

LUMINOTECNIA

- 1 Conceptos fundamentales de luminotecnia
 - 1.1 Ondas electromagnéticas y radiación
 - 1.2 Espectro electromagnético. Ley de Plank
 - 1.3 Flujo radiante
 - 1.4 Sensibilidad del ojo humano
 - 1.5 Flujo luminoso
 - 1.6 Rendimiento luminoso
 - 1.7 Cantidad de luz
 - 1.8 Intensidad luminosa
 - 1.9 Iluminancia o iluminación
 - 1.10 Ley fundamental
 - 1.11 Luminancia
 - 1.12 Contraste
 - 1.13 Materia
 - 1.14 Resumen de magnitudes
 - 1.15 Niveles de iluminación
- 2 Fuentes de luz
 - 2.1 Temperatura de color T_c
 - 2.2 Índice de rendimiento cromático R_a
 - 2.3 Depreciación luminosa
 - 2.4 Duración
 - 2.5 Tipos de fuentes de luz
 - 2.5.1 Lámparas incandescentes
 - 2.5.1.1 Aplicaciones
 - 2.5.2 Lámparas de descarga
 - 2.5.2.1 Aplicaciones
 - 2.5.3 Lámparas fluorescentes
 - 2.5.3.1 Aplicaciones
 - 2.5.4 Otros tipos de lámparas
 - 2.5.5 Resumen

2.5.6 Comparativo de eficacia de las lámparas

2.5.7 Iluminancia y temperatura de color

3 Componentes y sistemas de alumbrado

4 Cálculo de alumbrado interior

4.1 Planteamiento general

4.2 Índice del local

4.3 Clasificación de luminarias

4.4 Secuencia de cálculo

4.5 Tablas. Curvas de distribución

4.6 Factores de conservación

4.7 Ejercicios

LUMINOTECNIA

1 CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE LUMINOTECNIA

La luz es un fenómeno físico que producen algunos cuerpos; el sol, un objeto incandescente, etc., emiten energía radiante que el ojo percibe al recibirla directamente desde la fuente emisora o reflejada por otros objetos.

1.1 ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS Y RADIACIÓN

Las ondas electromagnéticas son variaciones periódicas de los campos eléctricos y magnéticos que se propagan en el espacio.

La energía transportada por las ondas electromagnéticas se llama energía radiante. La radiación es el proceso por el que se genera la energía radiante.

1.2 ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO. LEY DE PLANK

Los intercambios de energía entre la energía radiante y la materia, tienen lugar solo por cantidades discretas de energía (cuantos).

$$E = f h$$

En donde E es la energía,

f es la frecuencia y h es la constante de Plank

Si c es la velocidad de propagación de la luz, la longitud de onda λ y la frecuencia f están relacionadas por:

$$c = \lambda f$$

En la Fig. 1 se adjunta el espectro electromagnético, con la clasificación de las radiaciones en función de la longitud de onda y de la frecuencia.

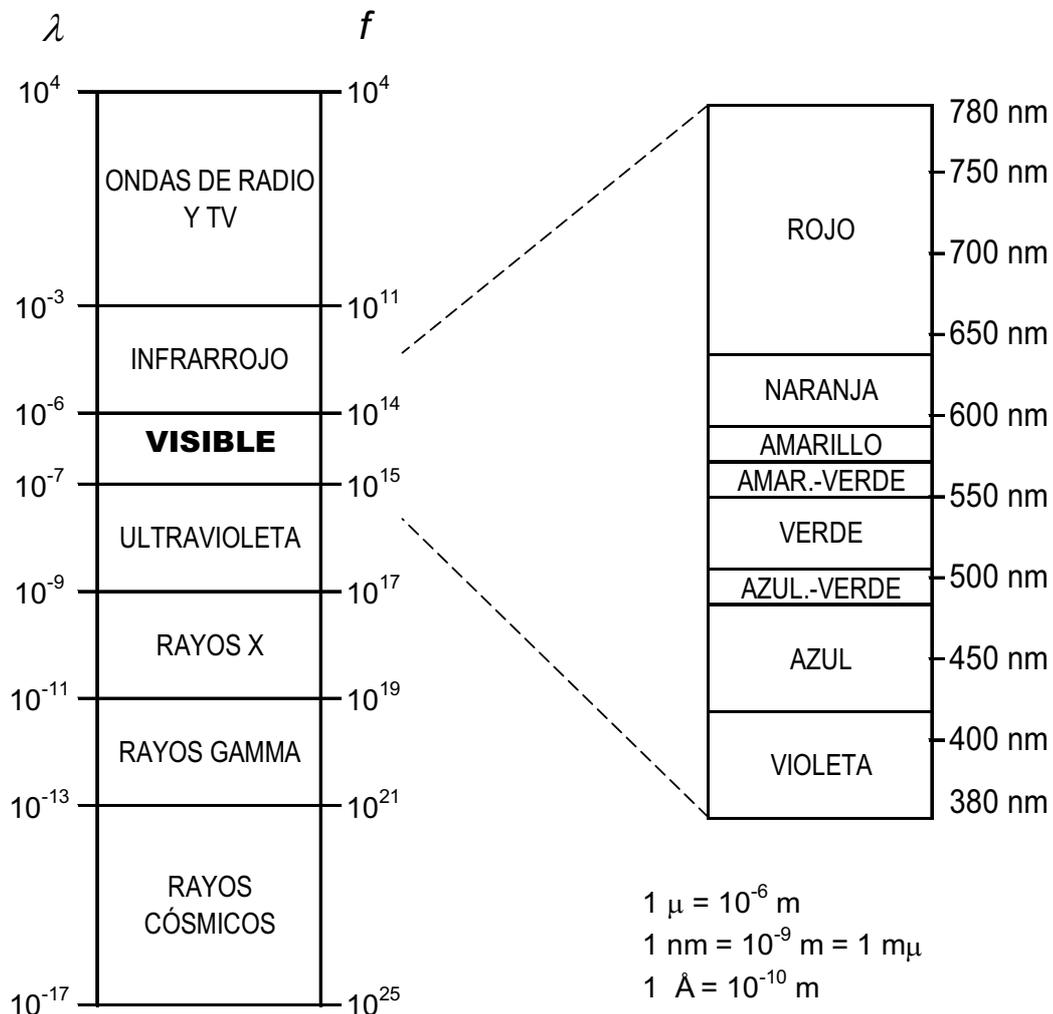


Fig. 1 Espectro electromagnético

1.3 FLUJO RADIANTE

Es la cantidad de energía radiante que llega a una superficie en la unidad de tiempo, o la cantidad de energía radiante emitida por un manantial en la unidad de tiempo.

Es, por tanto, independiente de cualquier sensación visual.

1.4 SENSIBILIDAD DEL OJO HUMANO

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

La curva de la Fig. 2 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.

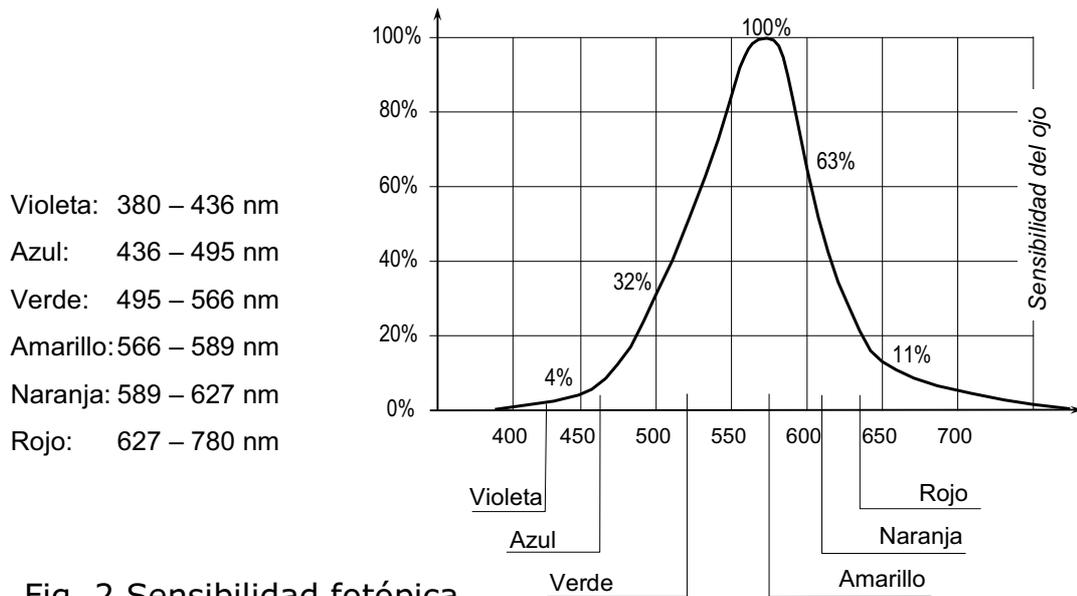


Fig. 2 Sensibilidad fotópica

En la noche -con poca luz-, el máximo de sensibilidad del ojo humano se desplaza hacia longitudes de onda menores (efecto Purkinje), teniendo mayor sensibilidad a la luz de tipo "frio".

1.5 FLUJO LUMINOSO

Es el flujo que "ve" el ojo humano, o la energía radiante que afecta a la sensibilidad del ojo durante un segundo.

$$\Phi = \frac{Q}{t}$$

La unidad de flujo luminoso (Φ) es el lumen, que se define como 1/680 W emitidos en la longitud de onda de 555 nm, la cual corresponde a la máxima sensibilidad del ojo humano. La cantidad de luz se representa por Q.

El flujo lumínico representa la "potencia" de un determinado emisor. En la tabla de la Fig. 3 se presentan las potencias lumínicas de algunas fuentes de luz.

<u>TIPO DE LÁMPARA</u>	<u>FLUJO LUMINOSO</u>
Efluvios	0,6 lm
Vela de cera	10 lm
Bicicleta	20 lm
Incandescente estándar 100 W	1.360 lm
Fluorescente 40W (Blanco frío)	2.800 lm
Mercurio alta presión 400 W	22.000 lm
Halogenuros metálicos 400 W	32.000 lm
Sodio alta presión 400 W	48.000 lm
Sodio baja presión 180 W	32.000 lm
Magnesio AG 3B	450.000 lm

Fig. 3. Flujo luminoso de algunas fuentes de luz

1.6 RENDIMIENTO LUMINOSO

Si la fuente de luz tiene una potencia P , parte de esta potencia se pierde en calor y el resto se transforma en flujo radiante (flujo luminoso + flujo no luminoso). Ver Fig. 4.

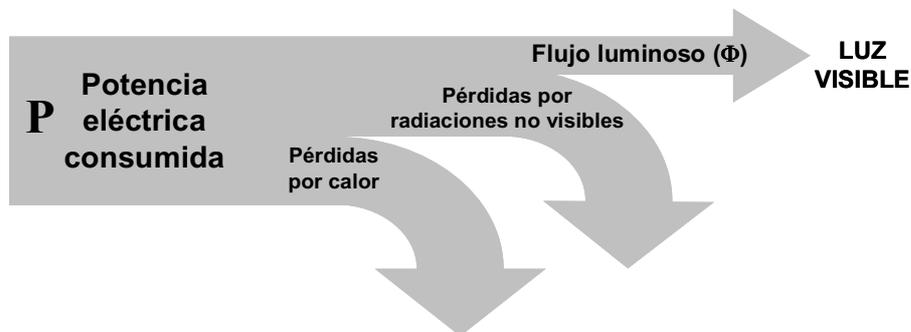


Fig. 4. Rendimiento luminoso

El rendimiento luminoso o eficacia luminosa se define como:

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

El rendimiento se expresa en lúmenes/vatio.

