

Iluminación de interiores.

CTE DB HE. Edificios Industriales



Eloy Díaz Dorado
ediaz@uvigo.es

*Grupo de investigación en e
Universidade de Vigo*

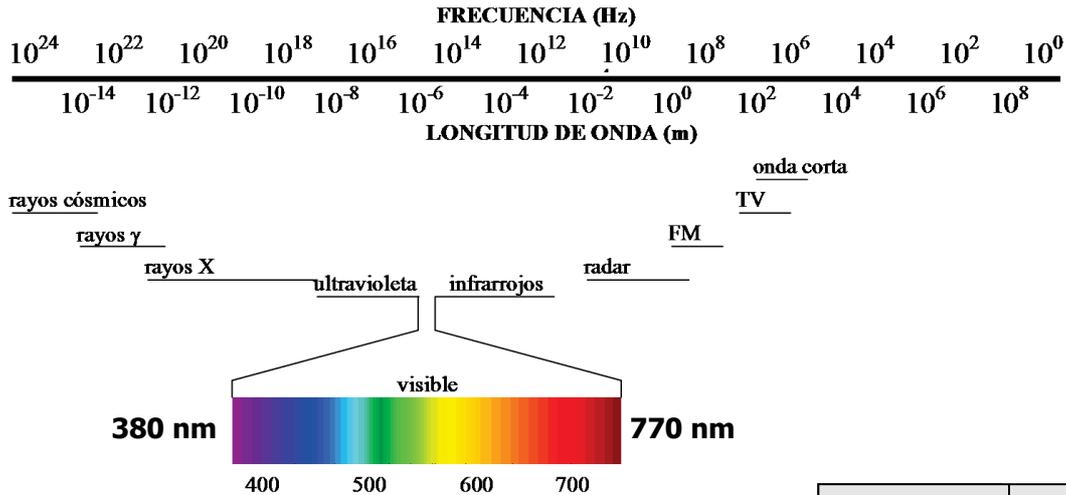
Vigo, 29 de junio de 2015

1

Índice

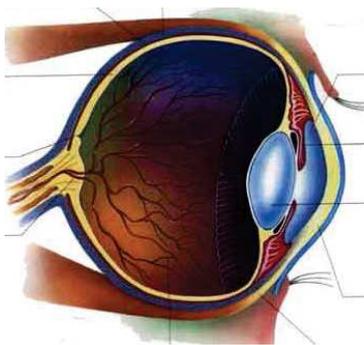
- La luz
- Magnitudes luminotécnicas
- Lámparas
- Luminarias
- Equipos auxiliares
- Criterios de diseño
- Mantenimiento
- Métodos de cálculo
- Código Técnico de la Edificación

2

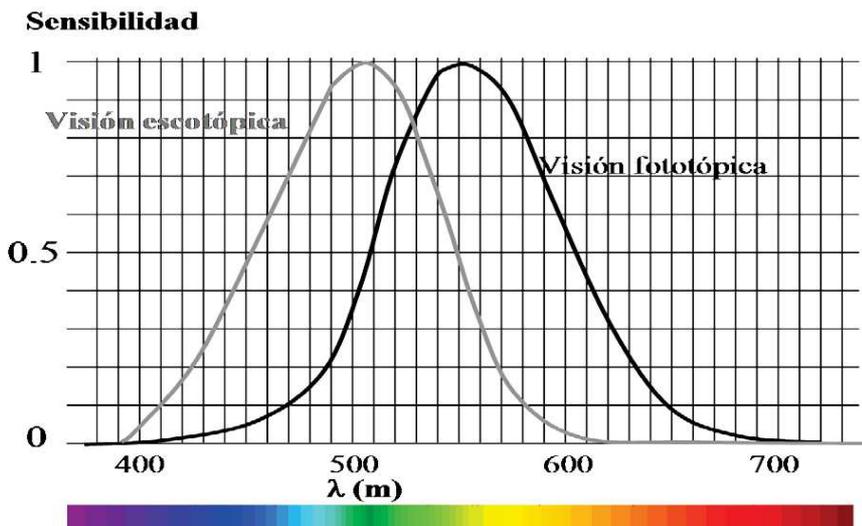
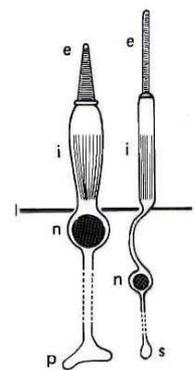


Se denomina luz visible al conjunto de **radiaciones electromagnéticas** con longitudes de onda entre 380 y 770 nm, y que son las responsables de que el hombre pueda ver.

color	λ (nm)
Violeta	380-436
Azul	436-495
Verde	495-566
Amarillo	566-589
Naranja	589-627
Rojo	627-770

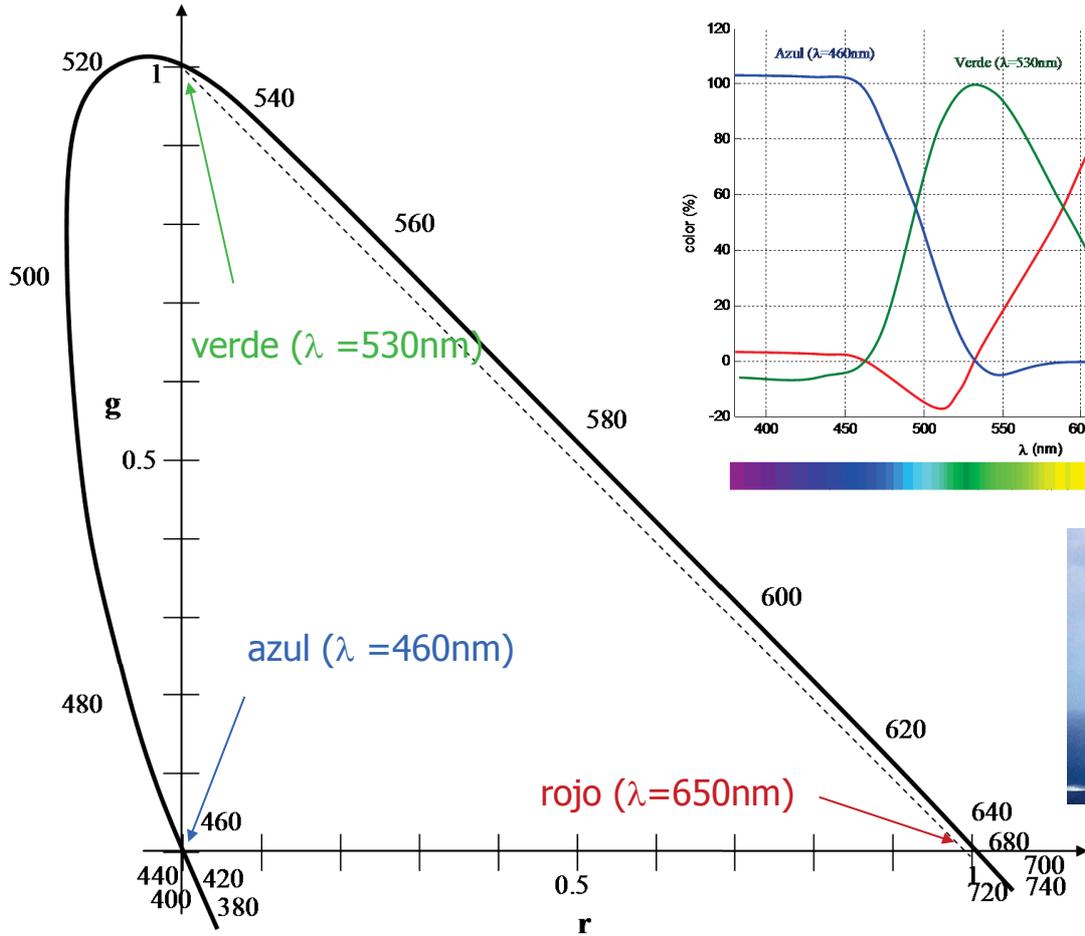


El ojo tiene aproximadamente ciento veinte millones de *bastones* y cuatro millones de *conos*.

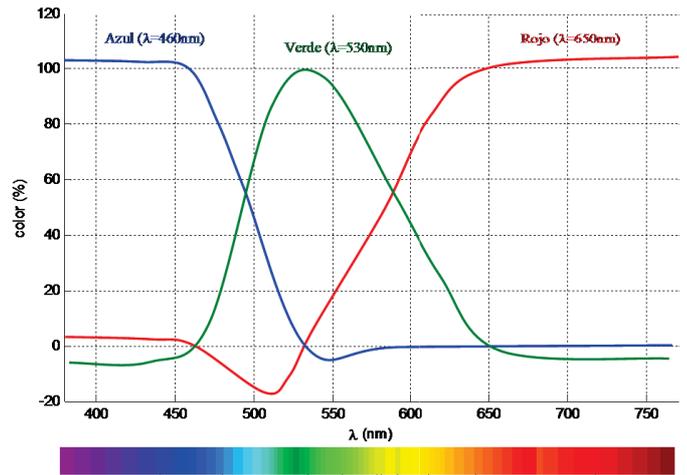


- Visión:
- fotópica
 - escotópica
 - mesópica

LA LUZ: El color

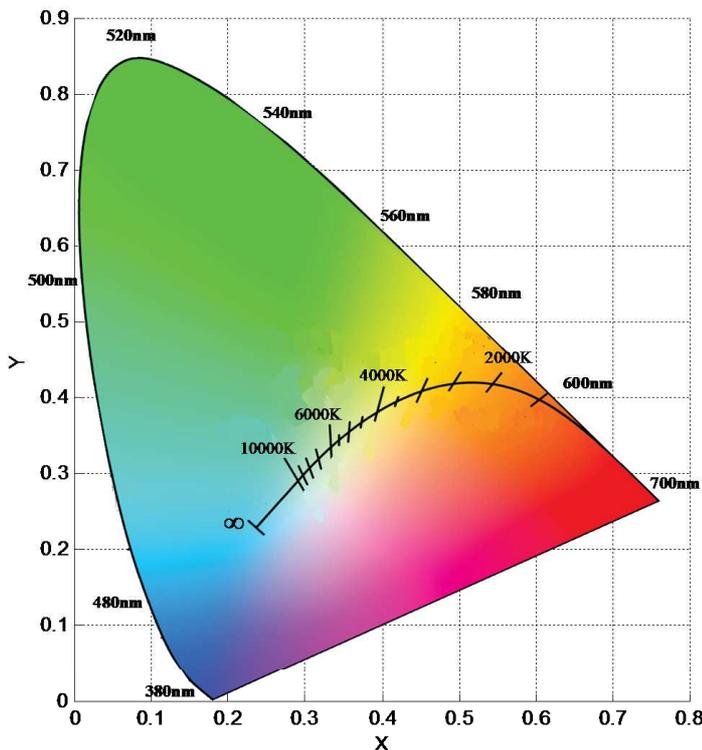


ILUMINACIÓN

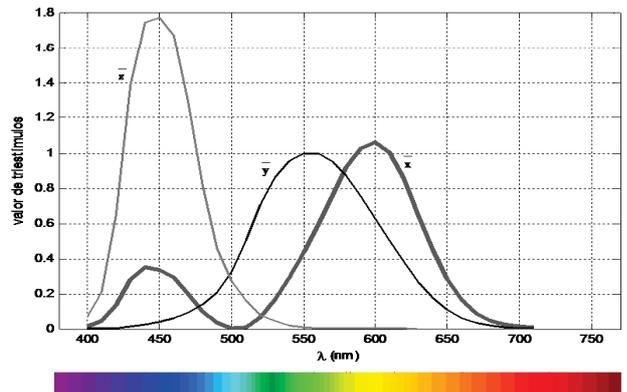


5

LA LUZ: El color



ILUMINACIÓN



CIE definió 3 colores ficticios cuyos triestímulos siempre toman valores positivos entre 0 y 1 para dar cualquier color.

$$x + y + z = 1$$

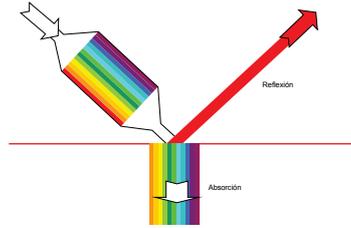
METAMERISMO

6

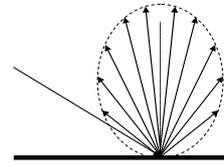
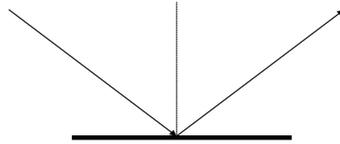
LA LUZ: propiedades

ILUMINACIÓN

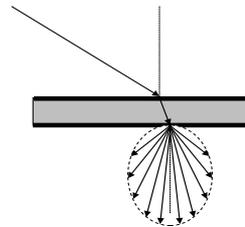
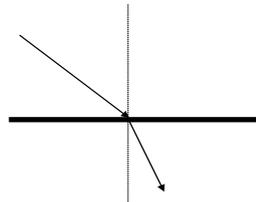
• Absorción



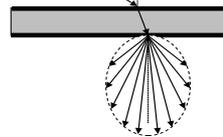
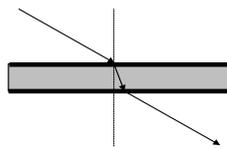
• Reflexión



• Difracción



• Transmisión



7

Magnitudes luminotécnicas

ILUMINACIÓN

El flujo luminoso (Φ)

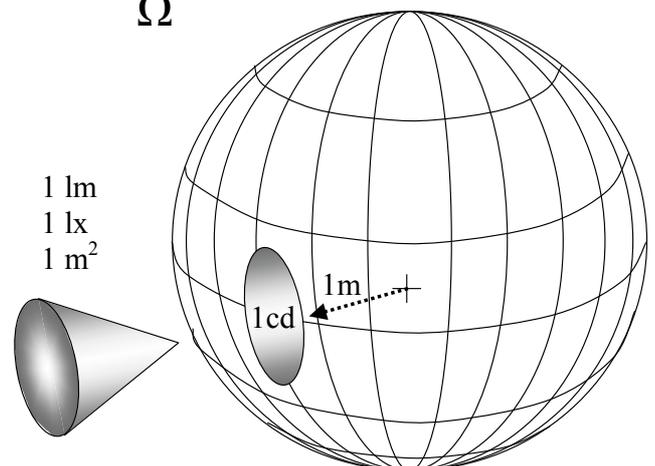
Es la cantidad de luz que emite una fuente luminosa. La unidad es el lumen ($lm = cd \cdot sr = lx \cdot m^2$). Un lumen es el flujo luminoso que incide sobre $1 m^2$ de una superficie situada a $1m$ de la fuente puntual que emite luz con una intensidad de $1 cd$ en todas las direcciones del espacio.

$$I = \frac{\Phi}{\Omega}$$

La intensidad luminosa (I)

Es la densidad de luz que se encuentra dentro de un estereoradian (una esfera tiene 4π esteroradianes). La intensidad luminosa se mide en candelas (cd).

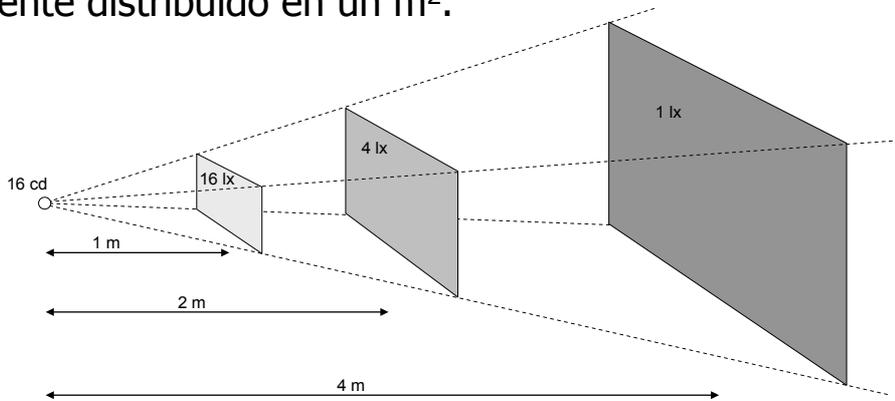
Una candela se define como la intensidad luminosa de una fuente de luz monocromática de $540 THz$ que tiene una intensidad radiante de $1/683$ vatios por estereorradian (S.I.).



