerar un factor de depreciación (fm) que se puede estimar.

- Salas limpias con buen mantenimiento $fm=0.8$
- Salas limpias sin mantenimiento $fm= 0.7$
- Salas sucias sin mantenimiento $fm= 0.6$

CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO

Coeficiente o factor de utilización (η)

El coeficiente de utilización es un factor **indicado por el fabricante** de la luminaria. Según el tipo de iluminación pueden aplicarse los valores de C_u , obtenidos de las siguientes tablas.

Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización (η)								
		Factor de reflexión del techo								
		0.7			0.5			0.3		
		Factor de reflexión de las paredes								
		0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1
	1	.28	.22	.16	.25	.22	.16	.26	.22	.16
	1.2	.31	.27	.20	.30	.27	.20	.30	.27	.20
	1.5	.39	.33	.26	.36	.33	.26	.36	.33	.26
	2	.45	.40	.35	.44	.40	.35	.44	.40	.35
	2.5	.52	.46	.41	.49	.46	.41	.49	.46	.41
	3	.54	.50	.45	.53	.50	.45	.53	.50	.45
	4	.56	.52	.47	.55	.52	.47	.55	.52	.47
	5	.63	.60	.56	.63	.60	.56	.62	.60	.56
	6	.68	.63	.60	.66	.63	.60	.65	.63	.60
	8	.71	.67	.64	.69	.67	.64	.68	.67	.64
	10	.72	.70	.67	.71	.70	.67	.71	.70	.67

Figura [61]

CITCEA. (2018). Factor utilización. Figura [61]. Recuperado de <https://recursos.citcea.upc.edu/llum/interior/iluint2.html>

CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO

Calcular el **índice del local (k)** a partir de la geometría de este. En el caso del **método europeo** se calcula como

Sistema de iluminación	Índice del local
Iluminación directa, semidirecta, directa-indirecta y general difusa	$k = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)}$
Iluminación indirecta y semiindirecta	$k = \frac{3 \cdot a \cdot b}{2 \cdot (h + 0.85) \cdot (a + b)}$

Donde **k** es un número comprendido entre 1 y 10. A pesar de que se pueden obtener valores mayores de 10 con la fórmula, no se consideran pues la diferencia entre usar diez o un número mayor en los cálculos es despreciable

Figura [62]

CITCEA. (2018). Índice local. Figura [62]. Recuperado de <https://recursos.citcea.upc.edu/llum/interior/iluintz.html>

CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO

	Color	Factor de reflexión (ρ)
Techo	Blanco o muy claro	0.7
	claro	0.5
	medio	0.3
Paredes	claro	0.5
	medio	0.3
	oscuro	0.1
Suelo	claro	0.3
	oscuro	0.1

Figura [63]

CITCEA. (2018). Factor reflexión. Figura [63]. Recuperado de <https://recursos.citcea.upc.edu/llum/interior/iluintz.html>

CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO

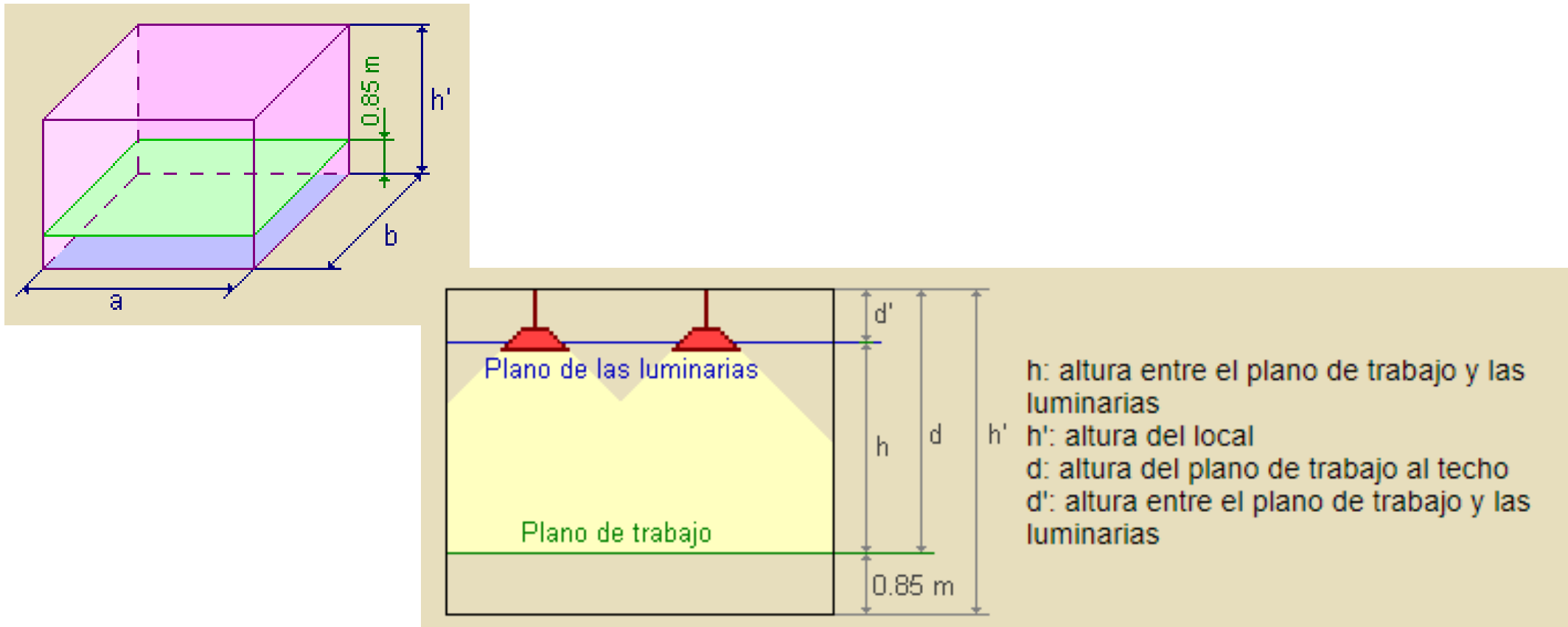
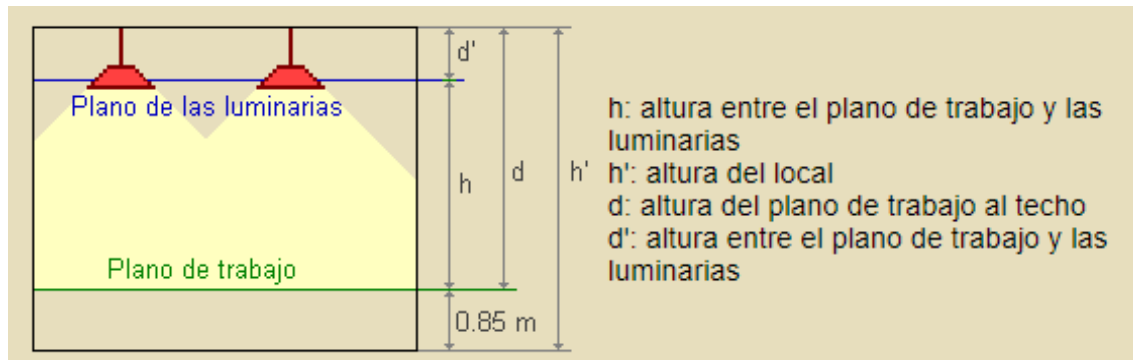


Figura [64]

CITCEA. (2018). Esquemas para cálculo. **Figura [64]**. Recuperado de <https://recursos.citcea.upc.edu/llum/interior/iluintz.html>

CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO



	Altura de las luminarias
Locales de altura normal (oficinas, viviendas, aulas...)	Lo más altas posibles
Locales con iluminación directa, semidirecta y difusa	Mínimo: $h = \frac{2}{3} \cdot (h' - 0.85)$ Óptimo: $h = \frac{4}{5} \cdot (h' - 0.85)$
Locales con iluminación indirecta	$d' \approx \frac{1}{4} \cdot (h' - 0.85)$ $h \approx \frac{3}{4} \cdot (h' - 0.85)$

Figura [65]