Si se dispusiera de una lámpara que transforma sin pérdidas toda la potencia eléctrica en luz de longitud de onda de 555 nm, esta fuente tendría el mayor rendimiento luminoso (680 lm/w).

En la tabla de la Fig. 5, se indican el flujo luminoso y otras características de las lámparas más usualmente empleadas.

TIPO	EFICACIA (lm/W)	VIDA ÚTIL (h)	TONO	TEMPERATURA DE COLOR (°K)	Ra	GAMA (W)
INCANDESCENTES	6 a 20	1.000	Blanco	2.700	100	10 a 1.500
HALÓGENAS	10 a 30	2.000	Blanco	3.000	100	20 a 2.000
FLUORESCENTES LINEALES	55 a 95	7.500	Blanco	2.700 a 6.500	60 a 100	18 a 60
FLUORESCENTES COMPACTAS	50 a 85	10.000	Blanco	2.700 a 6.500	85 a 95	10 a 80
LUZ MEZCLA	20 a 30	6.000	Blanco	3.500 a 4.200	50	100 a 500
VAPOR DE MERCURIO	40 a 60	15.000	Blanco	3.500 a 4.200	45 a 50	50 a 2.000
V. M. CON HALOGENUROS	70 a 120	2.500 a 14.000	Luz día	3.000 a 6.000	60 a 93	50 a 2.000
V. SODIO BAJA PRESIÓN	100 a 200	10.000 a 14.000	Amarillo	1.800	Nulo	18 a 180
V. SODIO ALTA PRESIÓN	80 a 150	10.000 a 18.000	Dorado	2.000 a 2.200	20 a 65	50 a 1.000
V. SODIO ALTA PRESIÓN, BLANCA	60 a 75	3.000 a 5.000	Blanco	2.500	80 a 85	35 a 1.000
INDUCCIÓN	65 a 80	60.000	Blanco	3.000 a 4.000	80 a 85	55 a 165

Fig. 5. Características de distintas fuentes de luz

1.7 CANTIDAD DE LUZ

Se define como:

$$Q = \Phi t \text{ (lm x hora)}$$

1.8 INTENSIDAD LUMINOSA

Es una magnitud vectorial. Se define la intensidad luminosa en la dirección θ como el flujo luminoso que atraviesa la unidad de ángulo sólido normal a dicha dirección.

$$I_{\phi} = \frac{d\Phi}{d\omega}$$

La unidad de ángulo sólido es el estereorradián (ángulo sólido que corresponde a un casquete esférico cuya superficie es igual al cuadrado del radio de la esfera). Ver Fig. 6.

La unidad de intensidad luminosa es la candela.

El lumen es el flujo luminoso a través de un ángulo sólido unidad emitido por un generador puntual de una candela.

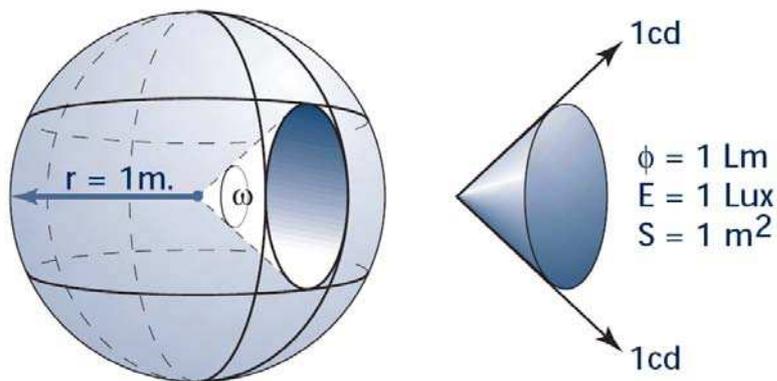


Fig. 6. Ángulo sólido

$$\omega \text{ (total)} = 4\pi \text{ estereorradianes}$$

Es frecuente representar en forma geométrica los valores de intensidad. 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.

Es más usual 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. Ver Fig. 7 y Fig. 8.

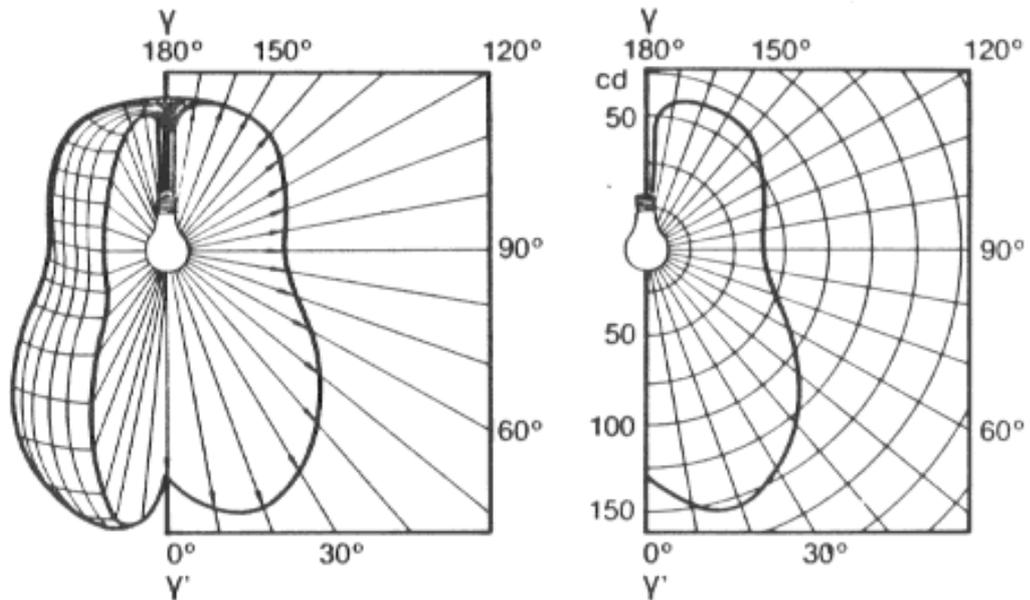


Fig. 7. Sólido fotométrico y curva de distribución fotométrica

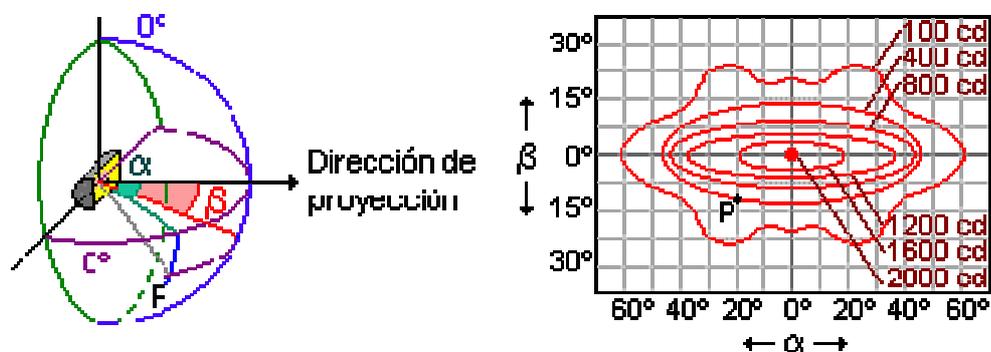


Fig. 8 Curva de distribución fotométrica de un proyector

1.9 ILUMINANCIA O ILUMINACIÓN

Se define la iluminación E en un punto Q , como el flujo luminoso por unidad de área en dicho punto.

$$E_o = \frac{d\Phi}{d\sigma}$$

La iluminación media en una superficie S es:

$$E_m = \frac{\Phi}{S}$$

La unidad es el lux, que corresponde a la iluminación de una superficie de 1 m^2 , que recibe uniformemente repartido, un flujo de 1 lumen.

En la tabla de la Fig. 9 se dan valores de iluminancia para varias situaciones.

<u>SITUACIÓN</u>	<u>VALORES DE ILUMINANCIA</u>
Mediodía de verano con cielo despejado	100.000 lux
Mediodía de verano con cielo cubierto	20.000 lux
Puesto de trabajo bien iluminado	1.000 lux
Buen alumbrado público	20 a 50 lux
Noche de luna llena	0,25 lux
Noche de luna nueva (luz de las estrellas)	0,01 lux

Fig. 9. Valores de iluminancia

Para medir el nivel de iluminación o iluminancia (ver Fig. 10), se emplean luxómetros.



Fig. 10 Luxómetro

1.10 LEY FUNDAMENTAL

Cuando un manantial o fuente P ilumina a un punto Q (ver Fig. 11), la iluminación en Q es.

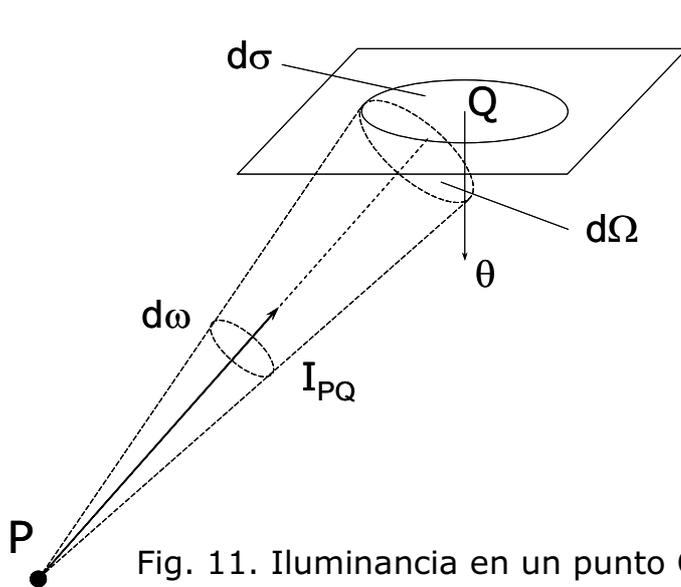


Fig. 11. Iluminancia en un punto Q

$$E_Q = \frac{d\Phi}{d\sigma}$$

Pero

$$I_{PQ} = \frac{d\Phi}{d\omega}$$

$$d\omega = \frac{d\Omega}{r^2} = \frac{d\sigma \cdot \cos\theta}{r^2}$$

Por tanto:

$$E_Q = \frac{I d\omega}{d\sigma} = \frac{I \frac{d\sigma \cos\theta}{r^2}}{d\sigma} = I_{PQ} \frac{\cos\theta}{r^2}$$

De la expresión anterior se deducen los conceptos de iluminación vertical y horizontal.

1.11 LUMINANCIA

Es un término que coincide con el de claridad o brillo

Se define como la intensidad luminosa en la dirección de la observación, por unidad de área vista desde esa dirección. Ver Fig. 12.

$$B = L_\theta = \frac{dI_\theta}{d\sigma'} = \frac{dI_\theta}{d\sigma \cdot \cos\theta}$$

La unidad es el stilb

$$1sb = \frac{cd}{cm^2}$$

$$1nit = \frac{cd}{m^2} = 10.000 \cdot sb$$

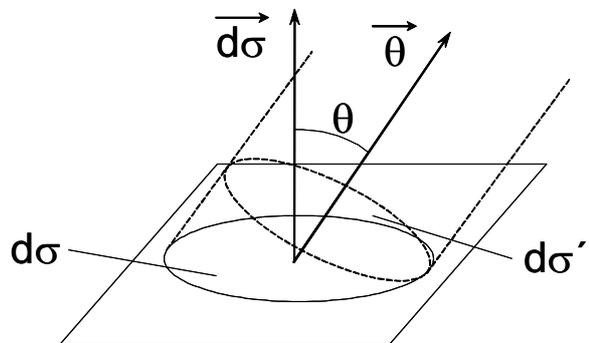


Fig. 12. Luminancia

1.12 CONTRASTE

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

L_0 = Luminancia del objeto

L_F = Luminancia del fondo

C = Contraste

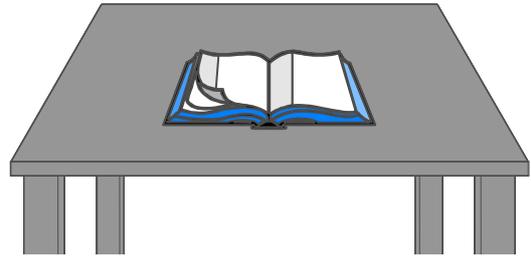


Fig. 13. Contraste

1.13 MATERIA

Cuando la luz incide sobre la materia, pueden ocurrir los tres fenómenos siguientes: (Ver Fig. 14).