8

La iluminancia (E)

Es la densidad de flujo luminoso que recibe una superficie determinada. La iluminancia se mide en lux. Un lux es el flujo luminoso de un lumen uniformemente distribuido en un m².



$$E_h = \frac{I \cdot \cos^3 \alpha}{h^2}$$

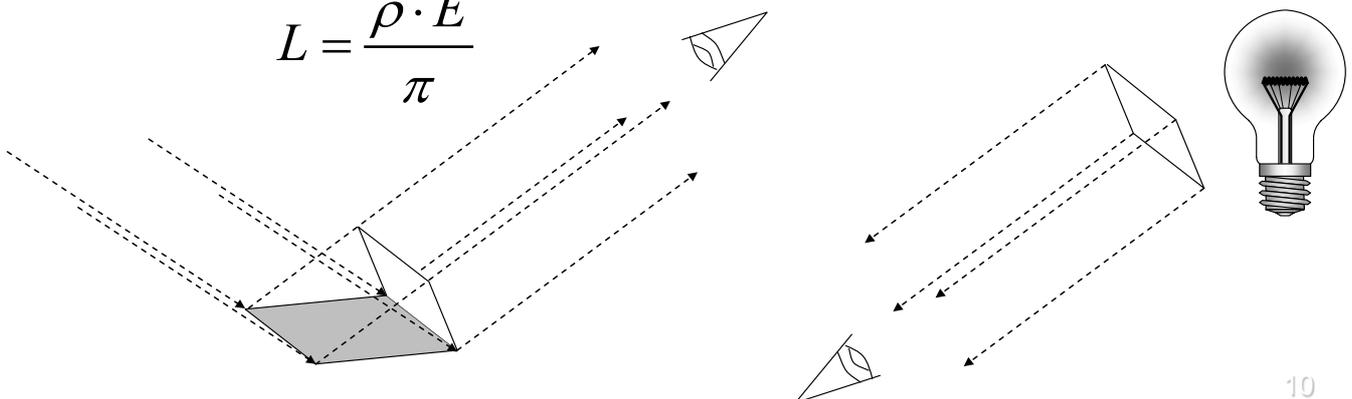
$$E_v = \frac{I \cdot \cos^2 \alpha \cdot \sin \alpha}{h^2}$$

La luminancia (L)

Es la intensidad luminosa *directa* desde una fuente de luz o *reflejada* por una superficie en una determinada dirección para una determinada unidad de área (cd/m²). Es equivalente al brillo.

A partir del coeficiente de reflexión, la luminancia reflejada por una superficie puede ser calculada por la expresión siguiente, siempre que no sea una superficie muy brillante.

$$L = \frac{\rho \cdot E}{\pi}$$



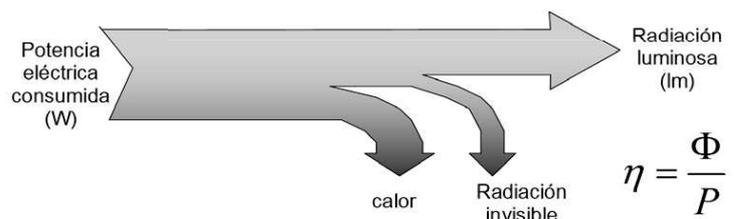
Valores de luminancia e iluminancia

Luminancia	(cd/m ²)
Sol	150 000
Cielo despejado	0,3 – 0,5
Cielo cubierto	0,03 – 0,1
Luna	0,25

Iluminancia	(lx)
Mediodía verano, cielo despejado	100 000
Mediodía verano, cielo cubierto	20 000
Noche de luna llena	0,25
Noche de luna nueva (estrellas)	0,01

11

El rendimiento luminoso (η)



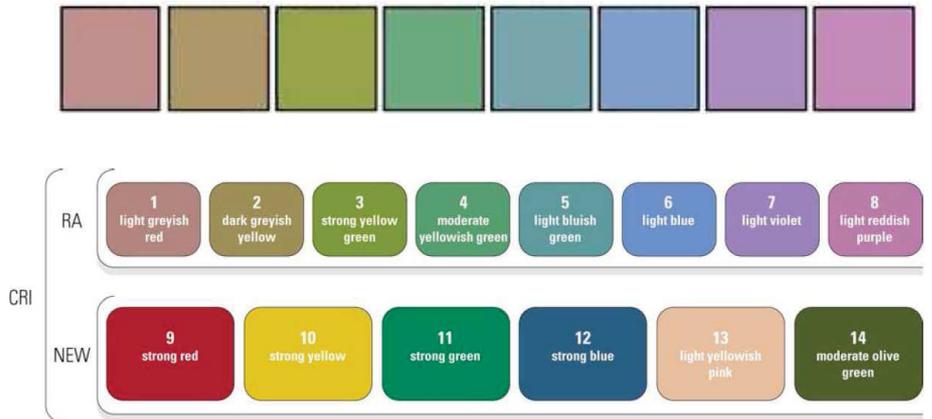
Tipo de lámpara	% de radiación			Convección y conducción (%)
	Visible	infrarroja	ultravioleta	
Incandescente	5.75	75	0.25	19
Fluorescente	28	---	0.5	71.5
Halogenuros metálicos	24	24.5	1.5	50
Hg alta presión	16.5	15	4	64.5
Na baja presión	31	25	---	44
Na alta presión	40.5	3.5	---	56

12

Índice de reproducción cromática (IRC ó Ra)

Mide la capacidad de una fuente de luz para reproducir los colores. El valor Ra se determina iluminando un conjunto de ocho colores de muestra establecidos por la norma DIN 6169. Se valora de 0 a 100.

DIN-5035	Ra
1A	90-100
1B	80-90
2A	70-80
2B	60-70
3	40-60
4	20-40

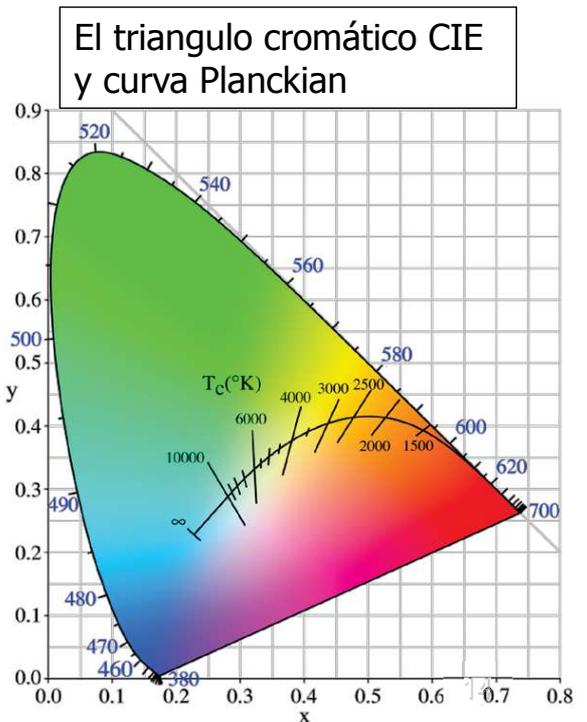
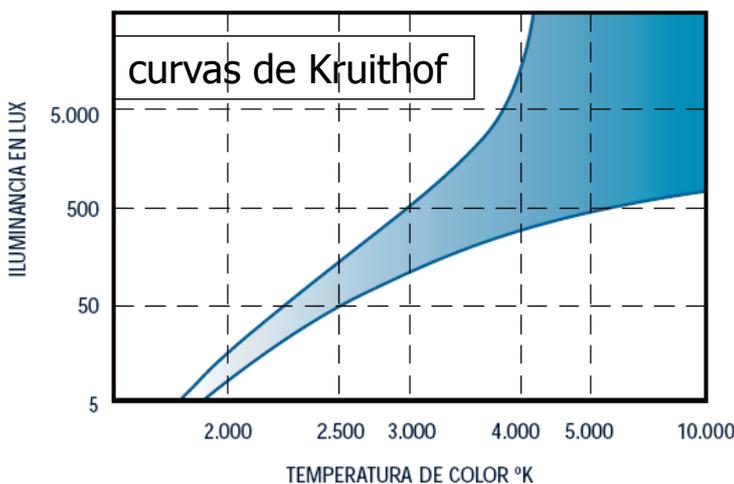


El nuevo CRI (Color Rendering Index –Índice de Reproducción Cromática) mide la fidelidad de los colores iluminados por una determinada fuente luminosa. Se calcula el promedio entre 14 test del color diferentes.

Apariencia de color

Para determinar la sensación que las personas tendrán de un local, se considera la temperatura de color. Clasificación (UNE-EN 12464-1):

T ^a de color	Apariencia	tono
T _c > 5300 K	Fría	Blanco azulado
3300 K ≤ T _c ≤ 5300 K	Intermedia	Neutro
T _c < 3300 K	Cálida	Blanco rojizo



La normativa DIN 5035 divide la luz en tres clases de color:

- Blanco Cálido ($T_c < 3300K$)
- Blanco Neutro ($3300K < T_c < 5000 K$),
- Luz Fría ($T_c > 5000 K$)

IEC TR 62732:2012: Three-digit code for designation of colour rendering and correlated colour temperature

Código internacional que agrupa IRC y T_c :

- **El primer dígito:** 8 (del código "827"), indica que el "Índice de Reproducción Cromática de la lámpara, es entre 80 y 89 Ra.
- **Los dos siguientes dígitos:** 27 (del código "827"), hacen referencia a la T_c , en este caso 2700K.

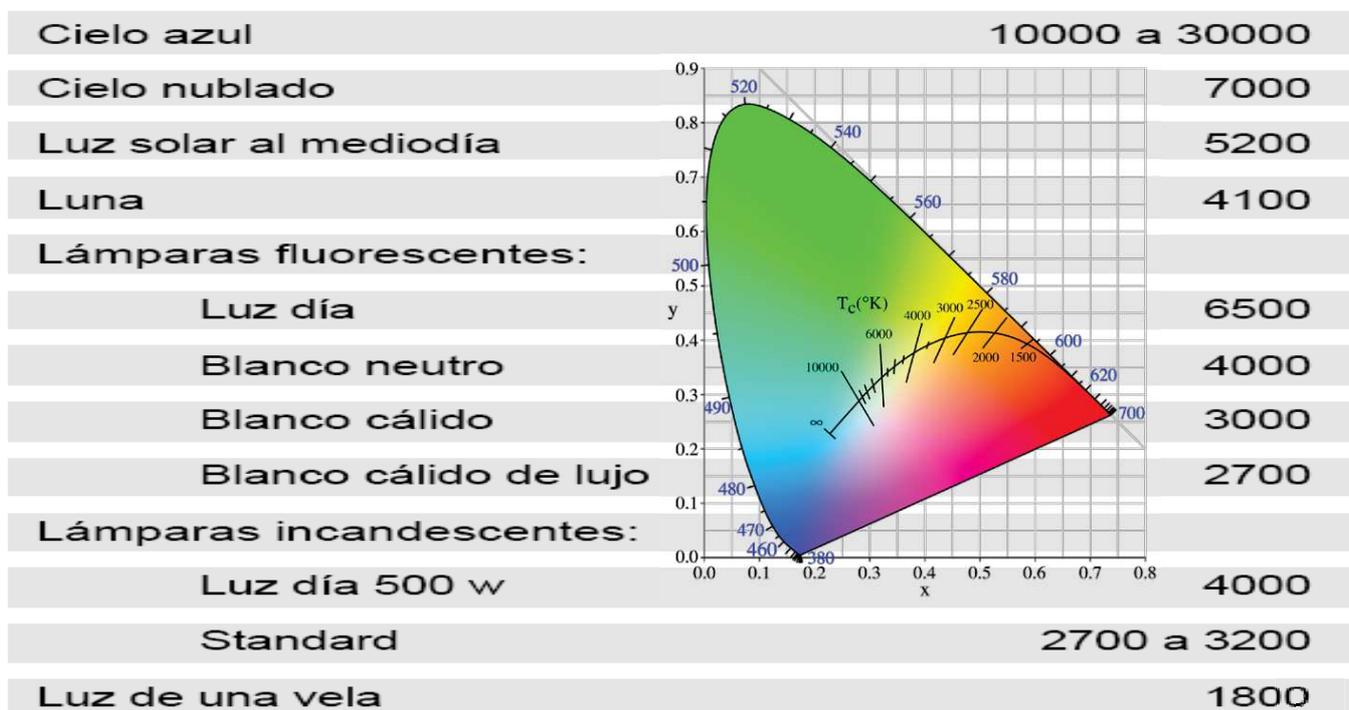
Blanco cálido: lámparas incandescentes, halógenas, sodio blanco 830, halogenuros metálicos y fluorescentes lineales y compactas de color 830, 827 y 930

Blanco neutro: lámparas de descarga 942, fluorescentes lineales y compactas de color 835, 840, 940 y 950 y halogenuros metálicos.

Blanco frío: la mas parecida a la luz natural del día. Se puede obtener con lámparas fluorescentes lineales y compactas de color 865, 965 y halogenuros metálicos 767.

15

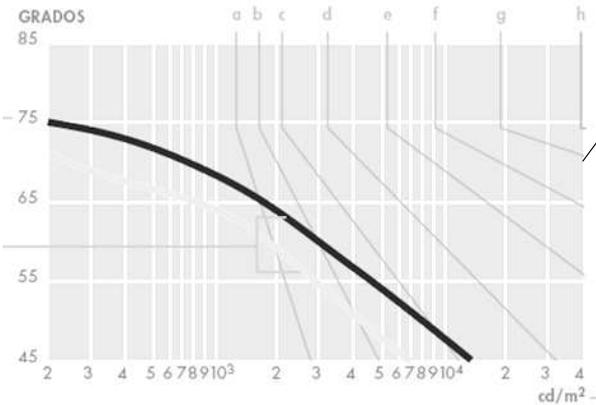
Temperatura de color



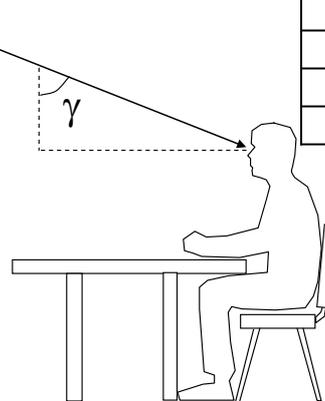
Deslumbramiento (Diagrama de deslumbramiento (Söllner))

El deslumbramiento hace referencia a la dificultar de visión debido a un elevado contraste entre la luminosidad de una superficie y su contorno.

Clase	G	Válido para iluminancias en servicio E(lx)			
A	1,15	2000	1000	500	≤300
B	1,5		2000	1000	500 ≤300
C	1,85			2000	1000 500 ≤300
D	2,2				2000 1000 500 ≤300
E	2,55				2000 1000 500 ≤300



Grado G	Clase CIE	Clase DIN
1,15	A	A
Tarea visual muy complicada		
1,5	B	1
Exigencias visuales elevadas		
1,85	C	
Exigencias visuales normales		
2,2	D	2
Exigencias visuales bajas		
2,55	E	3
Exigencias visuales muy bajas		



CIE 117:1995 & CIE 190:2010

$$UGR = 8 \cdot \log \left[\frac{0,25}{L_b} \cdot \sum \frac{L^2 \cdot w}{p^2} \right]$$

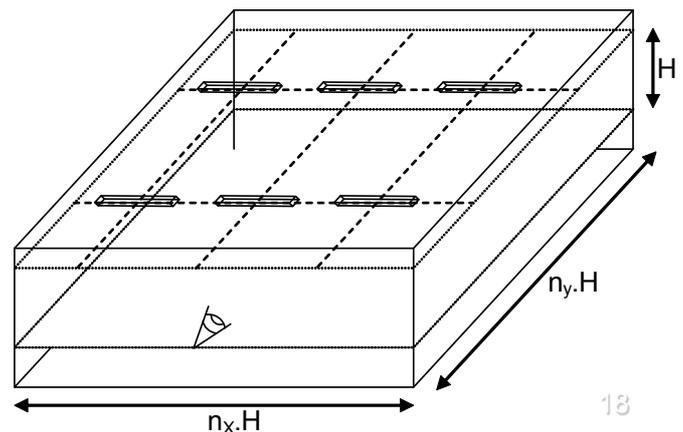
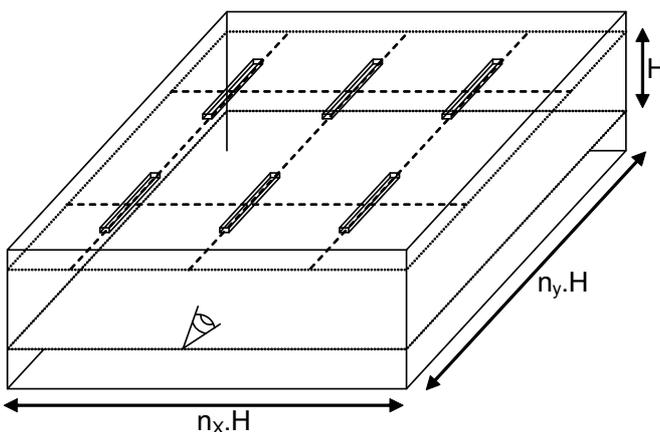
L_b = luminancia de fondo (cd/m²).