CITCEA. (2018). Esquemas para cálculo. **Figura [65]**. Recuperado de <https://recursos.citcea.upc.edu/llum/interior/iluintz.html>

CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO

Cálculo del flujo luminoso total necesario

donde:

- ▶ Φ_T es el flujo luminoso total
- ▶ E es la iluminancia media deseada
- ▶ S es la superficie del plano de trabajo
- ▶ η es el factor de utilización
- ▶ f_m es el factor de mantenimiento

$$\Phi_T = \frac{E \cdot S}{\eta \cdot f_m}$$

Figura [66]

CITCEA. (2018). Flujo luminoso. Figura [66]. Recuperado de <https://recursos.citcea.upc.edu/llum/interior/iluint2.html>

CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO

donde:

- ▶ N es el número de luminarias
- ▶ Φ_T es el flujo luminoso total
- ▶ Φ_L es el flujo luminoso de una lámpara
- ▶ n es el número de lámparas por luminaria

$$N = \frac{\Phi_T}{n \cdot \Phi_L}$$

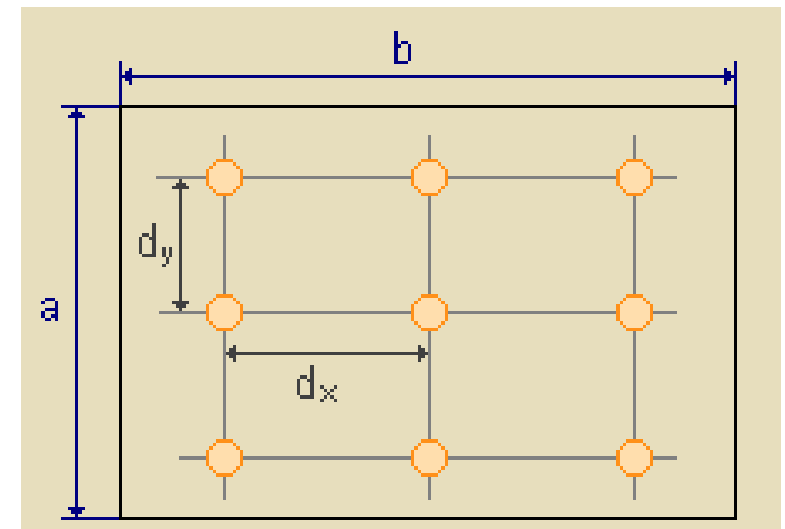
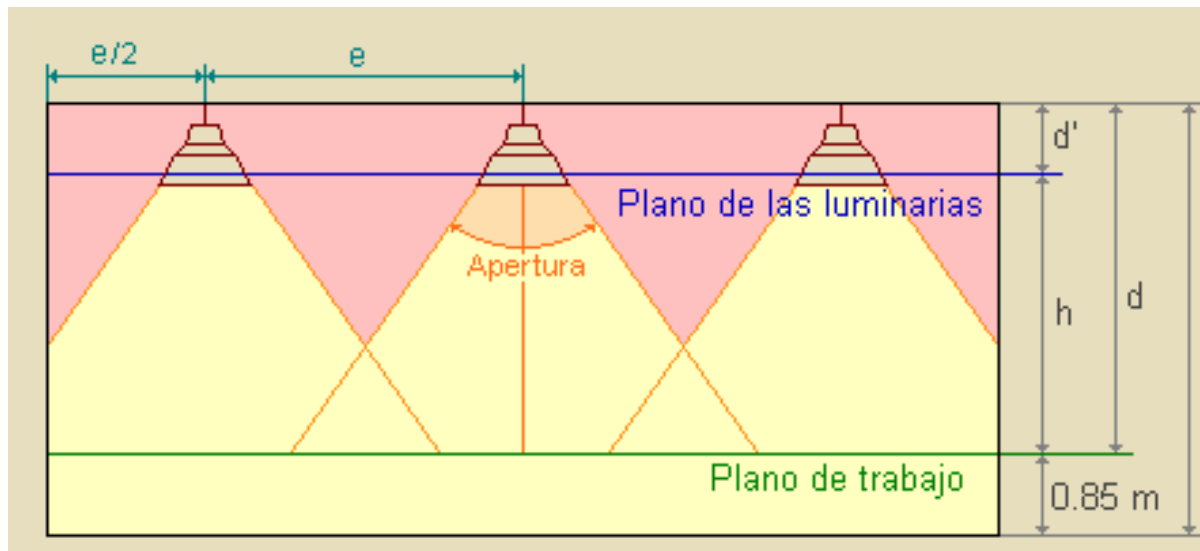
Figura [67]