- La luz es rechazada por la materia ⇒ Reflexión
- La luz se propaga a través de la materia ⇒ Transmisión
- La luz se detiene en la materia ⇒ Absorción

Por la conservación de la energía:

$$\Phi_i = \Phi_r + \Phi_t + \Phi_a$$

En donde:

Φ_i = Flujo luminoso incidente

Φ_r = Flujo luminoso reflejado

Φ_t = Flujo luminoso transmitido

Φ_a = Flujo luminoso absorbido

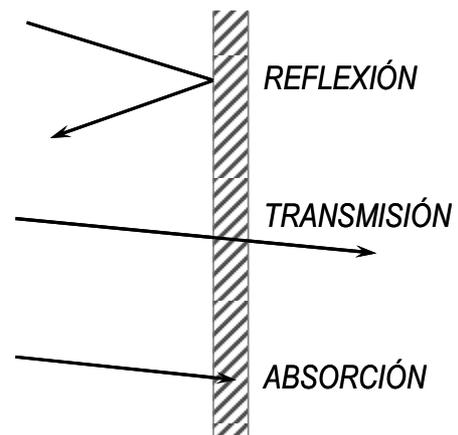


Fig. 14. Luz sobre la materia

Los factores son:

➤ Factor de reflexión:

$$\rho = \frac{\Phi_{\rho}}{\Phi_i}$$

➤ Factor de transmisión:

$$\tau = \frac{\Phi_{\tau}}{\Phi_i}$$

➤ Factor de absorción:

$$\alpha = \frac{\Phi_{\alpha}}{\Phi_i}$$

Se cumple que: $\rho + \tau + \alpha = 1$

En la tabla de la Fig. 15 se indican valores típicos de los tres factores indicados, para ciertos tipos de materiales, cuando son iluminados por luz blanca.

Material	Factor de reflexión	Factor de transmisión	Factor de absorción	Efecto resultante	
SUPERFICIES PINTADAS. COLORES MEDIOS					
Amarillo	0,50	0	0,50	Reflexión difusa	
Beige	0,45		0,55		
Marrón	0,25		0,75		
Rojo	0,20		0,80		
Verde	0,30		0,70		
Azul	0,20		0,80		
Gris	0,35		0,65		
Blanco	0,70		0,30		
Negro	0,04		0,96		
VIDRIOS					
Opaco negro	0,05	0	0,95	Reflexión difusa	
Opaco blanco	0,75 a 0,80		0,25 a 0,20		
Transparente claro	(de 2 a 4 mm)	0,08	0,90	0,02	Transmisión dirigida
Mate al exterior	(de 1,5 a 3 mm)	0,07 a 0,20	0,87 a 0,63	0,06 a 0,17	Transmisión semidirigida
Mate al interior		0,06 a 0,16	0,89 a 0,77	0,05 a 0,07	
Opal blanco		0,30 a 0,55	0,66 a 0,36	0,04 a 0,08	Transmisión difusa
Opal rojo		0,04 a 0,05	0,04 a 0,02	0,92 a 0,93	
Opal naranja		0,05 a 0,08	0,10 a 0,06	0,85 a 0,86	
Opal amarillo		0,25 a 0,30	0,20 a 0,12	0,55 a 0,58	
Opal verde		0,08 a 0,10	0,09 a 0,03	0,82 a 0,87	
Opal azul		0,08 a 0,10	0,10 a 0,03	0,82 a 0,87	
OTROS MATERIALES					
Papel blanco	0,60 a 0,80	0,10 a 0,20	0,30 a 0,10	Reflexión y transmisión difusas	
Papel apergaminado	0,50	0,30	0,20		
Pergamino	0,48	0,42	0,10	Reflexión semirígida Transmisión difusa	
Seda blanca	0,28 a 0,04	0,61 a 0,71	0,01		
Seda de color	0,20 a 0,10	0,54 a 0,13	0,44 a 0,86		

Fig. 15. Factores de reflexión, transmisión y absorción

1.14 RESUMEN DE MAGNITUDES

Magnitud	Símbolo	Unidad	Relaciones
Flujo Luminoso	Φ	Lumen (lm)	$\Phi = I \cdot \omega$
Eficacia Luminosa	ϵ	Lumen por watio (lm/W)	$\epsilon = \frac{\Phi}{P}$
Cantidad de luz	Q	Lumen hora (lm · h)	$Q = \Phi \cdot t$
Intensidad luminosa	I	Candela (cd) (cd = lm/sr)	$I = \frac{\Phi}{\omega}$
Iluminancia	E	Lux (lx) (lx = lm/m ²)	$E = \frac{\Phi}{S}$
Luminancia	L	Nit = cd/ m ² Stilb = cd/cm ²	$L = \frac{I}{S \cdot \cos\beta}$
Coefficiente iluminación	η	%	$\eta = \frac{\Phi}{\Phi_e}$
Reflectancia	ρ	%	$\rho = \frac{\Phi_r}{\Phi}$
Absortancia	α	%	$\alpha = \frac{\Phi_a}{\Phi}$
Transmitancia	τ	%	$\tau = \frac{\Phi_t}{\Phi}$
Factor uniformidad media	U_m	%	$U_m = \frac{E_{min}}{E_{med}}$
Factor uniformidad extrema	U_e	%	$U_e = \frac{E_{min}}{E_{max}}$
Factor de uniformidad longitudinal	U_L	%	$U_L = \frac{L_{min \text{ longitudinal}}}{L_{max \text{ longitudinal}}}$
Factor de uniformidad general	U_0	%	$U_0 = \frac{L_{min}}{L_{med}}$
Factor mantenimiento	F_m	%	$F_m = F_{pl} \cdot F_{dl} \cdot F_t \cdot F_e \cdot F_c$

Fig. 16. Cuadro resumen de magnitudes

1.15 NIVELES DE ILUMINACIÓN

A continuación se incluyen tablas de iluminancia en función de la actividad y el tipo de local. En la tabla de la Fig. 17 figura un resumen de iluminancias.

Tareas y clases de local	Iluminancia media en servicio (lux)		
	Mínimo	Recomendado	Óptimo
Zonas generales de edificios			
Zonas de circulación, pasillos	50	100	150
Escaleras, escaleras móviles, roperos, lavabos, almacenes y archivos	100	150	200
Centros docentes			
Aulas, laboratorios	300	400	500
Bibliotecas, salas de estudio	300	500	750
Oficinas			
Oficinas normales, mecanografiado, salas de proceso de datos, salas de conferencias	450	500	750
Grandes oficinas, salas de delineación, CAD/CAM/CAE	500	750	1000
Comercios			
Comercio tradicional	300	500	750
Grandes superficies, supermercados, salones de muestras	500	750	1000
Industria (en general)			
Trabajos con requerimientos visuales limitados	200	300	500
Trabajos con requerimientos visuales normales	500	750	1000
Trabajos con requerimientos visuales especiales	1000	1500	2000
Viviendas			
Dormitorios	100	150	200
Cuartos de aseo	100	150	200
Cuartos de estar	200	300	500
Cocinas	100	150	200
Cuartos de trabajo o estudio	300	500	750

Fig. 17. Iluminancias recomendadas según la actividad y el tipo de local

El Ministerio de trabajo y asuntos sociales ha elaborado una Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos en los lugares de trabajo, como desarrollo del Real Decreto 486/1997, de 14 de Abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.

En el Anexo IV de dicha Guía, aparecen los niveles mínimos de iluminación, que se transcriben en la tabla de la Fig. 18

ZONA O PARTE DEL LUGAR DE TRABAJO	NIVEL MÍNIMO DE ILUMINACIÓN (Lux)
Zonas donde se ejecuten tareas con:	
1. Bajas exigencias visuales	100
2. Exigencias visuales moderadas	200
3. Exigencias visuales altas	500
4. Exigencias visuales muy altas	1.000
Áreas o locales de uso ocasional	50
Áreas o locales de uso habitual	100
Vías de circulación de uso ocasional	25
Vías de circulación de uso habitual	50

Fig. 18. Niveles mínimos de iluminación

Más adelante, incluye un cuadro comparativo (Fig. 19), entre el RD y las normas UNE 72-163-84 y UNE 72-112-85.

REAL DECRETO 486/1997		NORMAS UNE	
Exigencias de la tarea	Nivel mínimo requerido (Lux)	Categoría de la tarea	Nivel mínimo recomend. (Lux)
Bajas	100	D (fácil)	200
Moderadas	200	E (normal)	500
Altas	500	F (difícil)	1.000
Muy altas	1.000	G (muy difícil)	2.000
		H (complicada)	5.000

EJEMPLOS DE TAREAS VISUALES SEGÚN UNE 72 -112

- Categoría D** Manejo de máquinas herramienta pesadas, lavado de automóviles, etc.
- Categoría E** Trabajos comerciales, reparación de automóviles, planchado y corte en trabajos de confección, etc.
- Categoría F** Escritura y dibujo con tinta, ajuste en mecánica, selección industrial de alimentos, etc.
- Categoría G** Escritura y dibujo con lápiz, costura en actividades de confección, etc.
- Categoría H** Montaje sobre circuitos impresos, trabajos de relojería, igualación de colores, etc.

Fig. 19. Niveles de iluminación, tabla comparativa

En el anexo A de la referida Guía, se incluye una tabla más detallada (Fig. 20), con los niveles mínimos de iluminación recomendados para diferentes actividades y tareas. En dicha tabla se indica también el rendimiento de color de las lámparas (Ra), necesario para cada una de dichas actividades y tareas.