L = luminancia de la parte luminosa de cada luminaria en la dirección del ojo del observador (cd/m²).

w = ángulo sólido de las partes luminosas de cada luminaria en el ojo del observador (estereorradián).

Con diferentes parámetros se puede recalcular a partir de un valor anterior:

$$UGR_1 = UGR_0 + 8 \cdot \log \frac{\Phi_1}{\Phi_0}$$



Contraste y Deslumbramiento.

También se emplea el valor de **UGR**: índice unificado de deslumbramiento ("Unified Glare Rating"), que se obtiene según el procedimiento dado por CIE

Valoración de deslumbramiento según UGR											
ρ Techo	70	70	50	50	30	70	70	50	50	30	
ρ Paredes	50	30	50	30	30	50	30	50	30	30	
ρ Suelo	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Tamaño del local		Mirado en perpendicular al eje de lámpara					Mirado longitudinalmente al eje de lámpara				
X	Y										
2H	2H	19.4	20.3	19.7	20.5	20.7	19.5	20.4	19.8	20.6	20.8
	3H	20.0	20.8	20.3	21.1	21.3	20.4	21.1	20.7	21.4	21.6
	4H	20.4	21.1	20.7	21.4	21.7	20.8	21.6	21.1	21.8	22.1
	6H	20.7	21.4	21.0	21.6	21.9	21.2	21.9	21.5	22.2	22.4
	8H	20.8	21.4	21.1	21.7	22.0	21.3	22.0	21.7	22.3	22.6
	12H	20.8	21.4	21.2	21.7	22.1	21.4	22.0	21.7	22.3	22.6
4H	2H	19.6	20.3	19.9	20.6	20.9	19.7	20.4	20.0	20.7	21.0
	3H	20.5	21.1	20.9	21.4	21.7	20.8	21.4	21.2	21.7	22.0
	4H	21.0	21.6	21.4	21.9	22.3	21.5	22.0	21.8	22.3	22.7
	6H	21.5	21.9	21.9	22.3	22.7	22.0	22.4	22.4	22.8	23.2
	8H	21.6	22.0	22.0	22.4	22.8	22.1	22.6	22.6	22.9	23.3
	12H	21.7	22.0	22.1	22.4	22.9	22.2	22.6	22.7	23.0	23.4
8H	4H	21.3	21.7	21.7	22.1	22.5	21.7	22.1	22.1	22.5	22.9
	6H	21.8	22.2	22.3	22.6	23.0	22.3	22.6	22.8	23.1	23.5
	8H	22.0	22.3	22.5	22.8	23.2	22.6	22.8	23.0	23.3	23.7
	12H	22.2	22.4	22.7	22.9	23.4	22.7	22.9	23.2	23.4	23.9
12H	4H	21.3	21.7	21.7	22.1	22.5	21.7	22.0	22.1	22.4	22.9
	6H	21.9	22.2	22.4	22.6	23.1	22.3	22.6	22.8	23.1	23.5
	8H	22.1	22.4	22.6	22.8	23.3	22.6	22.8	23.1	23.3	23.8
	12H	22.1	22.4	22.6	22.8	23.3	22.6	22.8	23.1	23.3	23.8
Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias											
S = 1.0H		+1.5 / -1.1					+1.3 / -0.9				
S = 1.5H		+2.5 / -1.3					+2.0 / -1.1				
S = 2.0H		+3.9 / -1.6					+3.3 / -1.2				
Tabla estándar		BK04					BK04				
Sumando de corrección		3.1					3.4				
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 5700lm Flujo luminoso total											

3 Oficinas

Nº ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_m lux	UGR _L	R _a
3.1	Archivo, copias, etc.	300	19	80
3.2	Escritura, escritura a máquina, lectura, tratamiento de datos	500	19	80
3.3	Dibujo técnico	750	16	80
3.4	Puestos de trabajo de CAD	500	19	80
3.5	Salas de conferencias y reuniones	500	19	80
3.6	Mostrador de recepción	300	22	80
3.7	Archivos	200	25	80

Lámparas

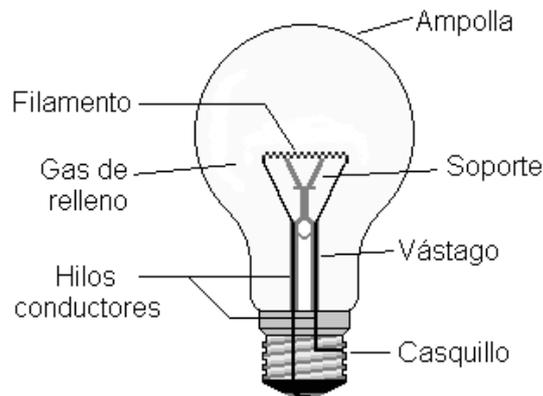
Tipos de lámparas

- Incandescencia
 - Convencional
 - Halógena
- Descarga
 - Fluorescentes
 - Vapor de mercurio de alta presión
 - Vapor de sodio de baja presión
 - Vapor de sodio de alta presión
- Inducción
- Led y oled



Convencionales

	Lámparas con gas	Lámparas de vacío
Tª del filamento	2500 °C	2100 °C
Eficacia luminosa	10-20 lm/W	8-12 lm/W
Duración	1000 h	1000 h
Pérdidas de calor	Convec./radiación	Radiación



Partes de una bombilla

Halógenas

Lámpara incandescente con una pequeña cantidad de halógenos. Cuando el wolframio se evapora se une al halógeno. Si se acerca a las paredes de la ampolla, permanece en estado gaseoso, y si entra en contacto con el filamento, se separa el wolframio que se deposita sobre el filamento y el halogenuro que pasa al gas.

Tienen una eficacia luminosa de 22 lm/W, y las potencias van de 150 a 2000W.

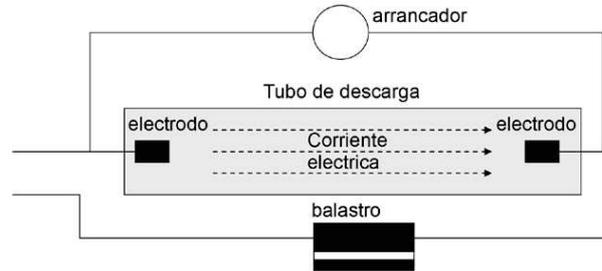


Eco-halógenas



Lámparas de descarga

En las lámparas de descarga la luz se consigue al excitar un gas con una descarga eléctrica entre dos electrodos. En función del gas empleado en la lámpara y la presión a la que esté sometido se tienen diferentes tipos de lámparas.

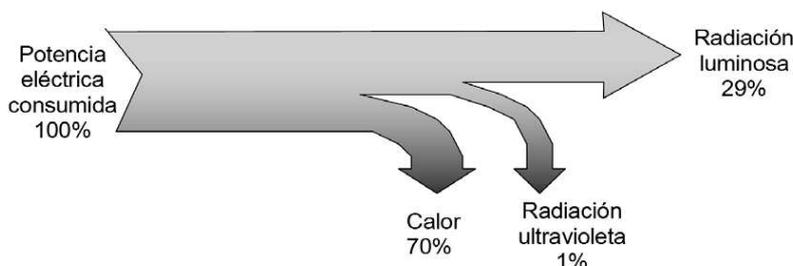
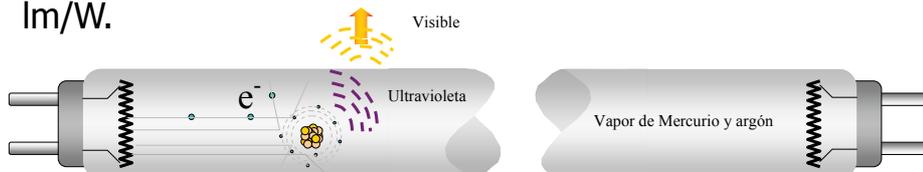


Tipos de lámpara	Eficacia de las lámparas (lm/W)	Vida media (h)
Fluorescentes	50-110	6000
Luz mezcla	20-30	9000
Mercurio a alta presión	40-65	25000
Halogenuros metálicos	75-95	12000
Sodio a baja presión	100-180	25000
Sodio a alta presión	70-130	25000

23

Lámparas fluorescentes

- Contienen vapor de mercurio mezclado con un gas inerte a baja presión (<1Pa)
- Emiten radiación ultravioleta en 2537nm.
- La superficie del tubo está recubierta con sustancias fluorescentes que al ser excitadas por la radiación ultravioleta emiten en el espectro visible.
- El tipo de sustancias depositadas determinan la temperatura de color (más cálida o fría).
- El rendimiento de color se sitúa entre el 80 y el 90%.
- El rendimiento energético se encuentra entre 40 y 90 lm/W.



Apariencia	T(K)
Blanco cálido	3000
Blanco	3500
Natural	4000
Blanco frío	4200
Luz día	6500

Lámparas fluorescentes

ILUMINACIÓN

grupo	compuestos	color
Haluros	Halofosfato de calcio	Blanco (480nm, 580nm)
Trifósforos	óxido de itrio + trifósforo de europio	Rojo-naranja (611nm)
	aluminato de magnesio, cesio y terbio	Verde (543 nm)
	fosfato de lantano + fosfuro de cesio y terbio	Verde (544 nm)
	borato de magnesio y gadolinio + fosfuro de cesio y terbio	Verde (545nm)
	aluminato de magnesio y bario + fosfuro de europio	Azul (450nm)
Fósforos de lujo	Cloroapatita de estroncio + fosfuro de europio	Azul (447nm)
	Estroncio verde, azul	Verdoso (480nm, 560nm)
	Estroncio rojo	Rojizo (630nm)

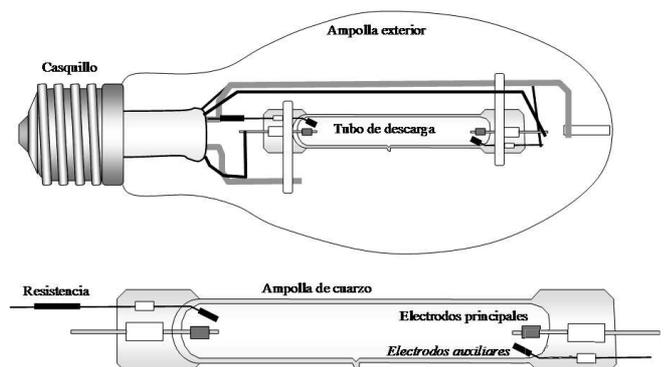
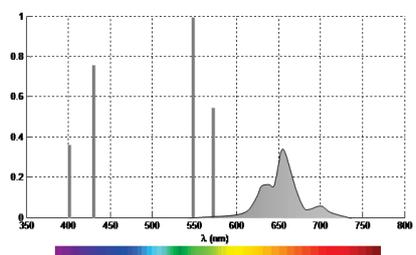
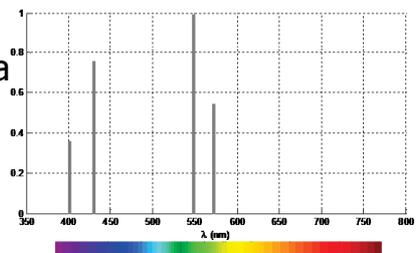


25

Lámparas Hg alta presión

ILUMINACIÓN

- emiten radiaciones en varias franjas del espectro visible (405nm, 435nm 546nm y 570nm) azul/verde y ultravioleta
- El Hg no emiten en la franja del rojo
- El rendimiento de color se sitúa entre el 40 y el 50%.
- El encendido se realiza mediante un electrodo auxiliar próximo a uno de los electrodos
- Tubo de descarga de cuarzo y exterior con nitrógeno o nitrógeno/argón.
- El vidrio filtra el ultravioleta
- El periodo transitorio de arranque es de unos cuatro minutos.
- El rendimiento energético se encuentra entre 40 y 65 lm/W.



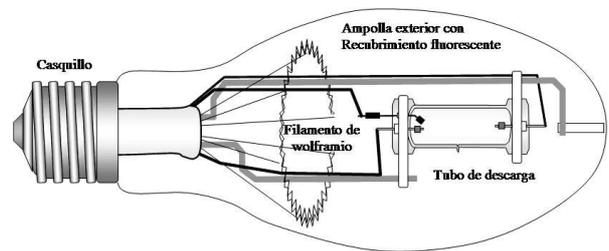
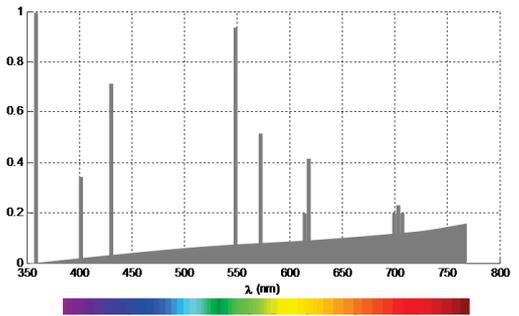
Lámparas Hg alta presión

ILUMINACIÓN

Luz mezcla

Es la combinación de una lámpara de mercurio de alta presión con un recubrimiento fluorescente de vanadato de itrio

- Rendimiento de color entorno al 60%.
- Rendimiento energético entre 20 y 60 lm/W



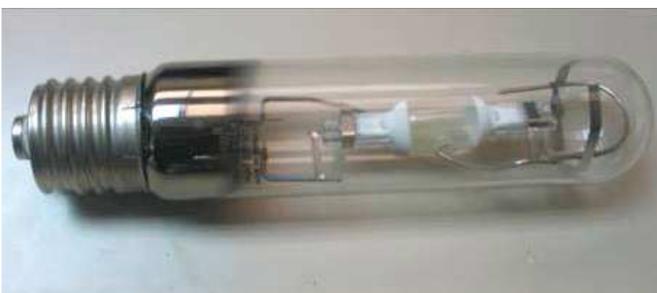
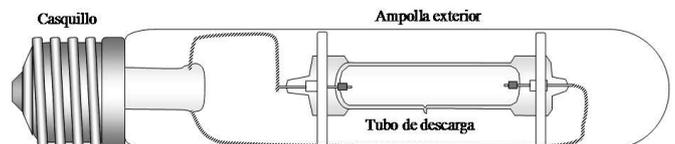
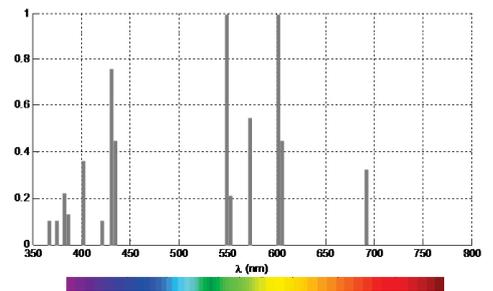
27

Lámp. halogenuros metálicos

ILUMINACIÓN

Lámparas de mercurio de alta presión a las que se le añaden halogenuros metálicos.