CITCEA. (2018). Fórmula número de luminarias. Figura [67]. Recuperado de <https://recursos.citcea.upc.edu/llum/interior/iluint2.html>

CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO

Disposición de luminarias

Una vez hemos calculado el **número mínimo de lámparas y luminarias** procederemos a **distribuir las sobre la planta del local**. En los locales de **planta rectangular** las luminarias se **reparten de forma uniforme** en filas paralelas a los ejes de simetría del local según las fórmulas



CITCEA. (2018). Disposición luminarias. Figura [68]. Recuperado de <https://recursos.citcea.upc.edu/llum/interior/iluintz.html>

Figura [68]

CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO

Mientras más abierto sea el haz y mayor la altura de la luminaria **más superficie iluminará** aunque será **menor** el **nivel de iluminancia** que llegará al plano de trabajo. De la misma manera, vemos que **las luminarias próximas a la pared** necesitan estar más cerca para iluminarla (normalmente la mitad de la distancia).

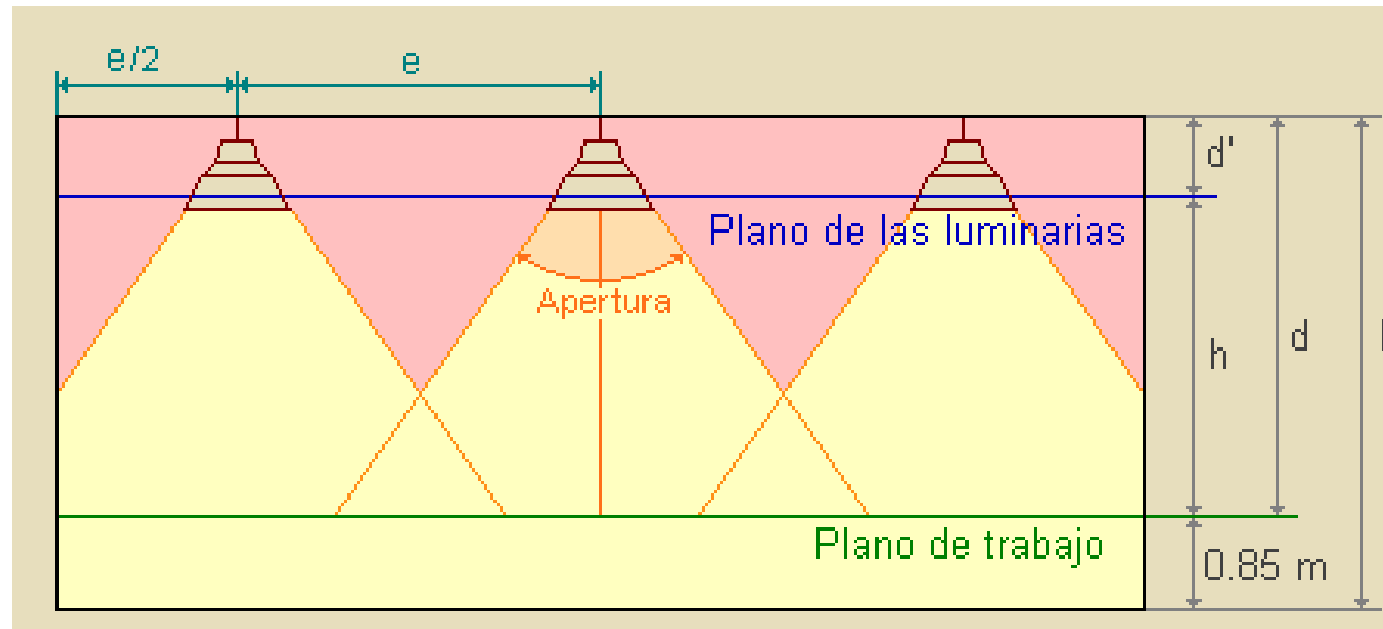


Figura [69]