TABLAS DE ILUMINACIÓN

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo

(Tomado del proyecto de norma europea prEN 12464)

A: ZONAS DE CIRCULACIÓN Y ÁREAS GENERALES INTERIORES				
LUGAR O ACTIVIDAD	Em ⁽¹⁾	UGR ⁽²⁾	Ra ⁽³⁾	Observaciones ⁽⁴⁾
Zonas de circulación				
Pasillos y vías de circulación	100	28	40	A nivel del suelo. Si hay circulación de vehículos, aumentar a 150 lux
Escaleras normales y escaleras mecánicas	150	25	40	
Muelles de carga/descarga	150	25	40	
Salas de descanso, primeros auxilios y sanitarios				
Comedores	200	22	80	
Salas de descanso	100	22	80	
Salas de ejercicios físicos	300	22	80	
Vestuarios, servicios y aseos	100	25	80	
Enfermería	500	19	80	
Sala de atención médica	500	19	90	Temperatura de color Tc ³ 4000° K
Salas de control				
Salas de calderas, interruptores, etc.	200	25	60	
Centralitas, salas de fax	500	19	80	
Salas de almacén y cámaras refrigeradas				
Almacenes	100	25	60	200 lux si están ocupados continuamente
Áreas de embalado	300	25	60	
Áreas de almacenamiento en estanterías				
Pasillos sin trabajadores	20	-	40	
Pasillos con trabajadores	200	22	60	
Puestos de control	200	22	60	

B: ACTIVIDADES INDUSTRIALES Y ARTESANALES				
LUGAR O ACTIVIDAD	Em ⁽¹⁾	UGR ⁽²⁾	Ra ⁽³⁾	Observaciones ⁽⁴⁾
Actividades agrícolas				
Carga de productos, manipulación de equipos y maquinaria	200	25	80	
Establos y cuadras	50	-	40	
Paritorios y establos para animales enfermos	200	25	60	
Preparación del pienso, ordeño y lavado de utensilios	200	25	60	
Panaderías				
Preparación de la masa y elaboración del pan	300	22	80	
Acabado y decorado	500	22	80	
Industria del cemento y hormigón				
Secado	50	28	20	
Preparación de materiales, hornos y mezcladoras	200	28	20	
Trabajo con maquinaria en general	300	25	80	
Moldeado de briquetas	300	25	80	

B: ACTIVIDADES INDUSTRIALES Y ARTESANALES				
LUGAR O ACTIVIDAD	Em ⁽¹⁾	UGR ⁽²⁾	Ra ⁽³⁾	Observaciones ⁽⁴⁾
Industria cerámica y del vidrio				
Secado	50	28	20	
Preparación y trabajo con maquinaria, en general	300	25	80	
Esmaltado, grabado, pulido, operaciones de precisión	750	19	80	
fabricación de instrumentos de vidrio				
Pulimento de vidrio óptico, pulimento manual,	750	16	80	
grabado, trabajos en productos con precisión medi				
Dibujos a mano y trabajos de precisión: grabado	1000	16	90	Temperatura de color Tc ³
decorativo, etc.				4000° K
Fabricación de piedras preciosas artificiales	1500	16	90	Temperatura de color Tc ³
				4000° K
Industrias químicas, plásticas y del caucho				
Instalaciones de procesos por control remoto	50	-	40	
Instalaciones de procesos con intervención manual	100	28	40	
limitada				
Lugares de trabajo con intervención manual contin	300	25	80	
Laboratorios y salas de medidas de precisión	500	19	80	
Fabricación de productos farmacéuticos	500	22	80	
Fabricación de neumáticos	500	22	80	
Inspección de color	1000	16	90	Temperatura de color Tc ³
				4000° K
Corte, acabado e inspección	750	19	80	

B: ACTIVIDADES INDUSTRIALES Y ARTESANALES				
LUGAR O ACTIVIDAD	Em ⁽¹⁾	UGR ⁽²⁾	Ra ⁽³⁾	Observaciones ⁽⁴⁾
Industria eléctrica				
Fabricación de hilo y cable	300	25	80	
Bobinado				
Bobinas:				
Grandes	300	25	80	
Medianas	500	22	80	
Pequeñas	750	19	80	
Impregnación de bobinas	300	25	80	
Estañado	300	25	80	
	300	25	80	
Montaje y ensamblado:				
Basto (Ej. grandes transformadores)	500	22	80	
Medio (Ej. cuadros de control)	750	19	80	
Fino (Ej. teléfonos)	1000	16	80	

De precisión (Ej. equipos de medida)

Talleres de electrónica, pruebas y ajustes	1500	16	80
Industria de la alimentación			
Clasificación inicial y lavado de productos, molienda, mezclado, empaquetado	300	25	80
Plantas de llenado de barriles, cocción de productos para conservas, pelado, secado y curado del tabaco, infusiones, malteado, fabricación de azúcar, fabricación de chocolate, bodegas de fermentación	200	25	80
Puestos de trabajo en mataderos, carnicerías, lecherías, refinerías, refinerías de azúcar, salas de filtrado	500	25	80

B: ACTIVIDADES INDUSTRIALES Y ARTESANALES				
LUGAR O ACTIVIDAD	Em ⁽¹⁾	UGR ⁽²⁾	Ra ⁽³⁾	Observaciones ⁽⁴⁾
Clasificación y troceado de frutas y verduras	300	25	80	
Fabricación de dulces, tareas de cocina, elaboración de cigarrillos puros	500	22	80	
Inspección de botellas y recipientes, control de productos, decoración, clasificación	500	22	80	
Laboratorios	500	19	80	
Inspección de colores	1000	16	90	Temperatura de color Tc ³ 4000° K
Fundiciones y moldeo				
Túneles de servicio y bodegas	50	-	20	Deben ser reconocibles los colores de las señales de seguridad
Andenes y plataformas	100	25	40	
Preparación de la arena	200	25	80	
Preparación mecánica	200	25	80	
Mezcladoras	200	25	80	
Zona de fundición	200	25	80	
Desmoldeo con vibrador	200	25	80	
Máquina de moldear	200	25	80	
Moldeo manual	300	25	80	
Moldeo a máquina	300	25	80	
Fabricación de moldes	500	22	80	

B: ACTIVIDADES INDUSTRIALES Y ARTESANALES				
LUGAR O ACTIVIDAD	Em ⁽¹⁾	UGR ⁽²⁾	Ra ⁽³⁾	Observaciones ⁽⁴⁾
Fabricación de joyas				
Trabajo con piedras preciosas	1500	16	90	Temperatura de color Tc ³ 4000° K
Fabricación de joyas	1000	16	90	
Fabricación manual de relojes	1500	16	80	
Peluquerías				
Trabajos de peluquería	500	19	90	
Lavanderías y limpieza en seco				
Recepción de prendas, marcado y clasificación	300	25	80	
Lavado y limpieza en seco	300	25	80	
Planchado	300	25	80	
Inspección y reparación	750	19	80	
Industria del cuero				
Trabajo en depósitos, pilas, etc.	200	25	40	
Descarnado, raspado y frotado de pieles	300	25	80	
Guarnicionado y fabricación de calzado: corte, punzonado, conformado, cosido, abrillantado	500	22	80	
Clasificación de pieles curtidas	500	22	90	Temperatura de color Tc ³ 4000 °K
Teñido de pieles a máquina	500	22	80	
Control de calidad	1000	19	80	
Inspección de color	1000	16	90	Temperatura de color Tc ³ 4000° K
Elaboración de guantes	500	22	80	
Elaboración de zapatos	500	22	80	

B: ACTIVIDADES INDUSTRIALES Y ARTESANALES				
LUGAR O ACTIVIDAD	Em ⁽¹⁾	UGR ⁽²⁾	Ra ⁽³⁾	Observaciones ⁽⁴⁾
Trabajo de los metales				
Forja en troquel abierto	200	25	60	
Forja en martillo pilón	300	25	60	
Soldadura	300	25	60	
Maquinaria pesada y media (Tolerancia $\geq 0,1$ mm)	300	22	60	
Maquinaria de precisión	500	19	60	
(Tolerancia < 0,1 mm)				
Trazado, inspección	750	19	60	
Trabajo con tubo y alambre (conformado en caliente)	300	25	60	
Trabajo en chapa gruesa a máquina (grosor ≥ 5 mm)	200	25	60	
Trabajos en chapa (grosor < 5 mm)	300	22	60	
Fabricación de herramientas	750	19	60	
Ensamblaje: Basto	200	25	80	
Medio	300	25	80	
Fino	500	22	80	
De precisión	750	19	80	
Galvanizado	300	25	80	
Pintado y tratamientos superficiales	500	25	80	
Operaciones de temple y afilado, mecánica de precisión, micromecánica	1000	19	80	
Industria del papel				
Molinos de pulpa	200	25	80	
Fabricación y procesado de papel, fabricación de cartón	300	25	80	
Encuadernación: Plegado, clasificado, pegado, cizallado, grabado y cosido	500	22	80	

B: ACTIVIDADES INDUSTRIALES Y ARTESANALES				
LUGAR O ACTIVIDAD	Em ⁽¹⁾	UGR ⁽²⁾	Ra ⁽³⁾	Observaciones ⁽⁴⁾
Plantas de energía				
Abastecimiento de combustible	50	-	-	Deben ser reconocibles los colores de las señales de seguridad
Sala de calderas	100	28	40	
Sala de máquinas	200	25	80	
Salas complementarias: salas de bombas, de condensadores, etc.	200	25	60	
Salas de control	500	16	80	Los paneles de control están a menudo en posición vertical. Acondicionar las pantallas de visualización
Equipos exteriores de conmutación	20	-	-	Deben ser reconocibles los colores de las señales de seguridad
Imprentas				
Corte, recubrimiento electroquímico, trabajo en planchas, máquinas de imprimir	500	19	80	
Clasificación de papel e impresión manual	500	19	80	
Composición de tipos, retocado, litografía	1000	19	80	
Inspección de color en impresión	1500	16	90	Temperatura de color Tc = 5000° K
Grabado en cobre y acero	2000	16	80	

B: ACTIVIDADES INDUSTRIALES Y ARTESANALES				
LUGAR O ACTIVIDAD	Em ⁽¹⁾	UGR ⁽²⁾	Ra ⁽³⁾	Observaciones ⁽⁴⁾
Laminadoras y trabajo del hierro y del acero Plantas de producción sin operaciones manuales	50	-	20	Deben ser reconocibles los colores de las señales de seguridad
Plantas de producción con operaciones manuales ocasionales	150	28	40	
Plantas de producción con operaciones manuales continuas	200	25	60	
Almacenamiento de planchas	50	-	20	Deben ser reconocibles los colores de las señales de seguridad
Hornos	200	25	60	
Tren de laminación, bobinado y recortado	300	25	40	
Plataformas y paneles de control	300	22	80	
Inspección, mediciones y comprobaciones	500	22	80	
Pasadizos, escotillas, bodegas, etc.	50	-	20	Deben ser reconocibles los colores de las señales de seguridad
Industria textil				
Zona de apertura de fardos y balas	200	25	60	
Lavado, cardado, peinado, prehilado, etc.	300	22	80	
Hilado y devanado	500	22	80	Prevenir los efectos estroboscópicos
Urdimbre, tejido, trenzado, tricotado	750	22	80	
Diseño manual y dibujo de patrones	750	22	90	Temperatura de color Tc ³ 4000° K
Acabado, teñido	500	22	80	
Sala de secado	100	28	60	
Estampado automático	500	25	80	
Selección, adornos y arreglos	1000	19	80	
Inspecciones del color, control de fabricación	1000	16	90	Temperatura de color Tc ³ 4000° K
Arreglos que no pueden percibirse a simple vista	1500	19	90	Temperatura de color Tc ³ 4000° K
Fabricación de sombreros	500	22	80	

B: ACTIVIDADES INDUSTRIALES Y ARTESANALES				
LUGAR O ACTIVIDAD	Em ⁽¹⁾	UGR ⁽²⁾	Ra ⁽³⁾	Observaciones ⁽⁴⁾
Fabricación de vehículos				
Ensamblado y trabajos de carrocería	500	22	80	
Pintado, cabinas de pintura, cabinas de abrillantado	750	22	80	
Pintado: retoques, inspección	1000	16	90	Temperatura de color Tc ³ 4000° K
Tapicería	1000	19	80	
Inspección final	750	19	80	
Industria de la madera				
Procesado automático: secado, fabricación de contrachapado, etc.	50	28	40	
Tratamientos con vapor	150	28	40	
Sierra de cinta	300	25	60	Prevenir los efectos estroboscópicos
Trabajos en banco de taller, ensamblado y encolado	300	25	80	
Barnizado, pintado, colocación de adornos	500	22	80	
Trabajo de la madera a máquina: torneado, cepillar, corte, lijado, ranurado, fresado, etc.	500	19	80	Prevenir los efectos estroboscópicos
Selección de maderas para chapado	750	22	90	Temperatura de color Tc ³ 4000° K
Marquetería y labores de incrustación en madera	750	22	90	Temperatura de color Tc ³ 4000° K
Control de calidad	750	19	90	Temperatura de color Tc ³ 4000° K

C: OFICINAS				
LUGAR O ACTIVIDAD	Em ⁽¹⁾	UGR ⁽²⁾	Ra ⁽³⁾	Observaciones ⁽⁴⁾
Archivos, copiatoras, áreas de circulación	300	19	80	
Lectura, escritura, mecanografía, proceso de datos	500	19	80	Acondicionar las pantallas visualización
Dibujo técnico	750	16	80	
Diseño asistido (CAD)	500	19	80	Acondicionar las pantallas visualización
Salas de reunión	500	19	80	
Puestos de recepción	300	22	80	
Almacenes	200	25	80	

D: TIENDAS				
LUGAR O ACTIVIDAD	Em ⁽¹⁾	UGR ⁽²⁾	Ra ⁽³⁾	Observaciones ⁽⁴⁾
Áreas de venta al público	300	22	80	Tanto Em como UGR están determinados por el tipo de tienda
Puesto de cajero/a	500	19	80	
Mesa de empaquetado	500	19	80	

- (1) **Em.**-Nivel medio de iluminación mantenido sobre el área de trabajo, en lux.
- (2) **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).
- (3) **Ra.**-Índice de rendimiento en color de las fuentes de luz (suministrado por el fabricante). El valor máximo de Ra es de 100.
- (4) **Observaciones.**-Entre otros requisitos de un sistema de iluminación, se encuentra el de la temperatura de color de las fuentes de luz, Tc, expresada en grados Kelvin. Este parámetro hace referencia a la tonalidad de la luz.