- Los halogenuros permiten mejorar el rendimiento de color, al aportar más líneas al espectro.
- Rendimiento energético entre los 60 y 96 lm/W.
- Vida media de 10000 horas.
- Período de encendido superior a 5 minutos
- Tensiones de arranque que van desde los 1500 a los 5000 V.



color	halogenuro
amarillo	sodio
verde	talio
Rojo banda estrecha	litio
Verde-azul banda ancha	disproσιο
rojo y azul	indio ⁸³

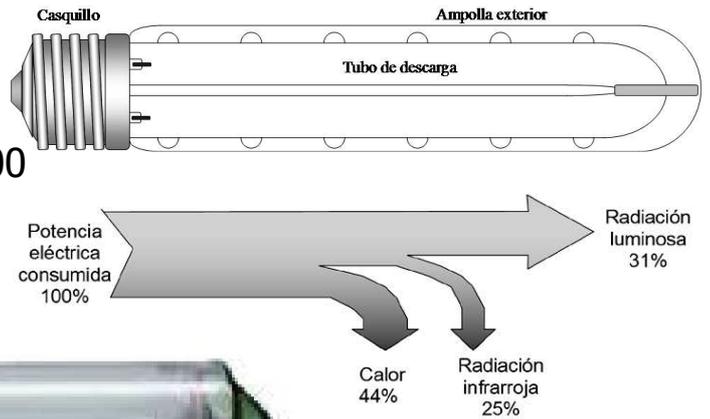
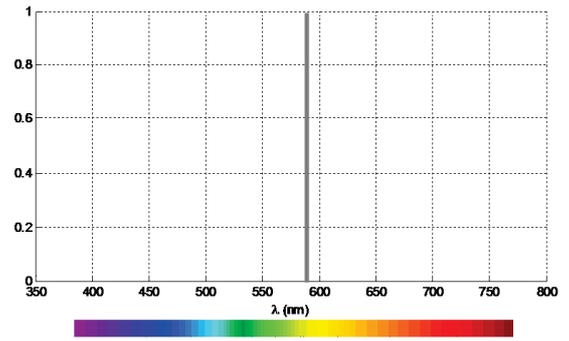
Lámparas Na baja presión

El vapor de sodio produce una radiación monocromática en la zona del amarillo en los valores 589 nm y 589.6 nm. Están situadas al lado de la longitud de onda de 550 nm en la que el ojo humano tiene la mayor sensibilidad.

- Eficacia muy alta: 150 a 180 lm/W.
- Son monocromáticas y no permite distinguir los colores.
- La vida media es muy elevada, alcanzando las 15000 horas.
- La vida útil se encuentra entre las 6000 y las 8000 horas.
- Encendido superior a 5 minutos



ILUMINACIÓN



29

Lámparas Na alta presión

Las lámparas de vapor de sodio a alta presión tienen un espectro que varía con la presión:

- Tubo de descarga de alumina policristalina translúcida
- +Hg (amortiguador) + Xe (encendido y calor)
- IRC: entre el 65 y el 80%.
- Rendimiento: ~ 130 lm/W.
- Vida media: elevada, 20000 h
- Vida útil: entre las 8000 y las 12000 h
- Encendido superior a 5 minutos



ILUMINACIÓN

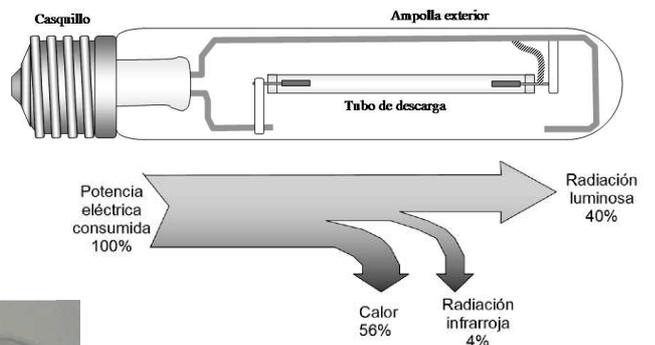
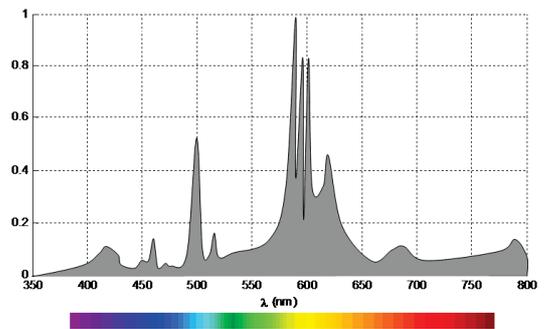


Tabla 46.5 • Tipos de lámparas de sodio de alta presión.

Tipo de lámpara (Código)	Color (K)	Rendimiento (lúmenes/vatio)	Vida útil (horas)
Normal	2.000	110	24.000
De lujo	2.200	80	14.000
Blanca (SON)	2.500	50	

ILUMINACIÓN

Lámparas de inducción

Las lámparas de inducción son de mercurio de baja presión, en las que se excitan los átomos de mercurio mediante un campo inducido por radiación de alta frecuencia (2,5MHz). Debido a que parte de la emisión del mercurio es en el espectro del ultravioleta, el cristal necesita un recubrimiento fluorescente, que al ser excitado emite en el espectro visible.



- Mercurio
- Eficacia: 60-70 lm/W
- Duración: hasta 100.000 h
- IRC: 75-80
- Temp. color: 3.000K-4000K
- Arranque: 0,5 s
- Regulable: 30% -100%



ILUMINACIÓN

Lámparas de plasma

Las lámparas de plasma se basan en excitar los átomos de un gas mediante un campo electromagnético (radiofrecuencia).



Ampolla de halogenuros metálicos excitada por RF. Alta potencia lumínica (hasta 23.000 lumen, equivalente a 250W).

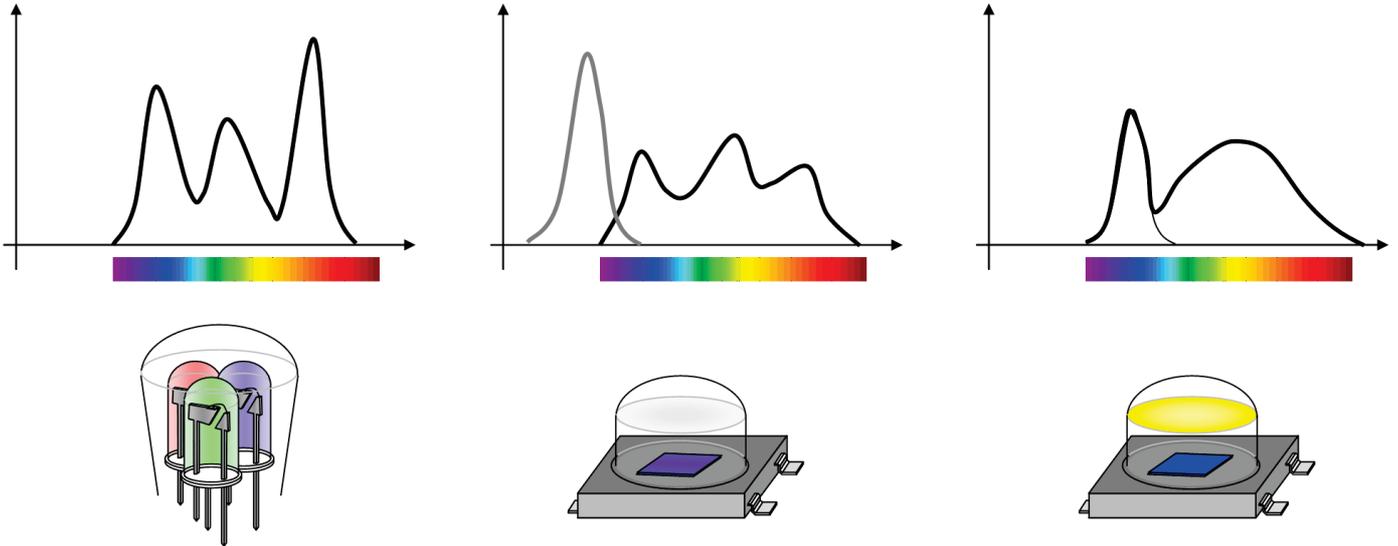
- Halogenuros metálicos
- Excitación por RF
- Eficacia: 60 -100 lm/W
- Duración: 30.000 h - 50.000h
- IRC: 70-95
- Temp. color: 4.000K-6000K
- Arranque: 45 s
- Regulable: 20%-100%

Lámparas LED

ILUMINACIÓN

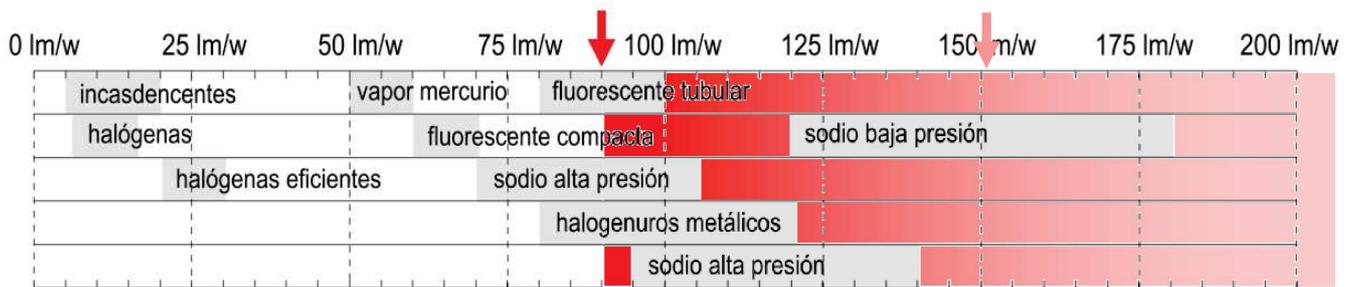
Formas de emitir luz blanca con leds:

- Mezcla de 3 leds de colores (rojo, azul y verde)
- Led ultravioleta que excita sustancia fosforescente que emite en rojo, azul y verde.
- Led azul de InGaN con fósforo amarillo.



Lámparas LED

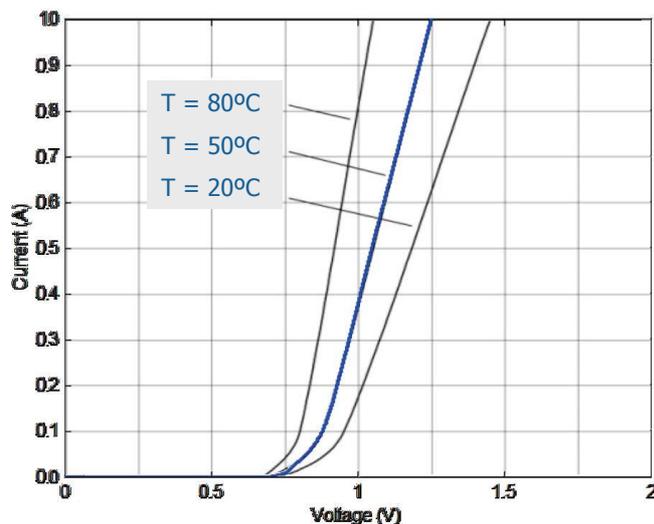
ILUMINACIÓN



El flujo luminoso de led es función de la corriente.

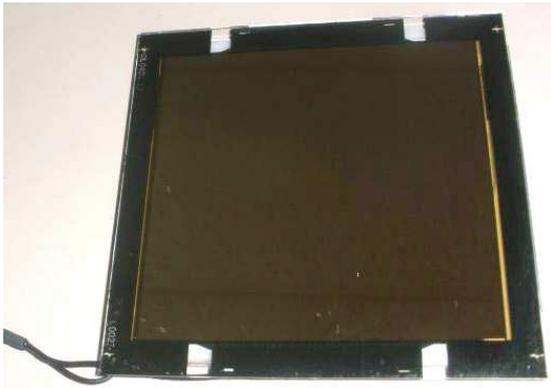
Los led se alimentan con tensión continua o pulsante.

Si se emplea una fuente de tensión constante, el flujo puede variar con la temperatura.



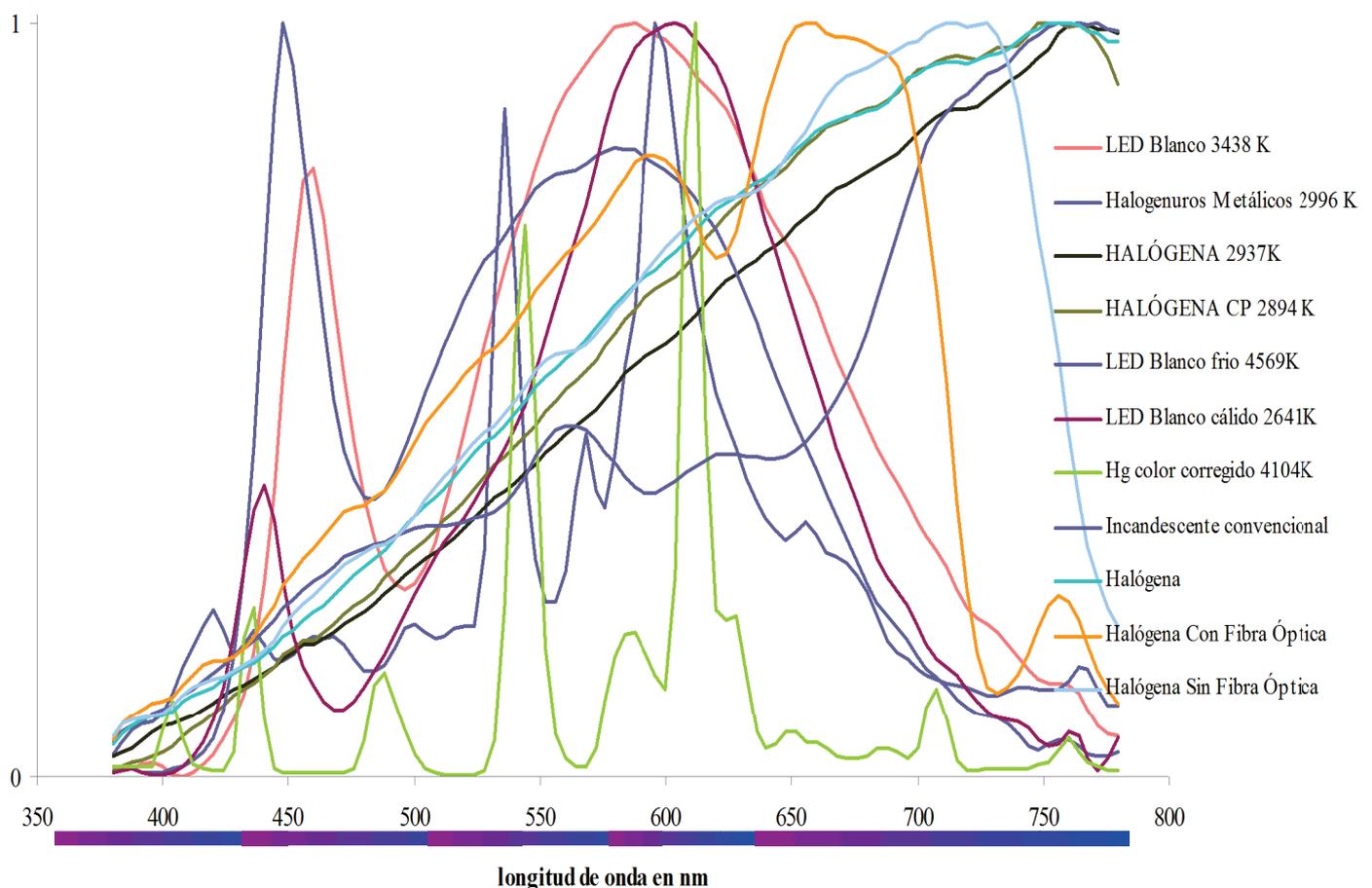
Lámparas oled

Es un diodo orgánico de emisión de luz (Organic Light-Emitting Diode) Se basa en una capa electroluminiscente formada por una película de componentes orgánicos que reaccionan, a una determinada estimulación eléctrica, generando y emitiendo luz por sí mismos.



35

¿Todas estas lámparas emiten luz blanca?