CITCEA. (2018). Disposición luminarias. Figura [69]. Recuperado de <https://recursos.citcea.upc.edu/llum/interior/iluint2.html>

CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO

Tipo de luminaria	Altura del local	Distancia máxima entre luminarias
intensiva	> 10 m	$e \leq 1.2 h$
extensiva	6 - 10 m	$e \leq 1.5 h$
semiextensiva	4 - 6 m	
extensiva	$\leq 4 m$	$e \leq 1.6 h$
distancia pared-luminaria: $e/2$		

Comprobación de los resultados

Iluminancia media obtenida en la instalación diseñada es igual o superior a la recomendada en las tablas

$$E_m = \frac{n \cdot \Phi_L \cdot \eta \cdot f_m}{S} \geq E_{\text{tablas}}$$

Figura [70]

CITCEA. (2018). Comprobación de resultados. Figura [68]. Recuperado de <https://recursos.citcea.upc.edu/llum/interior/iluint2.html>

CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO

Método del punto por punto

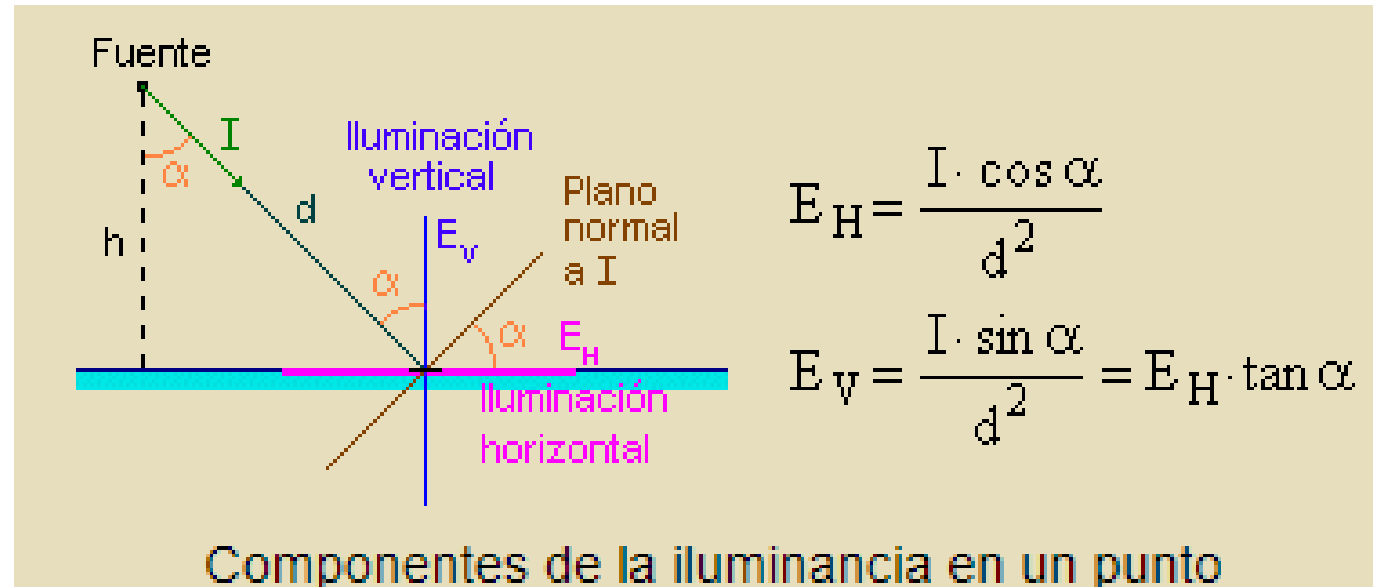
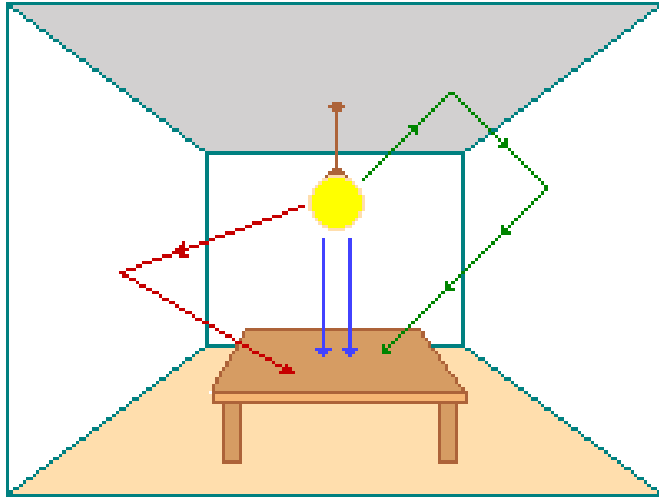