Fig. 20. Niveles mínimos recomendados

2 FUENTES DE LUZ

Veamos las características más importantes de las mismas

2.1 TEMPERATURA DE COLOR (Tc)

Es aquella que tiene que alcanzar un cuerpo negro para que la tonalidad o color de la luz que emite (en °Kelvin), sea igual a la de la lámpara que se considere.

Existe una correlación (tabla de Fig. 21), entre concepto físico Tc y el concepto subjetivo -apariencia de color-, o ambiente a crear.

<u>Temperatura de color Tc</u>	<u>Apariencia de color</u>
$T_c \geq 5.000 \text{ }^\circ\text{K}$	Fría (blanca azulada)
$3.300 \text{ }^\circ\text{K} < T_c < 5.000 \text{ }^\circ\text{K}$	Intermedia (blanca)
$T_c < 3.300 \text{ }^\circ\text{K}$	Cálida (blanca rojiza)

Fig. 21. Temperatura de color y apariencia de color

Ejemplos:

- Lámpara incandescente; 2.600 °K
- Lámpara de vapor de mercurio; 4.000 °K
- Lámpara de halogenuros metálicos; 4.500 °K

A mayor Tc debe haber mayor E (Ábaco de Kruituoff. Fig. 35)

2.2 ÍNDICE DE RENDIMIENTO CROMÁTICO (Ra)

Indica la calidad de reproducción de colores para una fuente de luz. Se asigna Ra = 100 al valor máximo.

Ra excelente: 100 a 90

Ra bueno: 90 a 70

Ra moderado: 70 a 50

Ra malo: < 50

En la tabla de la Fig. 5, figuran los Ra de distintas fuentes.

2.3 DEPRECIACIÓN LUMINOSA

El flujo de una luminaria –o de una lámpara-, va decreciendo en el transcurso del tiempo conforme envejece.

En la Fig. 22 se aprecia la depreciación de dos lámparas similares, pero de distinta calidad. En trazo discontinuo se representa la de peor calidad

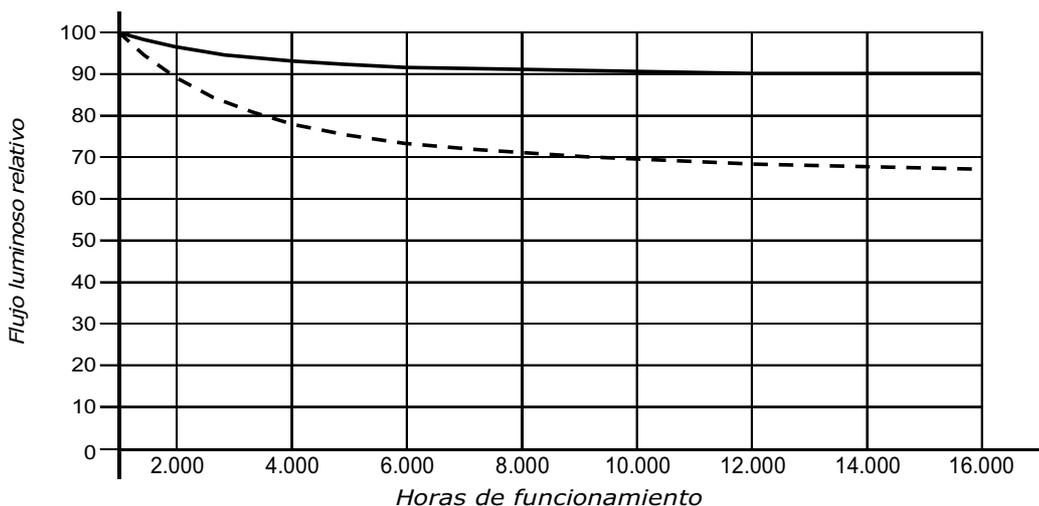


Fig. 22. Curvas de depreciación del flujo luminoso

2.4 DURACIÓN

La curva de supervivencia de las lámparas, también llamada curva de mortalidad, indica el porcentaje de un total de lámparas, que van dejando de funcionar conforme acumulan horas de funcionamiento.

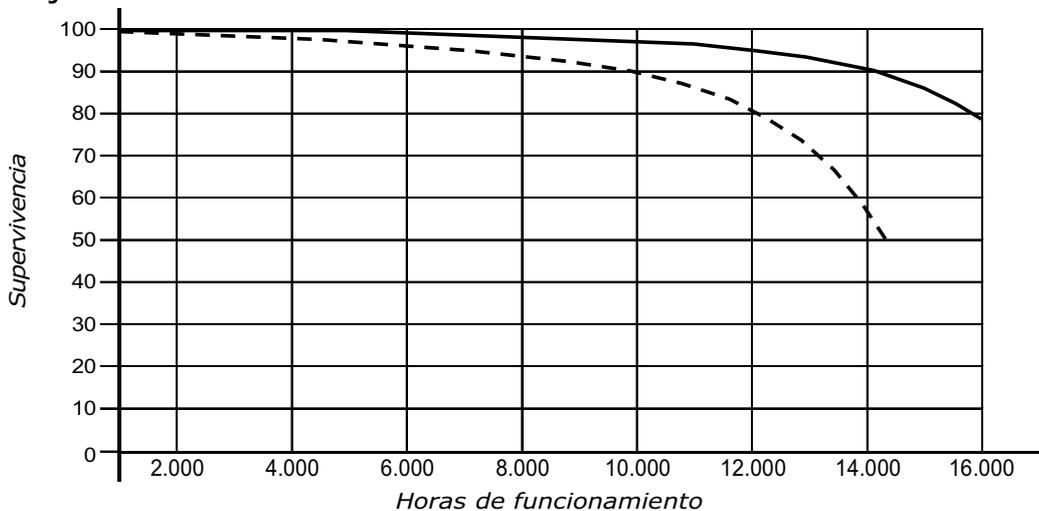


Fig. 23. Curvas de supervivencia

2.5 TIPOS DE FUENTES DE LUZ

1 - Termo radiación ⇒ Incandescentes

2 - Electro radiación ⇒ Descarga

3 - Foto radiación ⇒ Fluorescentes

A continuación se indican las características más importantes de los principales tipos de lámparas.

2.5.1 LÁMPARAS INCANDESCENTES

INCANDESCENTES NORMALES

Compuestas por filamento, gas de relleno, ampolla y casquillo.

Espectro continuo

Eficacia, de 6 a 20 lm/w

INCANDESCENTES HALÓGENAS

Mayor temperatura de funcionamiento

Eficacia, de 10 a 30 lm/w

Menor tamaño

Existe el tipo dicrioco

2.5.1.1 APLICACIONES

Lámparas incandescentes estándares, esféricas, vela, etc

Fundamentalmente se emplean para usos domésticos, hay una gran variedad de tipos y formas.

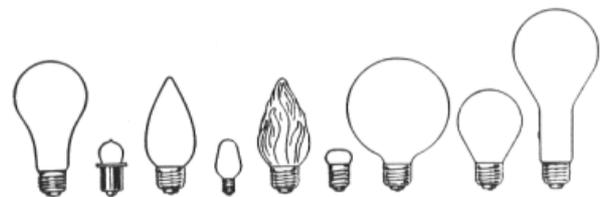
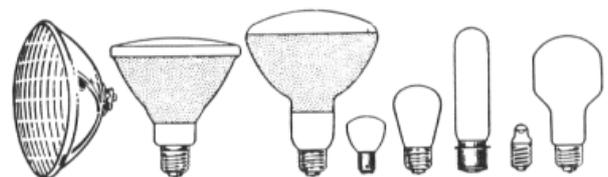


Fig. 24 Formas más comúnmente utilizadas en lámparas de incandescencia



Lámparas incandescentes reflectoras

Uso doméstico en luminarias empotrables y pequeños proyectores como luz concentrada.

Uso comercial en escaparates, vitrinas, tiendas, galerías comerciales, en decoración en general, montadas en proyectores.

Lámparas incandescentes reflectoras tipo par

Aplicaciones tanto en interiores como en exteriores. Allí donde se necesite proyectar luz de forma económica. Amplia utilización en alumbrado de jardinería.

Posibilidad de realizar efectos de luz con distintas aperturas de haces e incluso con diferentes colores.

Lámparas incandescentes lineales (linestra)

Aplicaciones decorativas en montajes en líneas continuas con alumbrado indirecto. Iluminación interior de muebles. Por su luz suave y calidad, muy indicada para alumbrado de espejos

Lámparas halógenas de alto voltaje (230 V), un casquillo

Alumbrado concentrado y extensivo para escaparates y exposiciones en general.

Iluminación directa o indirecta de paredes y techos, con bañadores de luz.

En proyectores y luminarias colgantes para el alumbrado de salas de recepción, salas de conferencias, restaurantes, centros de ventas.

Uso doméstico en salones, en pantallas de sobremesa o pie.

Admite regulación y cualquier posición de funcionamiento.

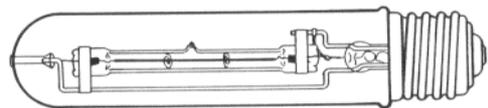


Fig. 25. Lámpara halógena de un casquillo

Lámparas halógenas de alto voltaje (230 V), dos casquillos

En interiores:

Amplio uso para alumbrado por proyección en salas de ventas, escaparates, vestíbulos, salas de espera, pabellones deportivos y, en general, donde se requiera un encendido instantáneo.



Fig. 26. Lámpara halógena de dos casquillos

En alumbrado decorativo, las pequeñas potencias (100, 150, 200 y 300 W), se utilizan profusamente en bañadores de pared y techo.

En uso doméstico, montadas en lámparas de pié, tipo bañador. Admiten regulador con drimmer (regulador continuo)

En exteriores:

Alumbrado de edificios, pequeñas instalaciones deportivas, obras, carteles, parques y jardines, estatuas en general. Donde para alumbrado por proyección se desee un coste económico de implantación, aunque con alto coste de explotación, por su elevado consumo.

Lámparas halógenas de bajo voltaje, con reflector dicróico.

Especialmente indicadas para iluminar objetos sensibles al calor y para iluminaciones decorativas, en general, mediante luces empotradas, proyectores murales y aparatos de iluminación sobre carriles electrificados.

Por su disponibilidad de distintas aperturas de haz (12° , 26° , 30° , 38° , 60°), y pequeño tamaño, se ha generalizado su uso a todos los ámbitos de la iluminación interior.