Codificación de tecnología, color y forma

Tipo (código)

- Lámparas fluorescentes de tamaño reducido (FS)
- Lámparas de mercurio de alta presión (QE)
- Lámparas de sodio de alta presión (S-)
- Lámparas incandescentes (I)
- Lámparas de inducción (XF)
- Lámparas de sodio de baja presión (LS)
- Lámparas halógenas de tungsteno de baja tensión (HS)
- Lámparas de haluro metálico (M-)
- Lámparas fluorescentes tubulares (FD)
- Lámparas halógenas de tungsteno (HS)

Color

Color	Código
Transparente	/C
Esmerilado	/F
Blanco	/W
Rojo	/R
Azul	/B
Verde	/G
Amarillo	/Y

Forma

Forma	Código
Forma de pera (GLS)	IA
Forma cilíndrica	IB
Forma cónica	IC
Forma de globo	IG
Forma de seta	IM

Fuente: ENCICLOPEDIA DE SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO

37

Codificación de tecnología y forma Asociación Electrotécnica alemana (ZVEI)

La 1ª letra caracteriza el tipo de producción de la luz.

I	Incandescente
H	Alta presión (High-pressure) descarga en gas
L	Baja presión (Low-pressure) descarga en gas

La 2ª letra caracteriza el material del bulbo en el caso de las lámparas incandescentes, o el gas en el de las lámparas de descarga:

Incandescentes	
G	Cristal (Glass)
Q	Cristal de Cuarzo

Descarga en gas	
M	Mercurio
I	Halogenuro metálico
S	Sodio

La 3ª letra o combinación de letras caracteriza la forma del bulbo:

A	(All) Todas las propuestas
E	Elipsoidal
PAR	Reflector PARabólico
T	Tubular
TC	Tubular Compacta

Lámparas incandescentes:

A	Lámpara estándar
PAR	Lámpara reflectora-parabólica
R	Lámpara reflectora
QR	Lámpara reflectora halógena
QR-CB	Lámpara reflectora halógena, abierta delante
QR-CBC	Lámpara reflectora halógena, cerrada delante
QT	Lámpara halógena incandescente (forma tubular)
QT-DE	Lámpara halógena incandescente de doble casquillo

Lámparas fluorescentes:

T	Lámpara fluorescente
TC	Lámpara fluorescente compacta
TC-EL	- sin cebador para RE (reactancia electrónica)
TC-D	- con tubo cuádruple
TC-DSE	- con tubo cuádruple, con RE incorporado
TC-DEL	- con tubo cuádruple, sin cebador para RE
TC-L	- forma alargada

Descarga en gas de vapor de mercurio (alta presión):

HME	Lámpara de vapor de mercurio (forma elipsoidal)
HMR	Lámpara de vapor de mercurio (forma reflectora)

Descarga en gas de halogenuros metálicos (alta presión):

HME	Lámpara de halogenuros metálicos (forma elipsoidal)
HIR	Lámpara de halogenuros metálicos (forma reflectora)
HIT	Lámpara de halogenuros metálicos (forma tubular)
HIT-DE	Lámpara de halogenuros metálicos de doble casquillo

Descarga en gas de vapor de sodio:

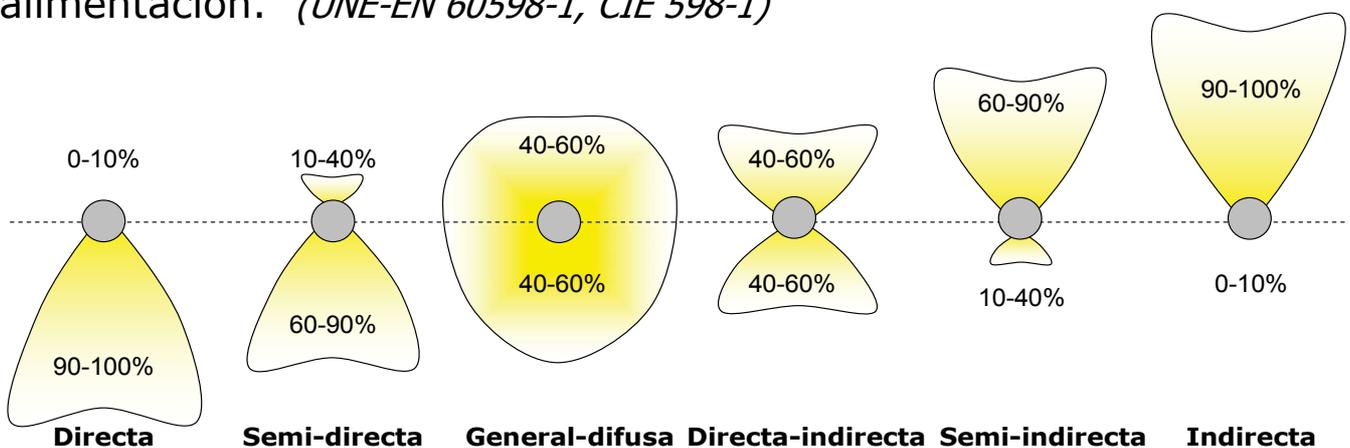
HSE	Lámpara de vapor de sodio de alta presión (forma elipsoidal)
HSR	Lámpara de vapor de sodio de alta presión (forma tubular)
LST	Lámpara de vapor de sodio de baja presión

Luminarias

ILUMINACIÓN

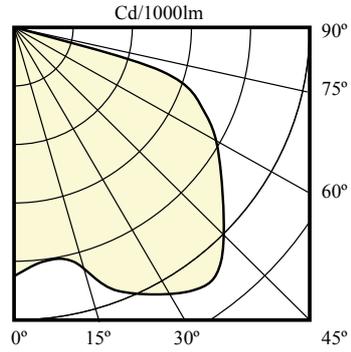
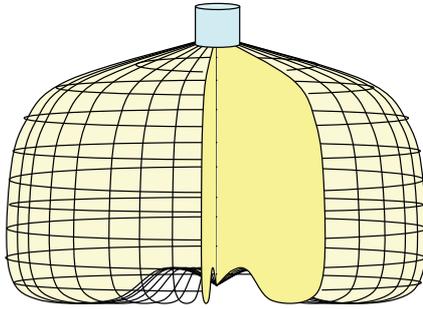
Luminarias

“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 la protección de lámparas y, en caso necesario, los circuitos auxiliares en combinación con los medios de conexión con la red de alimentación.” (UNE-EN 60598-1, CIE 598-1)

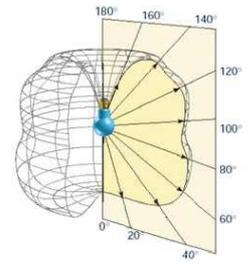
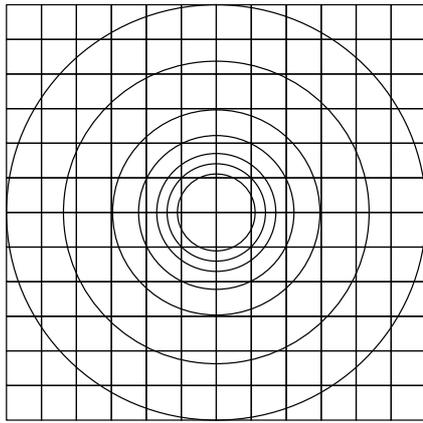


Luminarias

Datos fotométricos



Curva polar



Luminarias

Datos fotométricos

Curvas polares

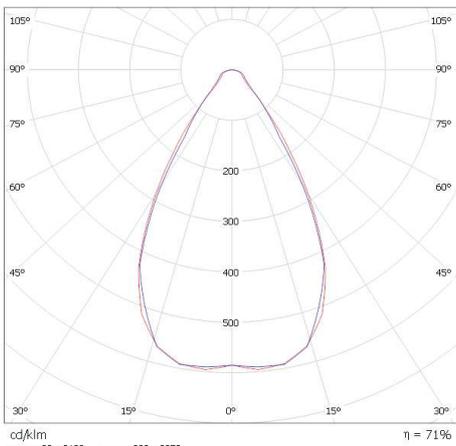


Diagrama de cono

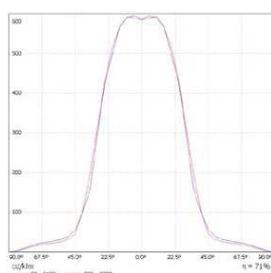
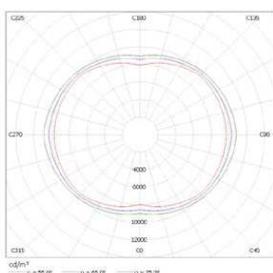
Separación [m]	Diámetro cono [m]		Intensidad luminica [lx]	
0.5	0.98	0.99	E(0°) 12336 E(30°) 4372 E(60°) 4330	
1.0	1.16	1.19	E(0°) 3234 E(30°) 1093 E(60°) 1082	
1.5	1.74	1.78	E(0°) 1482 E(30°) 495 E(60°) 481	
2.0	2.32	2.38	E(0°) 834 E(30°) 273 E(60°) 271	
2.5	2.90	2.97	E(0°) 533 E(30°) 175 E(60°) 173	
3.0	3.48	3.56	E(0°) 370 E(30°) 121 E(60°) 120	

Separación [m] Diámetro cono [m] Intensidad luminica [lx]
 — C0 - C180 (Semángulo de dispersión: 61.4°)
 — C90 - C270 (Semángulo de dispersión: 60.2°)

Diagrama de deslumbramiento (Söllner)

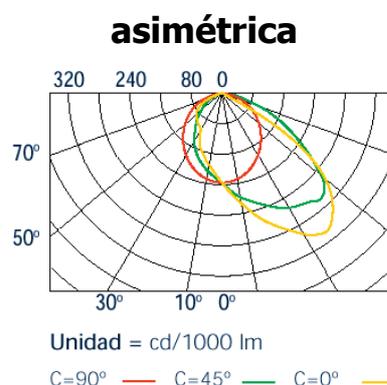
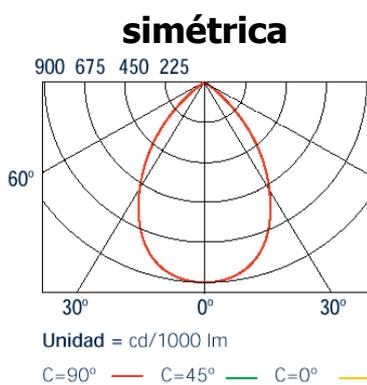
Clase	G	Valido para iluminancias en servicio E [lx]			
A	1,15	2000	1000	500	≤300
B	1,5	2000	1000	500	≤300
C	1,85		2000	1000	500 ≤300
D	2,2		2000	1000	500 ≤300
E	2,55		2000	1000	500 ≤300

GRADOS



Ángulo de media proyección El ángulo de media proyección es el ángulo de apertura del haz luminoso de una luminaria medido sobre la mitad de la intensidad luminosa máxima.

Rendimiento de la luminaria LOR (ρ) El rendimiento luminoso de una luminaria es el cociente entre el flujo luminoso de la luminaria y el flujo de sus lámparas "desnudas", funcionando sin obstáculo alguno. Indica como aprovecha la luminaria el flujo de la lámpara, y se expresa en porcentaje.



- Regleta LOR = 0.96
- estanca opal LOR = 0.60
- Óptica plana LOR > 0.65
- Óptica Parabólica LOR > 0.60
- Aluminio eficiente para óptica TL5 LOR > 0.78
- Aluminio alta calidad para óptica TL5 LOR > 0.84
- Alumbrado directo/indirecto LOR > 0.80
- óptica downlight alta calidad CFL-NI LOR > 0.60

Sistemas ópticos de las luminarias

- **Reflectores:** su objetivo es dirigir la luz con la distribución deseada.
- **Difusores:** Permiten realizar una iluminación difusa.
- **Refractores:** son paneles situados delante de la luminaria con superficie refractora como las lentes fresnel, paneles prismáticos,...
- **Apantallamiento:** el objetivo de estos elementos es evitar la emisión directa de radiación.
- **Filtros:** su objetivo es filtrar determinados espectros de la radiación, como puede ser la UV o en algunos casos la IR.



Criterios de diseño

UNE 72-163-84

- Ambiente luminoso
- Distribución de luminancias
- Iluminancia
- Deslumbramiento
- Iluminación direccional
- Aspectos de color
- Flicker y efectos estroboscópicos
- Factor de mantenimiento
- Consideraciones sobre la energía
- Luz natural
- Iluminación de puestos de trabajo con Equipo con Pantalla de Visualización (EPV) incluidas Unidades de Presentación Visual

45

Criterios de diseño

UNE 72-163-84

- Iluminancia, deslumbramiento y reproducción cromática

2.19 Fabricación de vehículos					
Nº ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	Em Lux	UGR _L	R _a	Observaciones
2.19.1	Carrocería y montaje	500	22	80	
2.19.2	Pintura, cámara, pulverización, cámara de pulido	750	22	80	
2.19.3	Pintura: retoque, inspección	1000	19	90	T _{CP} ≥ 4 000 K
2.19.4	Fabricación de tapicería	1000	19	80	
2.19.5	Inspección final	1000	19	80	

3 Oficinas					
Nº ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	Em Lux	UGR _L	R _a	Observaciones
3.1	Archivo, copias, etc.	300	19	80	
3.2	Escritura, escritura a máquina, Lectura, tratamiento de datos	500	19	80	Trabajo en EPV
3.3	Dibujo técnico	750	16	90	
3.4	Puesto de trabajo de CAD	500	19	80	Trabajo en EPV
3.5	Salas de conferencias y reuniones	500	19	80	debería ser controlable
3.6	Mostrador de recepción	300	22	80	
3.7	Archivos	200	25	80	

46

Distribución de alumbrado interior

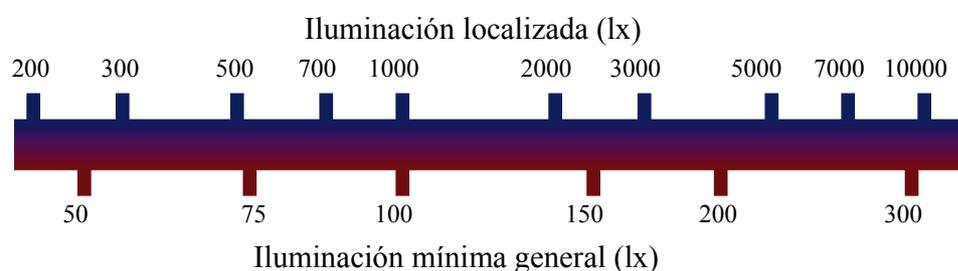
El alumbrado en locales cerrados puede estar uniforme distribuido o localizarse en función de las actividades que se realizan en él. En función de ello se puede clasificar en:

- General: la iluminación se realiza de forma uniforme en todo el local.
- General localizado: la iluminación de las zonas de trabajo es superior a la del resto del local.
- Localizado: consiste en añadir iluminación suplementaria en la zona donde es necesario realizar un trabajo de detalle

47

Distribución de alumbrado interior

Hay que tener en cuenta la relación entre los diferentes niveles empleados, de forma que no provoque problemas de fatiga, deslumbramiento, etc. La ventaja de emplear estos dos métodos radica en el *ahorro energético* que se consigue.



UNE-EN 12464-1

Iluminancia de tarea (lx)	Iluminancia de zonas contiguas (lx)
≥ 750	500
500	300
300	200
≤ 200	E_{tarea}
Uniformidad ≥ 0.7	Uniformidad ≥ 0.5

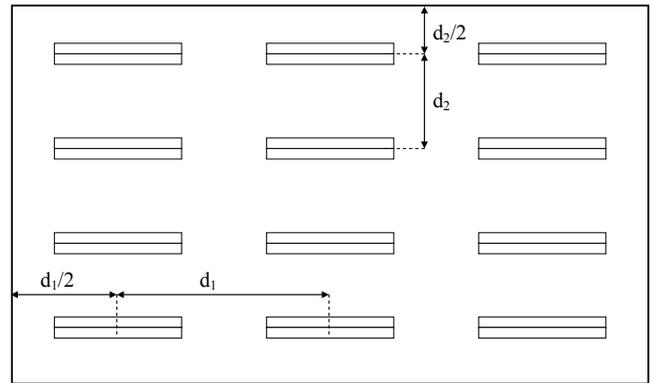
48

Criterios de diseño

ILUMINACIÓN

Distribución de alumbrado interior

La disposición de las luminarias debe ser adecuada para conseguir niveles de uniformidad, considerando el efecto de reflexión de las diferentes superficies del local. La distancia de las luminarias a las paredes debe estar comprendida entre $1/2$ y $1/3$ de la distancia entre luminarias.