Figura [71]

CITCEA. (2018). Método del punto por punto Figura [71]. Recuperado de <https://recursos.citcea.upc.edu/llum/interior/iluintz.html>

VALOR EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA INSTALACIÓN

La **eficiencia energética de una instalación** de iluminación de una zona, se determinará mediante el **Valor de Eficiencia Energética de la instalación** VEEI (W/m²) por cada 100 lux, mediante la siguiente expresión

$$VEEI = P \times 100 / S \times E_m$$

siendo

- P** la potencia total instalada en lámparas más los equipos auxiliares [W];
- S** la superficie iluminada [m²];
- E_m** la iluminancia media horizontal mantenida [lux].

VALOR EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA INSTALACIÓN

- Con el fin de establecer los correspondientes valores de eficiencia energética límite, las instalaciones de iluminación se identificarán, según el uso de la zona dentro de uno de los 2 grupos siguientes:
 - **Grupo 1:** Zonas de no representación o espacios donde el criterio de diseño, la imagen o el estado anímico que se quiere transmitir al usuario con la iluminación, queda relegado aun segundo plano frente a otros criterios como el nivel de iluminación, el confort visual, la seguridad y la eficiencia energética.
 - **Grupo 2:** Zonas de representación o espacios donde el criterio de diseño, la imagen o el estado anímico que se quiere transmitir al usuario con la iluminación, son preponderantes frente a los criterios de eficiencia energética.
- Los VEEI límite en recintos interiores de un edificio se establecen en la tabla 2.1. Estos valores incluyen la iluminación general y la iluminación de acento, pero no las instalaciones de iluminación de escaparates y zonas expositivas.

VALOR EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA INSTALACIÓN

DB-HE3: Eficiencia Energética de las Instalaciones de Iluminación.

Tabla 2.1 Valores límite de eficiencia energética de la instalación

Zonas de actividad diferenciada	VEEI límite
administrativo en general	3,0
andenes de estaciones de transporte	3,0
pabellones de exposición o ferias	3,0
salas de diagnóstico ⁽¹⁾	3,5
aulas y laboratorios ⁽²⁾	3,5
habitaciones de hospital ⁽³⁾	4,0
recintos interiores no descritos en este listado	4,0
zonas comunes ⁽⁴⁾	4,0
almacenes, archivos, <i>salas técnicas</i> y cocinas	4,0
aparcamientos	4,0
espacios deportivos ⁽⁵⁾	4,0
estaciones de transporte ⁽⁶⁾	5,0
supermercados, hipermercados y grandes almacenes	5,0
bibliotecas, museos y galerías de arte	5,0
zonas comunes en edificios no residenciales	6,0
centros comerciales (excluidas tiendas) ⁽⁷⁾	6,0
hostelería y restauración ⁽⁸⁾	8,0
religioso en general	8,0
salones de actos, auditorios y salas de usos múltiples y convenciones, salas de ocio o espectáculo, salas de reuniones y salas de conferencias ⁽⁹⁾	8,0
tiendas y pequeño comercio	8,0
habitaciones de hoteles, hostales, etc.	10,0
locales con nivel de iluminación superior a 600lux	2,5

DB-HE3 CTE. (2019). Valor eficiencia energética. Figura [72]

Figura [72]