En exteriores, han empezado a montarse en proyectores estancos para alumbrado puntual en jardines.

Lámparas halógenas de bajo voltaje, sin reflector.

Para montaje en luminarias y proyectores con reflector ya incorporado. Facilita muchas soluciones decorativas en el hogar y en el comercio, en pequeñas vitrinas, escaparates, galerías de arte, museos, restaurantes, discotecas, etc.

En alumbrado de precisión localizado, en flexos y luminarias de sobremesa.

2.5.2 LÁMPARAS DE DESCARGA

Espectro discontinuo

Distintas λ según la naturaleza del gas y la presión alcanzada

- Lámpara vapor de mercurio AP (VMCC)
- Lámpara vapor de mercurio Luz mezcla (LM)
- Lámpara vapor de mercurio Con halogenuros (HM)
- Lámpara vapor de sodio BP (SAP)
- Lámpara vapor de sodio AP (SAP)

2.5.2.1 APLICACIONES

Lámparas de luz mezcla

Tiene aplicaciones en la industria como sustitutoria directa de la lámpara incandescente en aquéllos lugares de poco nivel. En alumbrado exterior se pueden utilizar en paseos, zonas peatonales, parques y jardines, etc.

Al no llevar equipo de encendido, es muy versátil su utilización.

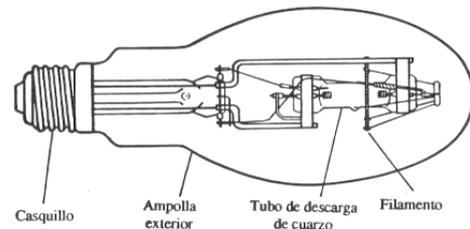


Fig. 27. Lámpara de luz mezcla

Lámparas de vapor de mercurio, color corregido

En exteriores:

Todo tipo de alumbrado público, parques y jardines, muelles, estaciones de ferrocarril, aparcamientos.

En interiores:

Todo tipo de industrias, como alumbrado en general en naves.

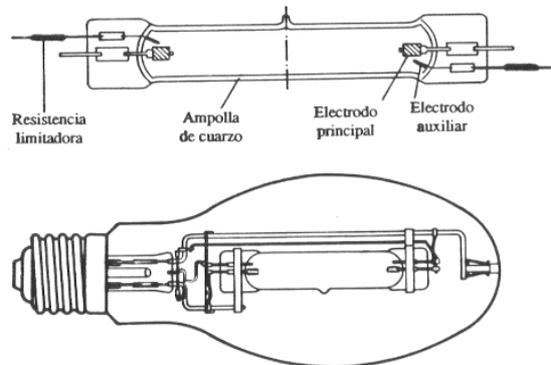


Fig. 28. Lámparas de vapor de mercurio

Lámparas de halogenuros metálicos

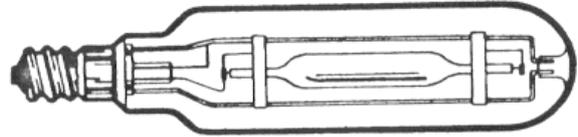
a) Con dos casquillos y pequeñas potencias:

Alumbrado interior para salas de exposiciones, escaparates, zonas comerciales, áreas de recepción, galerías de arte, alumbrado de fachadas pequeñas, etc.

b) Con un solo casquillo y potencia media

Recintos deportivos (pabellones), polideportivos al aire libre, alumbrado monumental, rótulos, hipermercados, hall de estaciones, aeropuertos, alumbrado artístico, en jardines en general donde sea necesaria una fuente de luz potente y con muy buena reproducción del color.

Fig. 29. Lámpara de vapor de mercurio con halogenuros



c) Con un solo casquillo y potencia alta

Uso deportivo en grandes polideportivos, estadios, piscinas, plazas de toros, alumbrado monumental, etc.

Lámparas de vapor de sodio alta presión

Alumbrado público de todo tipo, sobre todo para carreteras y autovías de tráfico intenso, iluminación interior de naves altas, iluminación de áreas extensas con proyectores, zonas de almacenamiento en la industria. También se emplea para alumbrado viario en las ciudades.

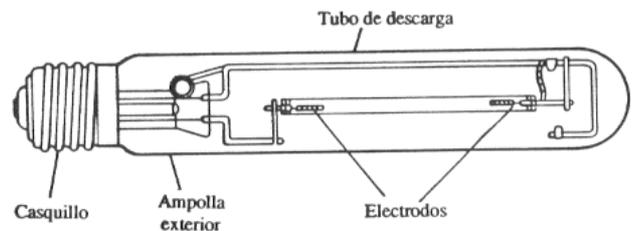


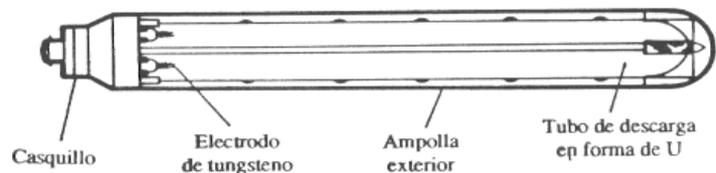
Fig. 30. Lámpara de vapor de sodio alta presión

En alumbrado monumental se utilizan en función de la textura y de los materiales de la fachada a iluminar

Lámparas de vapor de sodio baja presión

Por su característica monocromática, su uso está limitado a iluminación de seguridad, alumbrado en autopistas, túneles, obras, astilleros, puertos, exteriores de fábricas.

Fig. 31 Lámpara de vapor de sodio baja presión



En general, se emplea donde se requiera un alumbrado con un mínimo de coste de funcionamiento y sin requerimientos de reproducción de colores.

2.5.3 LÁMPARAS FLUORESCENTES

Compuestas por tubo de descarga, polvos fluorescentes, electrodos, gas de relleno y casquillos.

Temperatura de color:

- Blanco cálido (WW), 3.000 °K
- Blanco (W), 3.500 °K
- Blanco frío (CW), 4.200 °K
- Luz día (D), 6.000 °K

Rendimiento de color:

- Trifósforos, especiales, 90 a 100
- Lujo, 80 a 95
- Distintos niveles, 50 ... 80

Compactas

2.5.3.1 APLICACIONES

Lámparas fluorescentes rectilíneas

Las lámparas fluorescentes, al ofrecer la mejor y más rica gama de tonos de luz (2.700 a 6.500 °K), y la reproducción casi perfecta del color (Ra hasta de 100), en los trifósforos, admiten una gran amplitud de aplicaciones.

A la elección de la tonalidad más idónea, ayudan las distintas tablas de aplicaciones que cada fabricante de lámparas incluye en sus catálogos.

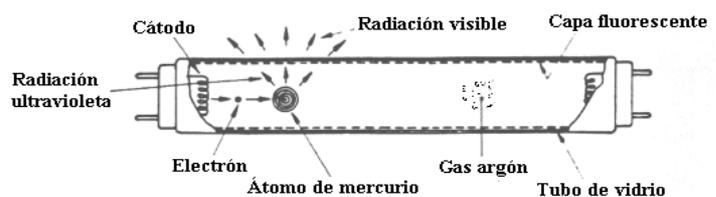


Fig. 32. Lámpara fluorescente

En líneas generales podemos indicar:

- a) Con luz día (D) y luz día de lujo (DX), con Tc superior a 5.000 °K y, por tanto, aspecto de color frío y con calidad de color muy buena ($Ra \geq 85$), es indicada para procesos industriales que impliquen juicios de color, y en aquellos lugares en los que se desea crear un ambiente similar a la luz del día natural. Por ejemplo, industrias gráficas, laboratorios, floristerías, plantas y acuarios, salas de diagnosis y tratamiento de hospitales, etc.

- b) Con luz blanca (W) y blanca fría (CW), con Tc de 4.200 y 3.800 °K y, por tanto, aspecto de color intermedio, y con calidad de color ($R_a \cong 60$) regular, es la lámpara de uso general en la industria.
- c) Con luz natural (N), con Tc = 4.000 °K, de apariencia de color intermedia y con calidad de color buena ($R_a = 85$), es la lámpara para usos en oficinas y comercio en general, de tipo estándar.
- d) Con luz blanca fría de lujo (CWX), con Tc = 4.000 °K y, por tanto, apariencia de color intermedia, y con calidad de color buena ($R_a = 85$), es la lámpara indicada para grandes almacenes y aplicaciones de prestigio en oficinas.
- e) Con luz blanca cálida (WW) y blanca cálida DE LUJO (WWX), CON Tc = 3.000 °K y, por tanto, apariencia de color cálida, y con calidad de color regular ($R_a = 53$), y muy buena ($R_a = 90$), tiene aplicaciones de uso general cuando se prefiere una luz cálida, por ejemplo en tiendas de muebles, salas de conferencias, dormitorios, restaurantes, cuartos de estar, cocinas, y en general en ambientes concurridos.
- f) Con luz hogar de lujo, con Tc = 2.700 °K y, por tanto, tono cálido como la incandescencia y, a su vez, con una calidad de color $R_a = 90$, es la indicada para la vivienda, salas de estar en hospitales, dormitorios, en general por su buena calidad de reproducción de las tonalidades de la piel.
- g) Tonos especiales.
- Lámparas Gro-lux, poseen radiación sobre la zona del espectro azul y rojo, por lo que se adapta muy bien a los procesos foto-biológicos, con aplicación en invernaderos, acuarios y tiendas de animales.
 - Lámparas germicidas, con emisión de radiación del 85% de su energía en una longitud de onda 253,7 en la banda ultravioleta del espectro, es una radiación que mata a las bacterias y a otros microorganismos. Como precaución debe evitarse su exposición directa al ser perjudicial para la piel y los ojos.
 - Lámparas de luz negra. Fabricadas con un filtro azul oscuro, que absorbe toda la luz visible, al tiempo que permite la libre transmisión de radiaciones ultravioletas. Su utilidad es la creación de efectos especiales. En discotecas, clubes, bares y en la industria para trabajos de detección e inspección.

Lámparas fluorescentes compactas

Tipo doble (DULUX). Amplia aplicación en luminarias de pequeño tamaño y empotrables con poca profundidad de empotramiento. Tienen la ventaja de tener el mismo tamaño que la lámpara de incandescencia.

Tipo simple (S). Se aplica como sustituto de la lámpara incandescente, en pequeñas luminarias planas de pared, techo o pie. Amplia utilización en empotrables.

Tipo mini-electrónica. Al disponer de casquillo E-27 (el normal, de rosca, de las lámparas de incandescencia), permite la sustitución directa de la lámpara incandescente con un gran ahorro en el consumo de energía.

2.5.4 OTROS TIPOS DE LÁMPARAS

Actualmente existen otros tipos de lámparas de elevado coste, que en general poseen altos rendimientos y vidas medias muy prolongadas.

En éste sentido, debemos mencionar las lámparas fluorescentes de alta potencia sin electrodos y las lámparas de descarga de gas a baja presión por inducción.

De otro lado, la iluminación por diodos Led´s no deja de avanzar en posibilidades de uso, no solo para señalización y pequeños flujos, sino para aplicaciones de alumbrado.

En éste apartado, hay que considerar así mismo, las iluminaciones mediante fibra óptica, que poseen ventajas muy específicas.