Son importantes las luminancias de todas las superficies y serán determinadas por la *reflectancia* y la *iluminancia en las superficies*. Los valores de reflectancias que se deben emplear son:

Superficie	Reflectancia	
	mínima	máxima
Techo	0.6	0.9
Suelo	0.1	0.5
Paredes	0.3	0.8
Plano de trabajo	0.2	0.6

Criterios de diseño

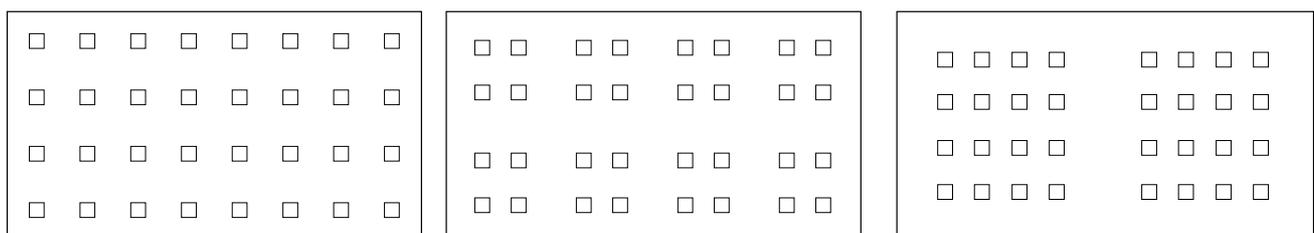
ILUMINACIÓN

Distribución de alumbrado interior

Las luminarias deben tener una disposición geométrica, para tener en cuenta la percepción visual del entorno y el impacto que provoca sobre los usuarios.

El sistema visual humano asocia patrones complejos como unidades simples, en base a propiedades de simetría, continuidad o proximidad (leyes de la Gestalt).

Las configuraciones asimétricas que forman parte del campo visual durante períodos largos a usuarios de las instalaciones, les afecta en el confort visual.



Reflectancias

Color	Refl. %	Material	Refl. %
Blanco	70-75	Revoque claro	35-55
Crema claro	70-80	Revoque oscuro	20-30
Amarillo claro	50-70	Hormigón claro	30-50
Verde claro	45-70	Hormigón oscuro	15-25
Gris claro	45-70	Ladrillo claro	30-40
Celeste claro	50-70	Ladrillo oscuro	15-25
Rosa claro	45-70	Marmol blanco	60-70
Marrón claro	30-50	Granito	15-25
Negro	4-6	Madera clara	30-50
Gris oscuro	10-20	Madera oscura	10-25
Amarillo oscuro	40-50	Vidrio plateado	80-90
Verde oscuro	10-20	Aluminio mate	55-60
Azul oscuro	10-20	Aluminio pulido	80-90
Rojo oscuro	10-20	Acero pulido	55-65

51

Mantenimiento

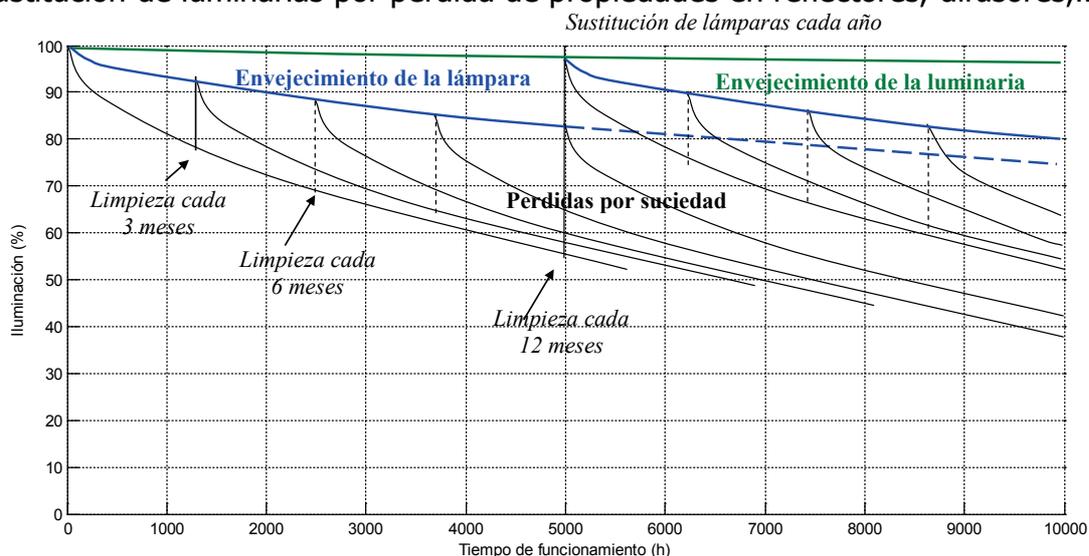
ILUMINACIÓN

Los niveles de iluminación experimentan una reducción progresiva debido a:

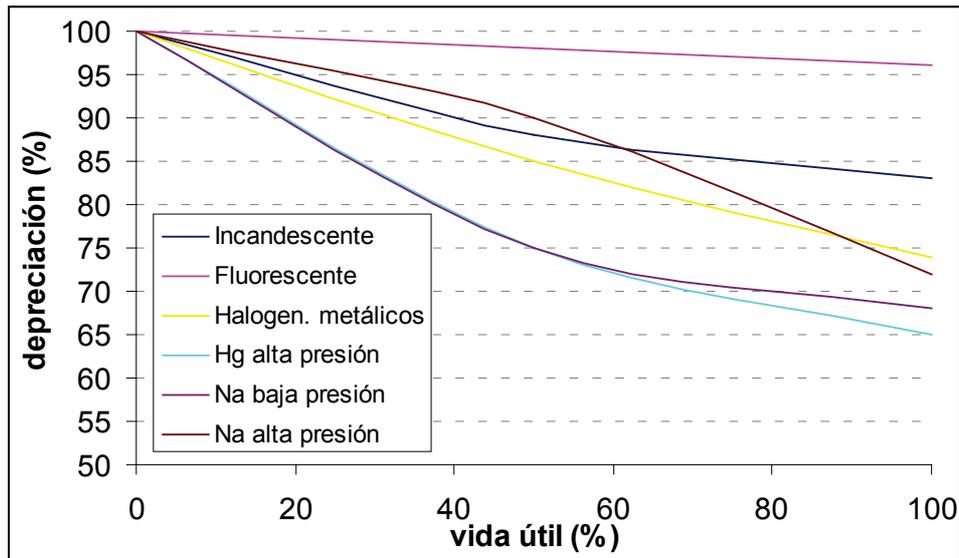
- suciedad de lámparas y luminarias
- envejecimiento de las lámparas y equipos auxiliares
- deterioro de las luminarias

Es preciso e elaborar un plan de mantenimiento debe incluir:

- limpieza de lámparas y luminarias
- Sustitución de lámparas, y en su caso, de equipos auxiliares
- Revisar y ajustar los sistemas de control y regulación (células, temporizadores,...)
- Sustitución de luminarias por pérdida de propiedades en reflectores, difusores,...



52



Tipo de lámpara	Vida (h)	% depreciación	
		al 50% de vida	al 100% de vida
Incandescente	1000	88	83
Fluorescente	2000	98	96
Halogen. metálicos	20000	85	74
Hg alta presión	25000	75	65
Na baja presión	15000	75	68
Na alta presión	25000	90	72

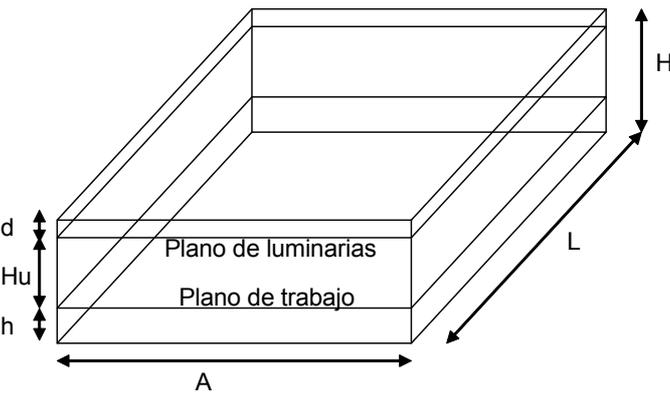
53

MÉTODOS DE CÁLCULO

- Método de los lúmenes
- Método de los puntos
- Dialux

54

Método de los lúmenes



$$k = \frac{A \cdot L}{H_u \cdot (A+B)}$$

$$k = \frac{3 \cdot A \cdot L}{2 \cdot (h+H_u) \cdot (A+B)}$$

directa, semidirecta, indirecta, semidirecta
 directa-indirecta, general difusa

$$\Phi_t = \frac{E \cdot L \cdot A}{f_u \cdot f_m}$$

$$n = \frac{\Phi_t}{\Phi_l}$$

ILUMINACIÓN

REPARTO LUMINOSO	Factor de mantenimiento fm. %	Techo %											
		70			50			30					
		50	30	10	50	30	10	50	30	10			
DIRECTO	K	Coeficiente de utilización C _u											
		Abiertos	1	46	43	41	46	43	41	43	41	43	41
		Buena 75	1,2	54	51	49	53	51	49	50	48	46	44
		Medio 70	1,5	59	56	53	58	55	53	55	53	51	49
		Mala 65	2	63	60	57	62	59	57	59	57	55	53
		Cerrados	2,5	65	63	60	65	62	60	62	60	58	56
		Buena 80	3	69	67	65	68	66	64	65	63	61	59
		Medio 77	4	71	69	67	70	68	67	68	66	64	62
		Mala 73	6	73	71	69	72	70	68	69	67	65	63
		10	8	75	73	71	73	71	69	71	69	67	65
10	10	76	75	73	75	73	71	72	70	68	66		

REPARTO LUMINOSO	Factor de mantenimiento fm. %	Paredes %											
		70			50			30					
		50	30	10	50	30	10	50	30	10			
DIRECTO	K	Coeficiente de utilización C _u											
		1	30	25	22	29	25	22	25	22	25	22	
		1,2	38	33	30	37	33	30	32	29	32	29	
		1,5	44	39	36	43	39	36	38	35	38	35	
		2	51	46	42	49	45	41	44	41	44	41	
		2,5	55	50	47	54	49	46	48	45	48	45	
		Buena 70	3	62	57	53	60	56	52	54	52	50	
		Medio 60	4	65	61	58	63	60	57	59	56	54	
		Mala 50	6	68	65	62	66	63	60	61	59	57	
		8	72	69	66	70	67	65	65	63	61	59	
10	74	72	69	72	70	68	68	66	64	62			

REPARTO LUMINOSO	Factor de mantenimiento fm. %	Techo %											
		70			50			30					
		50	30	10	50	30	10	50	30	10			
SEMIDIRECTO	K	Coeficiente de utilización C _u											
		1	41	39	37	41	39	37	39	37	37	37	
		1,2	49	46	45	47	46	44	45	44	44	44	
		1,5	54	52	51	53	52	51	52	51	51	51	
		2	57	54	53	57	54	53	54	53	53	53	
		Buena 70	2,5	59	58	54	59	56	54	56	54	54	
		Medio 60	3	63	60	58	62	61	58	59	58	58	
		Mala 50	4	64	63	60	63	62	60	62	61	61	
		6	65	64	63	64	63	62	63	62	62	62	
		8	67	65	64	65	64	64	64	63	63	63	
10	72	67	65	67	65	64	65	64	64	64			

REPARTO LUMINOSO	Factor de mantenimiento fm. %	Paredes %											
		70			50			30					
		50	30	10	50	30	10	50	30	10			
SEMIDIRECTO	K	Coeficiente de utilización C _u											
		1	28	23	20	27	23	20	23	20	23	20	
		1,2	36	32	28	35	31	28	30	27	30	27	
		1,5	43	38	34	41	37	33	36	33	36	33	
		2	49	44	40	47	42	39	41	39	41	39	
		Buena 70	2,5	54	49	45	51	47	44	45	43	42	
		Medio 60	3	60	55	51	57	53	50	50	48	47	
		Mala 50	4	64	60	56	60	57	54	54	51	51	
		6	67	63	60	63	60	57	56	54	54	51	
		8	70	67	64	66	63	61	60	58	58	55	
10	73	70	68	68	66	64	62	61	61	58			

REPARTO LUMINOSO	Factor de mantenimiento fm. %	Techo %											
		70			50			30					
		50	30	10	50	30	10	50	30	10			
EMPOTRADAS	K	Coeficiente de utilización C _u											
		1	53	51	49	53	51	49	52	51	51	51	
		1,2	56	54	53	56	54	53	56	54	54	54	
		1,5	58	56	55	58	56	55	57	56	56	56	
		2	60	58	57	60	58	57	60	58	58	58	
		Buena 80	2,5	62	60	58	61	60	58	61	59	59	
		Medio 75	3	63	62	60	63	61	60	62	61	61	
		Mala 70	4	64	63	61	63	62	61	63	62	62	
		6	65	64	63	64	63	63	63	63	63	63	
		8	66	65	64	65	64	64	64	63	63	63	
10	68	66	65	66	65	64	64	64	64	64			

REPARTO LUMINOSO	Factor de mantenimiento fm. %	Paredes %											
		70			50			30					
		50	30	10	50	30	10	50	30	10			
CON DIFUSOR	K	Coeficiente de utilización C _u											
		1	27	22	20	26	22	19	25	22	25	22	
		1,2	33	29	26	33	29	25	32	28	32	28	
		1,5	38	34	30	38	33	30	37	33	37	33	
		2	43	38	35	42	38	34	41	38	41	38	
		Buena 78	2,5	46	42	38	46	41	38	44	41	38	
		Medio 65	3	50	47	43	50	46	43	48	46	43	
		Mala 55	4	53	50	47	53	49	47	51	48	47	
		6	55	52	50	54	52	49	53	51	51	48	
		8	58	55	53	58	55	53	56	54	54	51	
10	60	57	55	59	57	55	57	55	57	56			

Método de los lúmenes

Altura de las luminarias:

- Locales de altura normal
- Locales de altura elevada

lo mas alto posible

mínimo

óptimo

- directa, semidirecta
difusa

$$H_u = \frac{2}{3} \cdot (H - h)$$

$$H_u = \frac{4}{5} \cdot (H - h)$$

- indirecta

$$d = \frac{1}{5} \cdot (H - h)$$

$$H_u = \frac{3}{4} \cdot (H - h)$$

Distancia a paredes

Debe ser entre 1/3 y 1/2 de la separación entre luminarias

Nº de luminarias por filas y columnas:

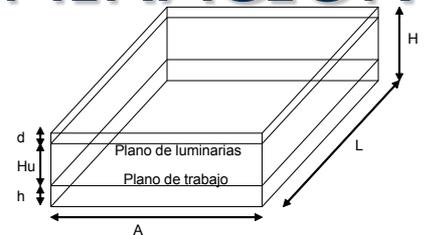
- Nº de filas a lo ancho:

$$n_{\text{ancho}} = \sqrt{n \cdot \frac{A}{L}}$$

- Nº de columnas a lo largo:

$$n_{\text{largo}} = n_{\text{ancho}} \cdot \frac{L}{A}$$

ILUMINACIÓN



Distancia entre luminarias

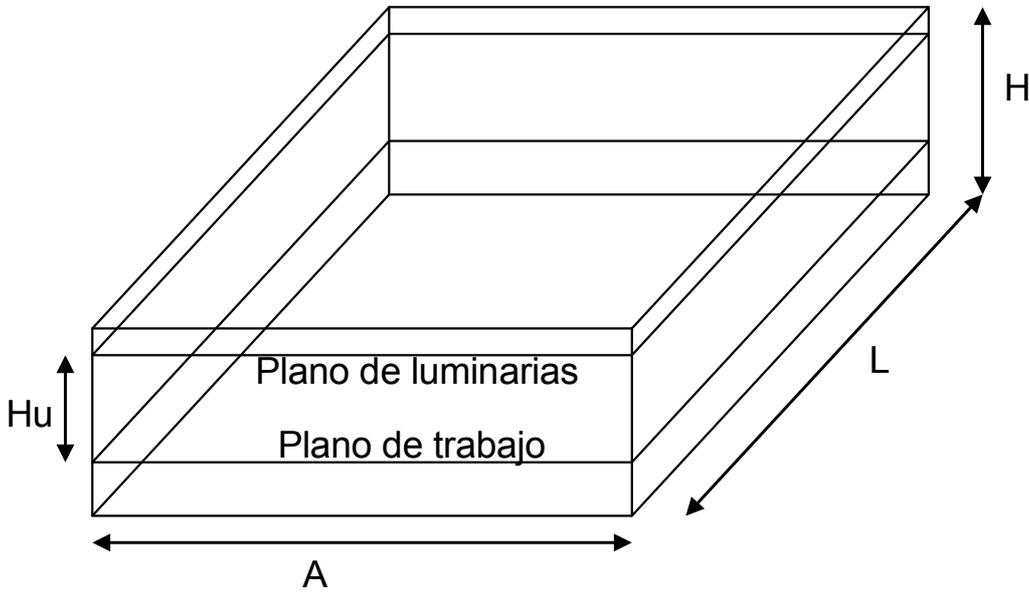
Hu	Tipo de luminaria	d _{max}
>10	Intensiva	≤ 1,2 Hu
6 - 10	Semiintensiva	≤ 1,5 Hu
4 - 6	Semiextensiva	
<4	extensiva	≤ 1,6 Hu

Método de los lúmenes

ILUMINACIÓN

Ejemplo:

Sea un local de 4x6 m², 2.5 m de alto y el plano de trabajo a 0.8 m, destinado a oficinas en el que se quieren instalar luminarias de 2 lámparas CFL de 36W (43W con balastro), 2550 lm de flujo por lámpara. Los coeficientes de reflexión del local son: $\rho_{\text{techo}} = 0.70$, $\rho_{\text{suelo}} = 0.50$ y $\rho_{\text{suelo}} = 0.30$.



Método de los lúmenes

ILUMINACIÓN

Ejemplo:

Sea un local de 4x6 m², 2.5 m de alto y el plano de trabajo a 0.8 m, destinado a oficinas en el que se quieren instalar luminarias de 2 lámparas CFL de 36W (43W con balastro), 2550 lm de flujo por lámpara. Los coeficientes de reflexión del local son: $\rho_{\text{techo}} = 0.70$, $\rho_{\text{suelo}} = 0.50$ y $\rho_{\text{suelo}} = 0.30$.

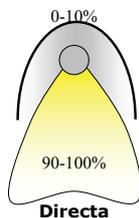
El nivel de iluminación debe ser, según la norma UNE-EN 12464-1 para oficinas, de 500 lx.

El factor de forma del local es:

$$k = \frac{A \cdot L}{H_u \cdot (A+L)} = \frac{4 \cdot 6}{1.7 \cdot (4+6)} = 1.41$$

Teniendo en cuenta que es una luminaria con iluminación directa, el factor de utilización es:

$$f_u = 0.59$$



$\rho_{\text{techo}}(\%)$	70			50			30		
	$\rho_{\text{paredes}}(\%)$	50	30	10	50	30	10	30	10
k	f_u								
1	0.46	0.43	0.41	0.46	0.43	0.41	0.43	0.41	0.41
1.2	0.54	0.51	0.49	0.53	0.50	0.48	0.50	0.48	0.48
1.5	0.59	0.56	0.53	0.58	0.55	0.52	0.54	0.52	0.52
2	0.63	0.60	0.57	0.62	0.59	0.56	0.59	0.55	0.55
2.5	0.66	0.63	0.60	0.65	0.62	0.59	0.61	0.58	0.58
3	0.69	0.67	0.65	0.68	0.66	0.64	0.66	0.63	0.63
4	0.71	0.69	0.67	0.70	0.68	0.66	0.68	0.65	0.65
6	0.73	0.71	0.69	0.72	0.70	0.68	0.70	0.68	0.68
8	0.75	0.73	0.71	0.74	0.72	0.70	0.72	0.69	0.69
10	0.76	0.75	0.73	0.75	0.74	0.72	0.73	0.71	0.71

Método de los lúmenes

Ejemplo:

Sea un local de 4x6 m², 2.5 m de alto y el plano de trabajo a 0.8 m, destinado a oficinas en el que se quieren instalar luminarias de 2 lámparas CFL de 36W (43W con balastro), 2550 lm de flujo por lámpara. Los coeficientes de reflexión del local son: $\rho_{\text{techo}} = 0.70$, $\rho_{\text{suelo}} = 0.50$ y $\rho_{\text{suelo}} = 0.30$.

Si se selecciona como factor de mantenimiento:

$$fm = 0.7$$

El flujo total necesario es:

$$\Phi_t = \frac{E \cdot L \cdot A}{f_u \cdot f_m} = \frac{500 \cdot 6 \cdot 4}{0.59 \cdot 0.7} = 29056 \text{ lm}$$

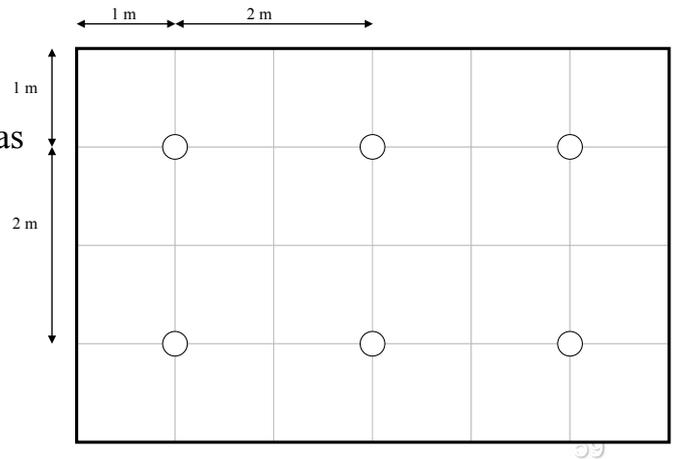
como las luminarias tienen 2 lámparas:

$$n = \frac{\Phi_t}{\Phi_l} = \frac{29056}{2550} = 11.4 \text{ lámparas} \Rightarrow 6 \text{ luminarias}$$

$$n_{\text{ancho}} = \sqrt{n \cdot \frac{A}{L}} = \sqrt{6 \cdot \frac{4}{6}} = 2$$

$$n_{\text{largo}} = n_{\text{ancho}} \cdot \frac{L}{A} = 2 \cdot \frac{6}{4} = 3$$

$$e = 2 < 1,6 \cdot Hu = 1,6 \cdot 1,7 = 2,72 \quad (Hu < 4)$$



Método de los puntos

Se calcula la iluminancia de los puntos seleccionados como la suma de la iluminancia debida a cada luminaria mas la iluminancia indirecta o reflejada (difusa)

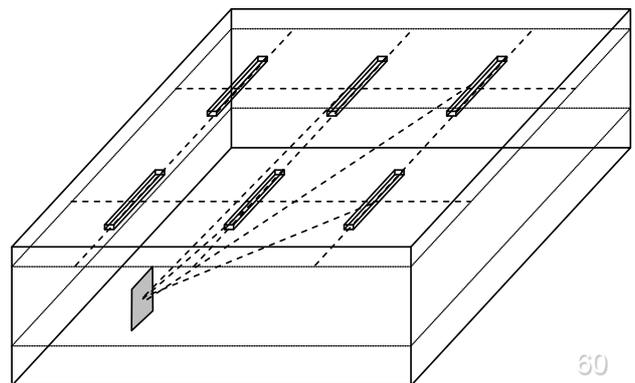
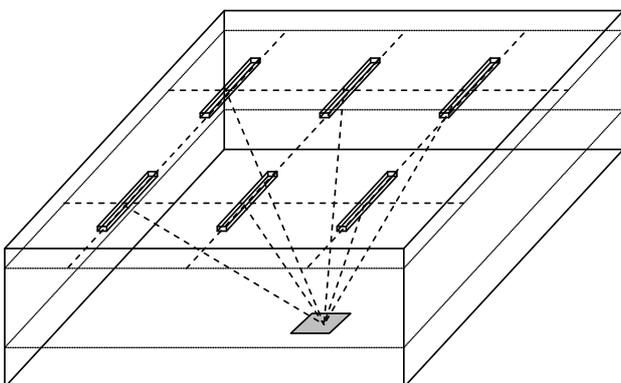
$$E_h = \frac{I \cdot \cos^3 \alpha}{h^2}$$

$$E_v = \frac{I \cdot \cos^2 \alpha \cdot \sin \alpha}{h^2}$$

$$E_{\text{di}} = \frac{\Phi_L \cdot \rho_m}{A_T \cdot (1 - \rho_m)}$$

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

$$A_T = \sum_{i=1}^s A_i \quad \rho_m = \frac{\sum_{i=1}^s \rho_i \cdot A_i}{\sum_{i=1}^s A_i}$$

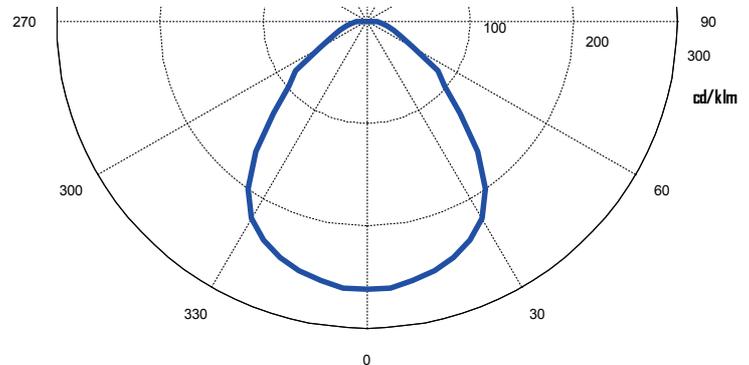
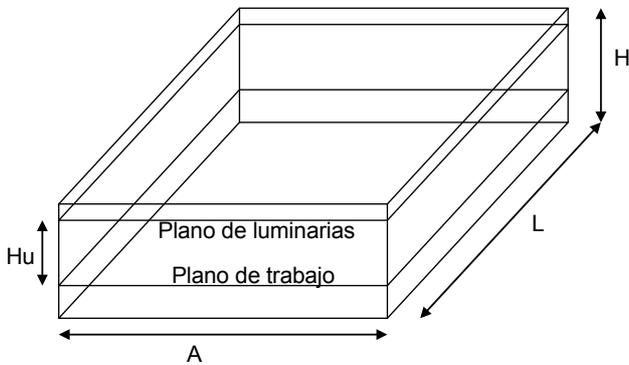


Método de los puntos

ILUMINACIÓN

Ejemplo:

Sea un local de 4x6 m², 2.5 m de alto y el plano de trabajo a 0.8 m, destinado a oficinas en el que se quieren instalar luminarias de 2 lámparas CFL de 36W (43W con balastro), 2550 lm de flujo por lámpara. Los coeficientes de reflexión del local son: $\rho_{\text{techo}} = 0.70$, $\rho_{\text{suelo}} = 0.50$ y $\rho_{\text{suelo}} = 0.30$.



Ángulo	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
cd/klm	262	262	258	253	246	236	223	200	167	128	98	84	53	37	28	20	16	10	0

61

Método de los puntos

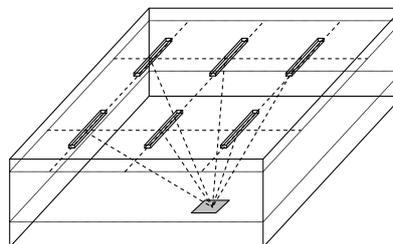
ILUMINACIÓN

Ejemplo:

Sea un local de 4x6 m², 2.5 m de alto y el plano de trabajo a 0.8 m, destinado a oficinas en el que se quieren instalar luminarias de 2 lámparas CFL de 36W (43W con balastro), 2550 lm de flujo por lámpara. Los coeficientes de reflexión del local son: $\rho_{\text{techo}} = 0.70$, $\rho_{\text{suelo}} = 0.50$ y $\rho_{\text{suelo}} = 0.30$.

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

$$E_{di} = \frac{\Phi_L \cdot \rho_m}{A_T \cdot (1 - \rho_m)}$$



los resultados obtenidos de iluminancias y uniformidades son:

Iluminancia: $E_m = 560.44 \text{ lx}$ $E_{max} = 672.04 \text{ lx}$ $E_{min} = 328.75 \text{ lx}$

Uniformidad: $U_0 = \frac{E_{min}}{E_n} = 0.586$ $U_{min} = \frac{E_{min}}{E_{max}} = 0.489$

El valor de eficiencia energética de la instalación según lo establecido en el CTE es:

$$VEEI = \frac{P \cdot 100}{S \cdot E_n} = 3.84 > 3.5$$

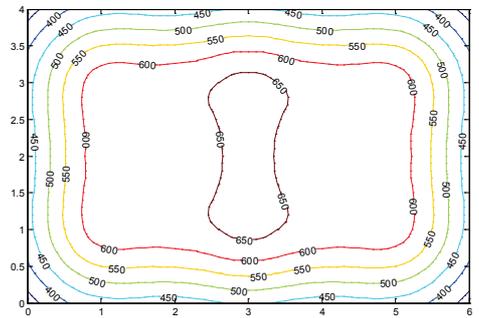
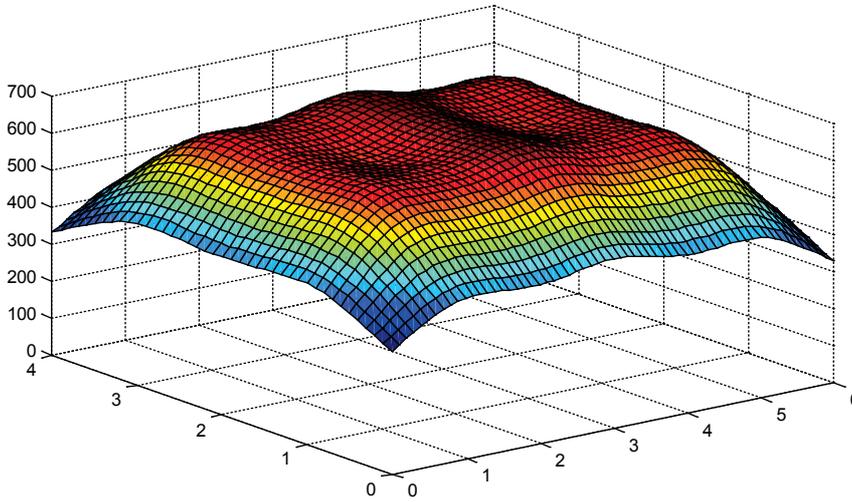
62

Método de los puntos

ILUMINACIÓN

Ejemplo:

Sea un local de 4x6 m², 2.5 m de alto y el plano de trabajo a 0.8 m, destinado a oficinas en el que se quieren instalar luminarias de 2 lámparas CFL de 36W (43W con balastro), 2550 lm de flujo por lámpara. Los coeficientes de reflexión del local son: $\rho_{\text{techo}} = 0.70$, $\rho_{\text{suelo}} = 0.50$ y $\rho_{\text{paredes}} = 0.30$.

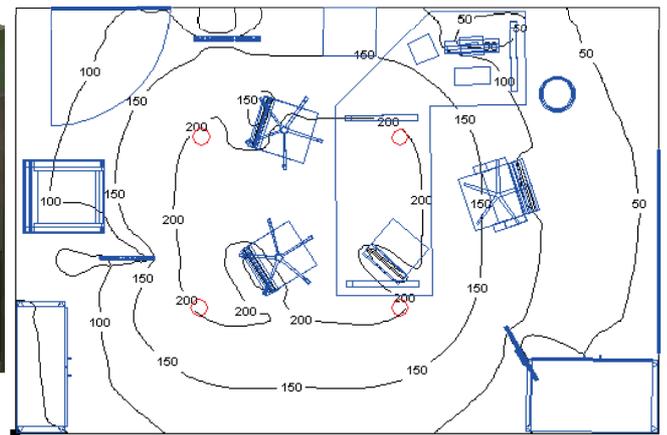


63

Cálculo de iluminación interior ILUMINACIÓN



Dialux



64

El Código Técnico de la Edificación

65

Iluminación en el CTE

ILUMINACIÓN

Seguridad frente al riesgo causado por iluminación Inadecuada (SUA 4)

En este apartado se establecen las características para garantizar la iluminación en zonas de circulación en condiciones normales y de emergencia.