2.5.5 Resumen

INCANDESCENCIA	Stándard	Clara. Mate	
	Decoración	Ampolla reducida Ampolla normal (reflector incorporado)	
	Spot		
	Par (vidrio prensado)		
	Proyección		
	Cuarzo-Yodo	Normal Doble envoltura	
DESCARGA	Vapor de mercurio	Sin corrección del color Color corregido Reflector incorporado Con yoduros metálicos	
	Vapor de sodio	Baja presión Alta presión	
	Luz mezcla		
	Vapor de Xenón		
FLUORESCENCIA	Electrodos precalentados	Encendido por cebador	Normal De colores Bajas temperaturas Circulares En forma de U En forma de W
		Encendido sin cebador (arranque rápido)	Emisión normal Alta emisión Muy alta emisión
	Electrodos no precalentados	Arranque instantáneo	

Fig. 33. Clases de lámparas

2.5.6 COMPARATIVO DE EFICACIA DE LAS LÁMPARAS

En la Fig. 34 se representan las eficacias luminosas aproximadas de distintos tipos de lámparas, en relación con la potencia

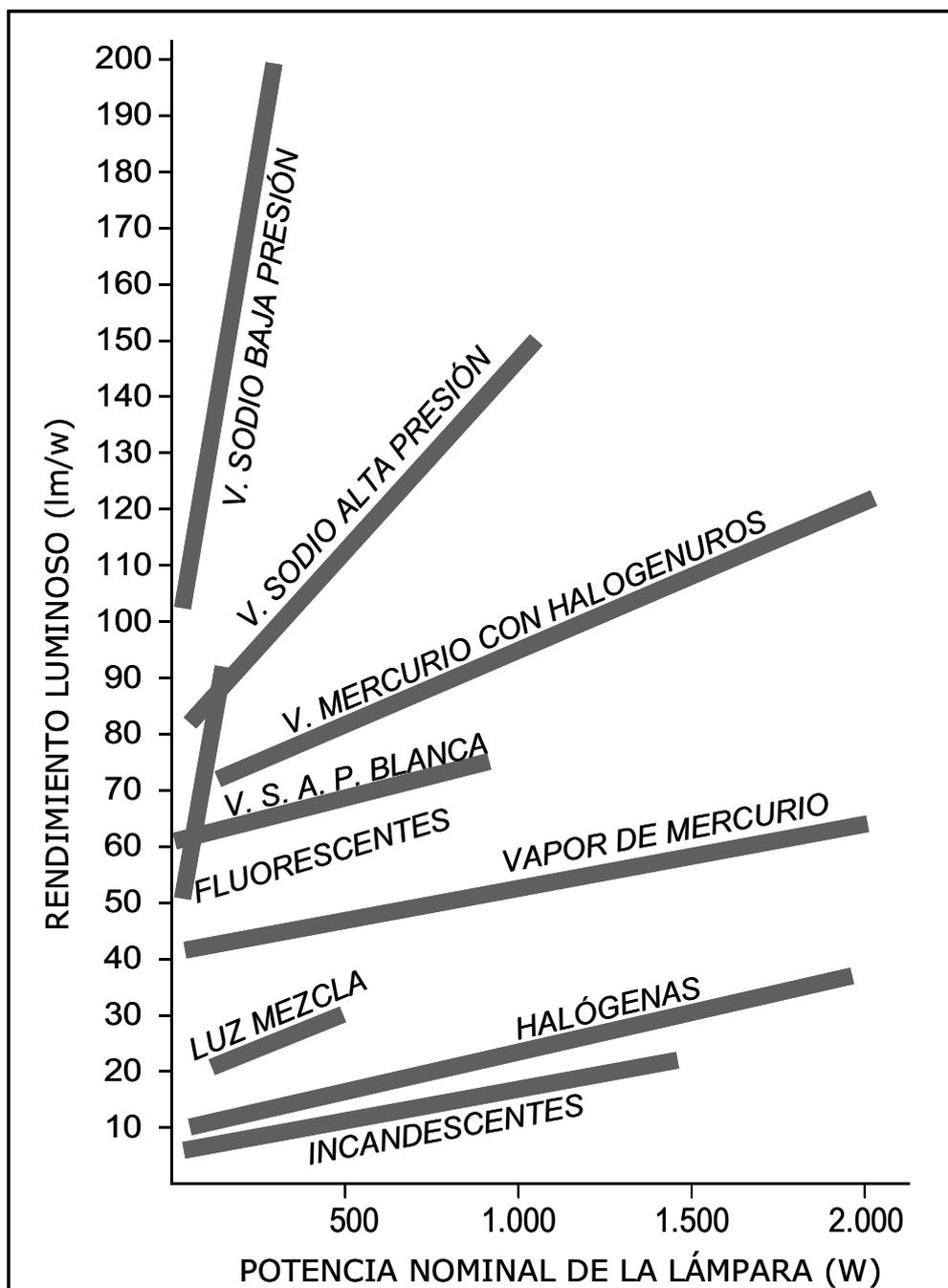


Fig. 34. Eficacia luminosa de algunas fuentes de luz

2.5.7 ILUMINANCIA Y TEMPERATURA DE COLOR

La iluminancia de las fuentes de luz y su temperatura de color, están, en cierta forma, relacionadas.

Por ejemplo, una iluminancia muy alta, con baja temperatura de color, produce una sensación poco natural. Una baja iluminancia con alta temperatura de color, produce una sensación muy fría.

El ábaco de Kruituoff (Fig. 35), relaciona los niveles de iluminación con las temperaturas colorimétricas T_c . Define la zona idónea de relación de las dos magnitudes.

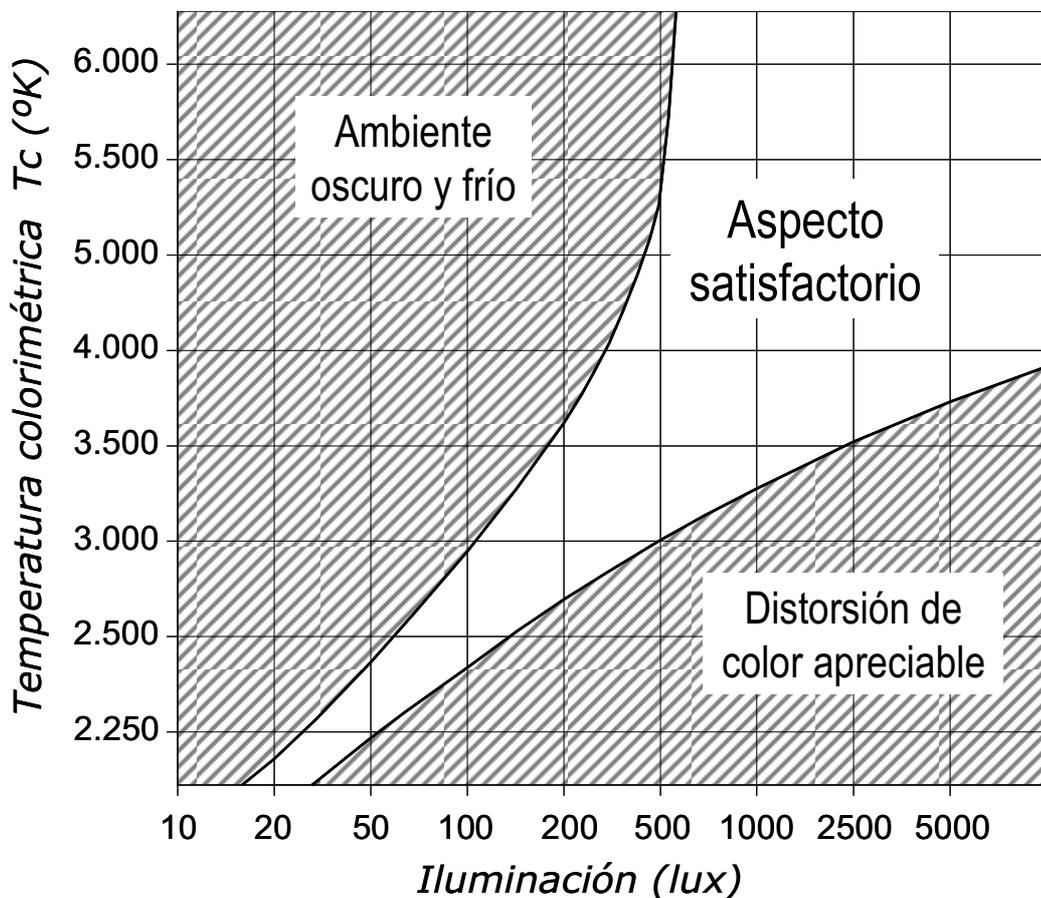


Fig. 35. Ábaco de Kruituoff

Las zonas rayadas hay que evitarlas, ya que crean ambiente con sensación desagradable. Hay que proyectar en la zona sin rayar.

3 COMPONENTES Y SISTEMAS DE ALUMBRADO

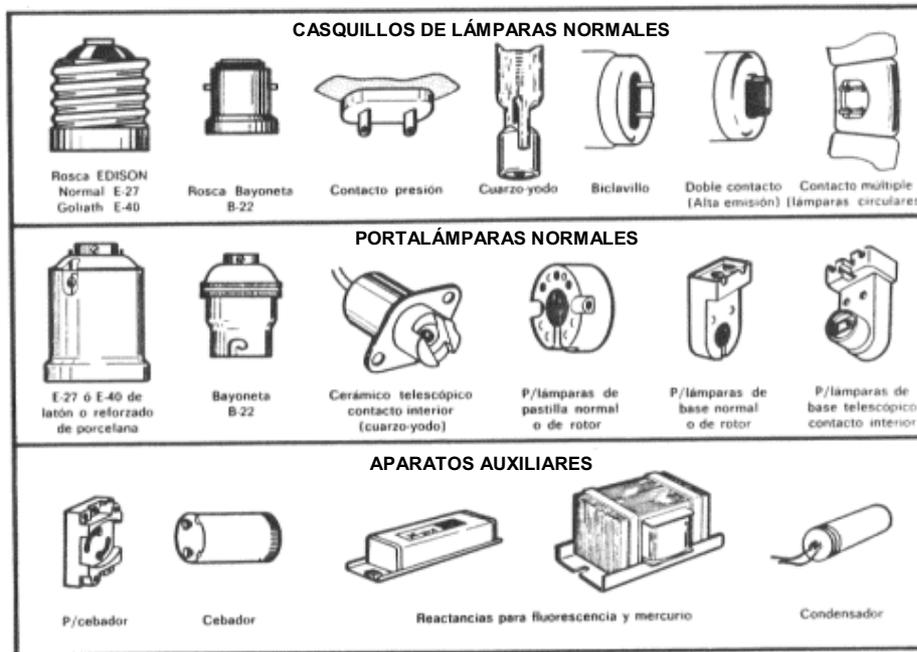


Fig. 36. Componentes de lámparas y equipos auxiliares

Todas las lámparas, excepto las de incandescencia a 230 V y las de luz mezcla, precisan de equipos auxiliares para su funcionamiento.

Los equipos auxiliares pueden estar compuestos por:

- Balastos; es el elemento que estabiliza o controla la intensidad que circula por la lámpara
- Arrancadores y cebadores; para el encendido de la lámpara
- Condensadores; para corregir el factor de potencia

Hay muy diversos tipos de equipos y de montajes. A continuación se exponen algunos ejemplos de equipo auxiliar.

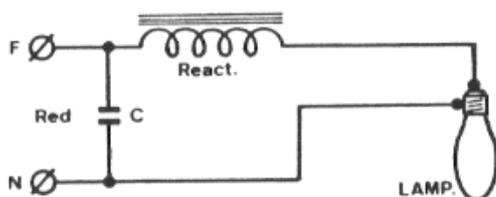


Fig. 37. Instalación de lámpara de vapor de mercurio

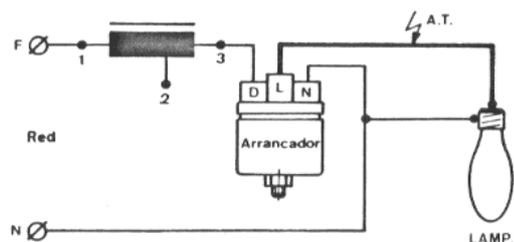


Fig. 38. Instalación de lámpara de v. de mercurio con halogenuros

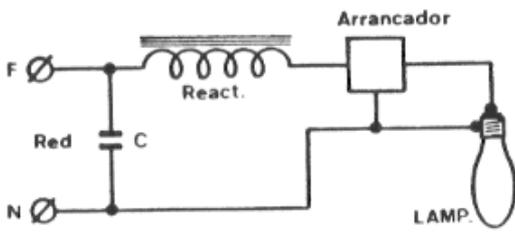


Fig. 39. Instalación de lámpara de vapor de sodio alta presión

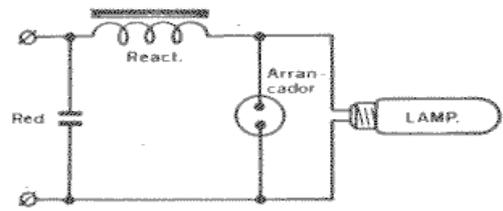


Fig. 40 Instalación de lámpara de vapor de sodio baja presión

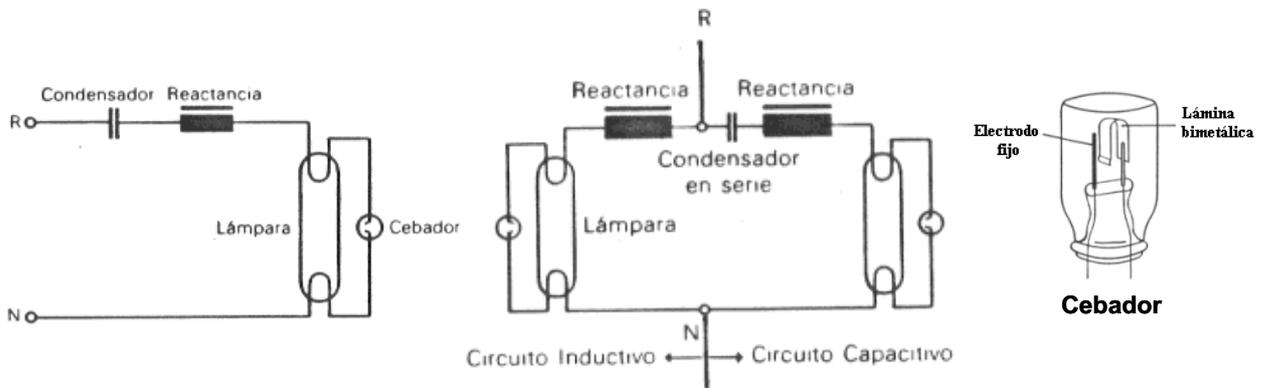


Fig. 41. Instalación de lámparas fluorescentes

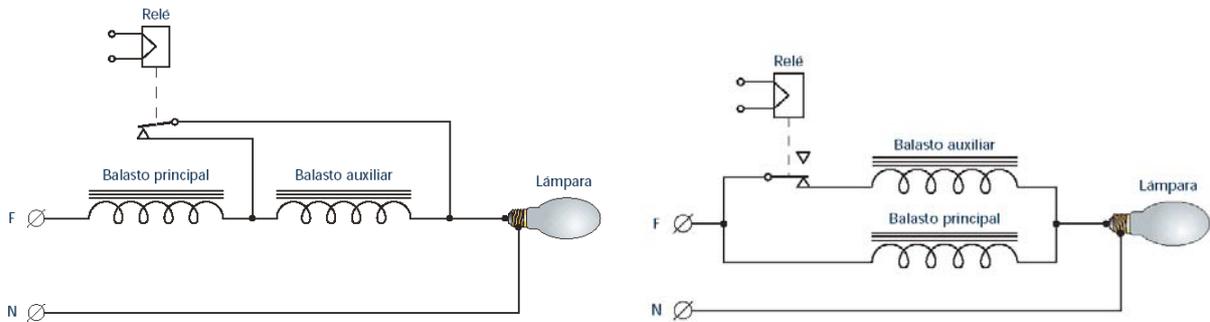


Fig. 42. Equipos de ahorro de energía

Para el ahorro de energía, actualmente se están empleando equipos reguladores en la cabecera de la instalación, para el control de potencia con regulador de flujo y dispositivos de ahorro, que admiten reducción o aumento de flujo de forma continua programable.

Sistemas de alumbrado

Para la elección del tipo de alumbrado más idóneo para unas necesidades concretas, es necesario tener en cuenta los factores de mayor incidencia:

- Tipo de iluminación; natural y artificial
- Distribución luminosa
- Contraste
- Sombras
- Deslumbramiento. Máximas relaciones de luminancias admisibles.

Entre la tarea visual y la superficie de trabajo, 3:1

Entre la tarea visual y el espacio circundante, 10:1

Entre la fuente de luz y el fondo, 20:1

- Condiciones de las fuentes de luz

Distribución espectral

Escala de potencias eléctricas

Efecto biológico de la radiación emitida

Color de luz apropiado a cada aplicación

Calidad de reproducción cromática

Rendimiento luminoso, variaciones y regulación de niveles

Vida de lámparas y luminarias

Coste de componentes y de instalación

Estética de los puntos de luz y de la propia iluminación

- Luminarias
- Instalación eléctrica

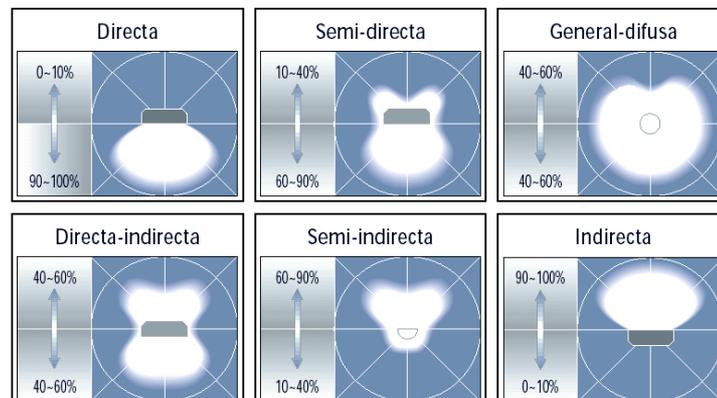


Fig. 43. Clasificación de luminarias según la radiación del flujo luminoso

Con relación a la distribución luminosa de la luminaria	Directo Semidirecto Directo-indirecto Semi-indirecto Indirecto	
Con relación a la distribución luminosa sobre el área a iluminar	General General localizado Suplementario	
Con relación a la zona a iluminar	Interiores	Laboral Comercial Escolar
	Exteriores	Público Industrial exterior Por proyectores

Fig. 44. Clasificación y sistemas de alumbrado



Fig. 45. Ejemplos de tipos de luminarias

4 CÁLCULO DE ALUMBRADO DE INTERIOR

Los fabricantes de luminarias, proporcionan programas para los cálculos luminotécnicos, no obstante, hay que conocer el proceso de cálculo y aplicar los conceptos expuestos.

4.1 PLANTEAMIENTO GENERAL

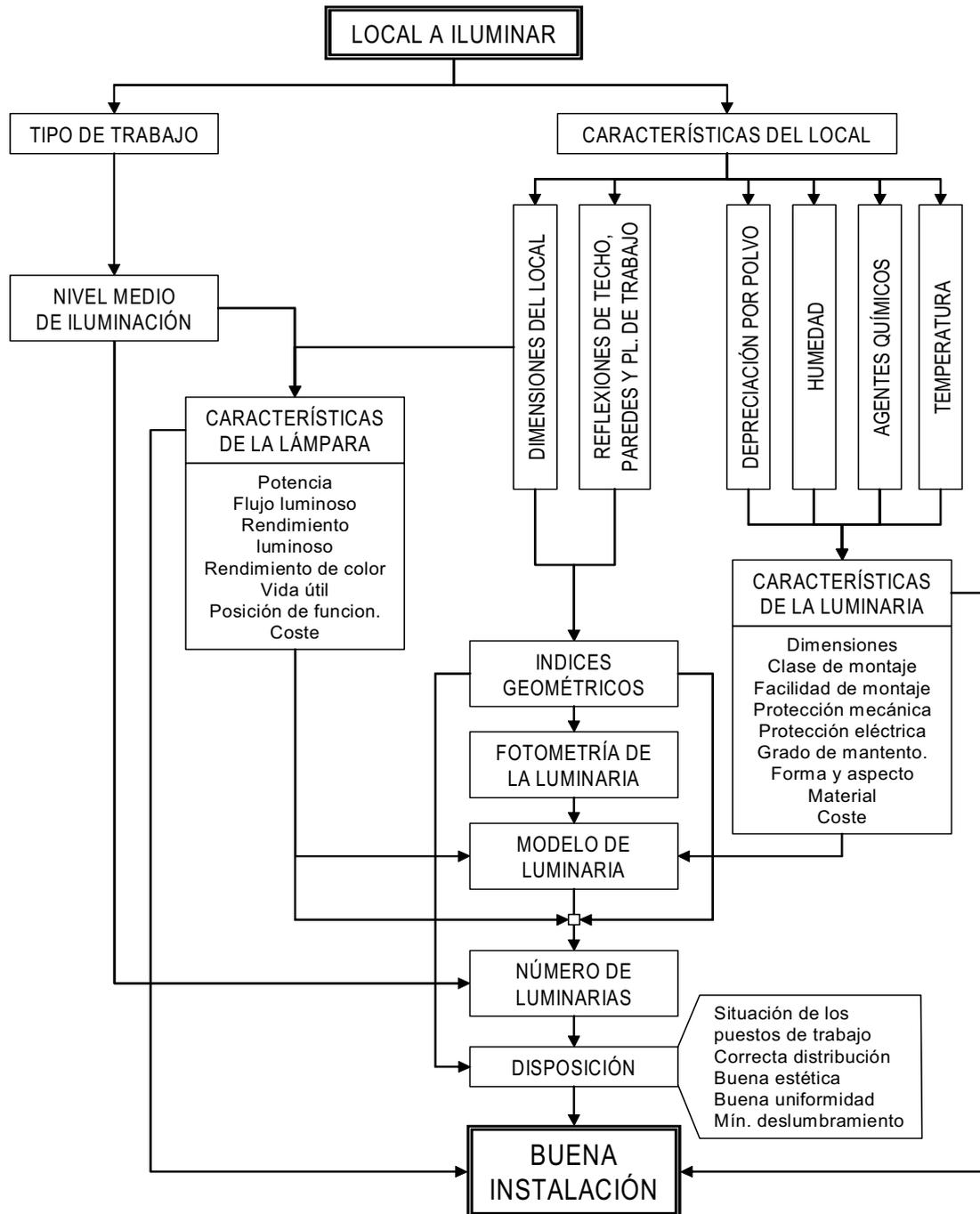


Fig. 46. Proceso de cálculo

4.2 ÍNDICE DEL LOCAL

$$K = \frac{L \cdot A}{h(L + A)} \quad (\text{luminarias A y C})$$

$$K = \frac{3L \cdot A}{2h'(L + A)} \quad (\text{luminarias D y E})$$

L = Longitud del local

A = Anchura del local

h = Distancia entre el plano de trabajo y el de las luminarias

h' = Distancia entre el plano del trabajo y el techo

4.3 CLASIFICACIÓN DE LUMINARIAS

Clase

A1, A.1.1, A.1.2, A.2, A.2.1, A.3

B.2, B.3, B.4

C.2, C.3, C.4

D.2, D.3, D.4

E.2, E.3

Categoría

Directa intensiva

Directa extensiva

Semi directa

Mixta

Indirecta