Alumbrado normal en zonas de circulación: proporcionar *20 lux en zonas exteriores, 100 lux en interiores y 50 lux en aparcamientos interiores*, medida a nivel del suelo, con un *factor de uniformidad media del 40%* como mínimo. En las zonas de los establecimientos de uso pública concurrencia en las que la actividad se desarrolle con un nivel bajo de iluminación (cines, teatros, auditorios, discotecas, etc.), se dispondrá iluminación de balizamiento en rampas y peldaños de escaleras.

Alumbrado de emergencia: los edificios dispondrán de un alumbrado de emergencia que, suministre la iluminación necesaria, en caso de fallo del alumbrado normal. Existirá en recintos cuya ocupación sea mayor que 100 personas, los recorridos desde todo origen de evacuación hasta el espacio exterior seguro y hasta las zonas de refugio, incluidas las propias zonas de refugio (Anejo A de DB). También en aparcamientos cerrados o cubiertos cuya superficie construida exceda de 100 m², los locales que alberguen equipos generales de las instalaciones de protección contra incendios y los de riesgo especial (DB-SI 1), los aseos generales de planta en edificios de uso público, lugares en los que se ubican cuadros de distribución o de accionamiento de la instalación de alumbrado de las zonas antes citadas, señales de seguridad e itinerarios accesibles.

66

Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación (HE 3)

En la sección HE 3 es de aplicación para nuevos edificios, rehabilitación de edificios de más de 1000 m² con reforma de más del 25% de la iluminación y edificios de uso administrativo y locales comerciales.

Se define el *Valor de Eficiencia Energética de la Instalación (VEEI)*, que determinará la eficiencia energética de una instalación, como:

$$VEEI = \frac{P \cdot 100}{S \cdot E_m}$$

Donde P es la potencia de la lámpara y equipos auxiliares (W), S es la superficie iluminada (m²) y E_m la iluminancia media mantenida (lux).

67

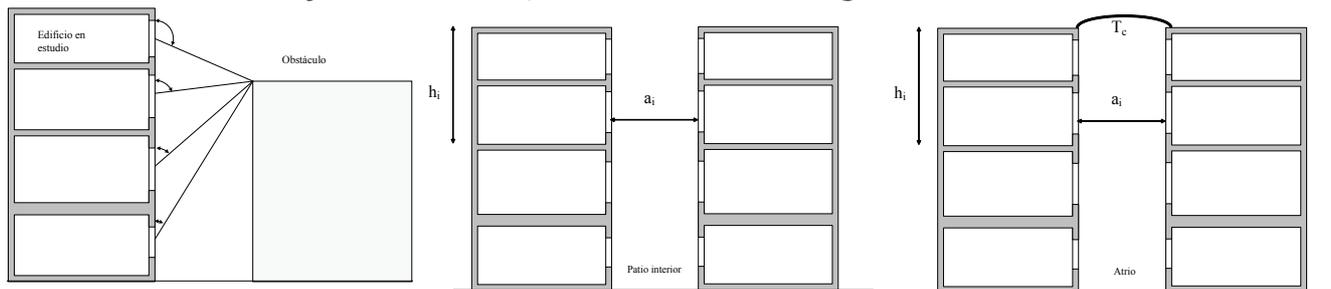
Zonas de actividad diferenciada	VEEI límite
administrativo en general	3,0
andenes de estaciones de transporte	3,0
pabellones de exposición o ferias	3,0
salas de diagnóstico ⁽¹⁾	3,5
aulas y laboratorios ⁽²⁾	3,5
habitaciones de hospital ⁽³⁾	4,0
recintos interiores no descritos en este listado	4,0
zonas comunes ⁽⁴⁾	4,0
almacenes, archivos, salas técnicas 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

Uso del edificio	Potencia máxima instalada [W/m ²]
Administrativo	12
Aparcamiento	5
Comercial	15
Docente	15
Hospitalario	15
Restauración	18
Auditorios, teatros, cines	15
Residencial Público	12
Otros	10
Edificios con nivel de iluminación superior a 600lux	25

68

Establece las condiciones para que funcionen los **sistemas de control y regulación**:

- toda zona dispondrá al menos de un sistema de encendido y apagado manual, no aceptándose los sistemas de encendido y apagado en cuadros eléctricos como único sistema de control. Toda zona dispondrá de un sistema de encendidos por horario centralizado en cada cuadro eléctrico. Las zonas de uso esporádico dispondrán de un control de encendido y apagado por sistema de detección de presencia temporizado o sistema de pulsador temporizado;
- se instalarán sistemas de aprovechamiento de la luz natural, que regulen **proporcionalmente y de manera automática por sensor de luminosidad** el nivel de iluminación en función del aporte de luz natural de las luminarias **de las habitaciones de menos de 6 metros de profundidad y en las dos primeras líneas paralelas** de luminarias situadas a una distancia inferior a 5 metros de la ventana, y en todas las situadas bajo un lucernario, cuando se den las siguientes condiciones:



$$\theta > 65^\circ$$

$$T \cdot \frac{A_{\text{cristal}}}{A} > 0,11$$

A = área total de las fachadas de la zona, con ventanas al exterior o al patio interior o al atrio

$$a_i > 2 \cdot h_i$$

$$T \cdot \frac{A_{\text{cristal}}}{A} > 0,11$$

$$a_i > \frac{2 \cdot h_i}{T_c}$$

$$T \cdot \frac{A_{\text{cristal}}}{A} > 0,11$$

69

ITC-BT-44 Instalación de receptores. Receptores de alumbrado, que es específica de alumbrado

- En instalaciones de iluminación con lámparas de descarga en locales con máquinas con movimiento alternativo o rotatorio rápido, se **tomarán medidas** para evitar accidentes causados por el **efecto estroboscópico**.
- Para receptores con lámparas de descarga, la carga mínima prevista en voltiamperios será de **1,8 veces** la potencia en vatios de las lámparas.
- En el caso de receptores con lámparas de descarga será obligatoria la compensación del **factor de potencia** hasta un valor mínimo de **0,9**.
- prohibidas las lámparas de descarga a alta tensión en el interior de viviendas.
- En el interior de locales comerciales y en el interior de edificios, se permitirá su instalación cuando su ubicación esté **fuera del volumen de accesibilidad** o cuando se instalen barreras o envolventes separadoras, tal como se define en la ITC-BT-24.
- Cuando en la misma instalación existan lámparas que han de ser alimentadas a distintas tensiones, se recomienda que los **portalámparas** respectivos sean **diferentes** entre sí, según el circuito al que deban ser conectados.

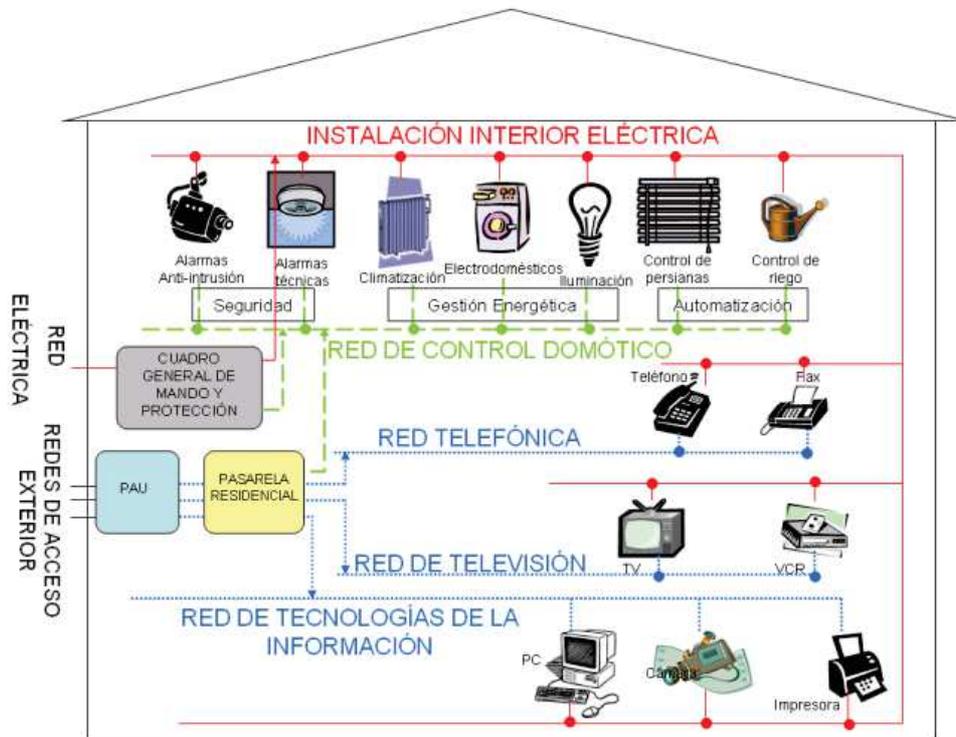
ITC-BT-28 Instalaciones en locales de pública concurrencia, en la que se incluye la normativa relativa a la iluminación de emergencia.

70

Control de iluminación

ILUMINACIÓN

ITC-BT-51 INSTALACIONES DE SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN, GESTIÓN TÉCNICA DE LA ENERGÍA Y SEGURIDAD PARA VIVIENDAS Y EDIFICIOS (GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN)



71

Control de iluminación

ITC-BT-51 INSTALACIONES DE SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN, GESTIÓN TÉCNICA DE LA ENERGÍA Y SEGURIDAD PARA VIVIENDAS Y EDIFICIOS (GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN)

Grado de automatización básico

FUNCIONALIDAD	APLICACIÓN	DISPOSITIVOS
Confort y ahorro energético	Control de climatización	- Un crono-termostato o equivalente en salón-comedor.
	Control de iluminación	- Detector de presencia para control de la iluminación en zonas de paso
	Control de persianas	- Motorización y control de persianas en el salón y dormitorio principal

Grado de automatización normal

FUNCIONALIDAD	APLICACIÓN	DISPOSITIVOS
Confort y ahorro energético	Control de climatización	- Varios crono-termostatos (o equivalentes) controlados por estancias
	Control de iluminación	- Detector de presencia para control de la iluminación en zonas de paso - Regulación luminosa en salas de estar con elección de ambientes de iluminación predefinidos - Control de los puntos de luz y tomas de corriente más significativas de la vivienda (mínimo 80% de los puntos de luz y el 20% de las tomas de corriente)
	Control de persianas	- Motorización y control de las persianas

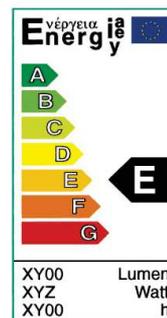
Cuidado con las lámparas. Muchas no son regulables

72

La legislación es la que está empujando

la Directiva 98/11/CE se establece el etiquetado energético de lámparas de uso doméstico (filamento y fluorescentes compactas integrales) y fluorescentes de uso doméstico (tubulares y fluorescentes compactas no integrales), incluso cuando se comercialicen para uso no doméstico. (RD 284/99)

Directiva 2005/32/CE del Parlamento Europeo y del Consejo en lo relativo a los requisitos de diseño ecológico para lámparas fluorescentes sin balastos integrados, para lámparas de descarga de alta intensidad y para balastos y luminarias que puedan funcionar con dichas lámparas



73

La legislación es la que está empujando

Directiva RoHS - 2002/95/CE Restricciones a la utilización de determinadas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos (RD 208/2005)

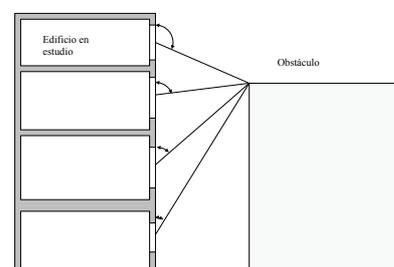
Directiva RAEE - 2002/96/CE Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RD 208/2005)

Directiva sobre balastos 2000/55/CE Requisitos de eficiencia energética de los balastos de lámparas fluorescentes (distintivo EEI).

Código Técnico de la Edificación (CTE) Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación (HE 3)



A1-A2-A3-B1-B2-C-D



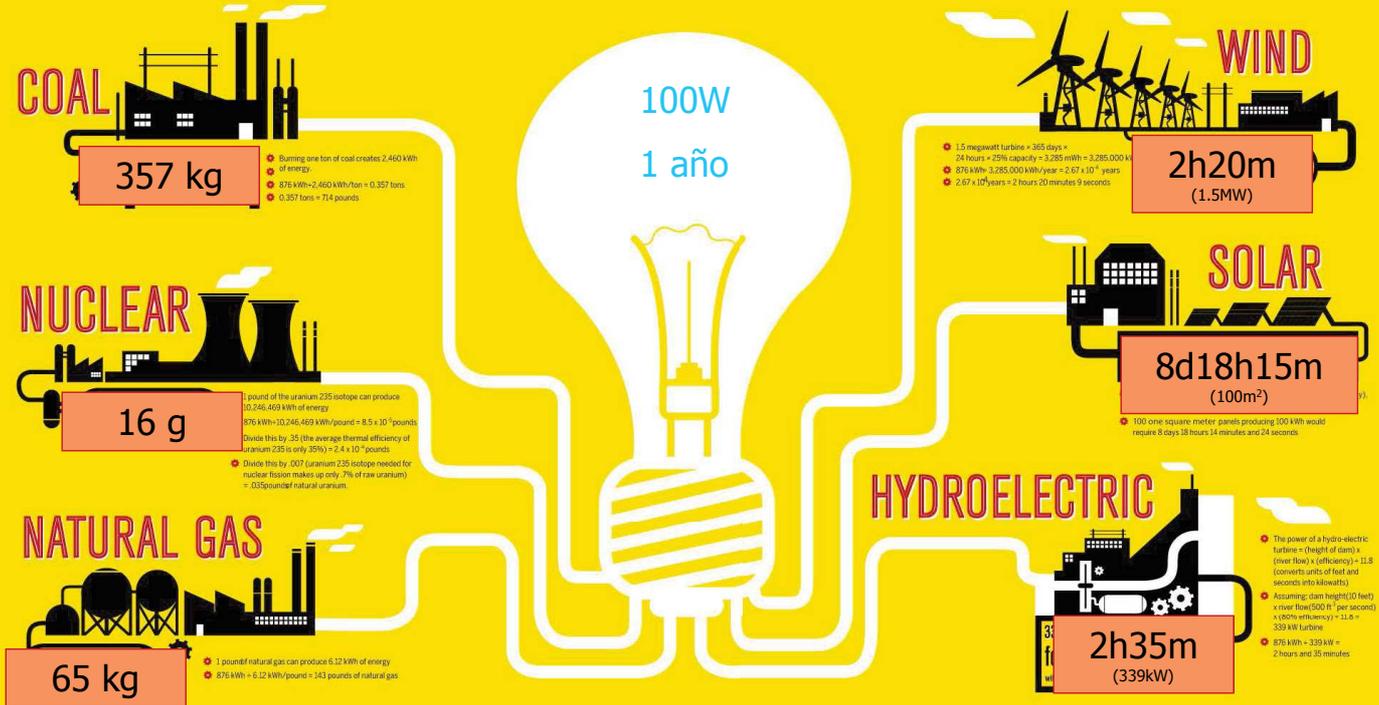
74

Para poder consumir energía eléctrica en iluminación, es preciso generarla

HOW MUCH FUEL DOES IT TAKE TO POWER A LIGHTBULB FOR A YEAR?

HOW MUCH ENERGY—WHETHER ELECTRIC, COAL, NUCLEAR, OR OTHERWISE—IS REQUIRED FOR A 100-WATT LIGHTBULB TO RUN FOR A YEAR, 24 HOURS A DAY?

Kilowatt hour (kWh) = unit of energy equal to 1000 watt hours
 A 100-watt light uses 0.1 kilowatt hours worth of energy
 How much energy does an electric 100 watt lightbulb use a year? $0.1 \text{ kW} \times 8,760 \text{ hours in a year} = 876 \text{ kWh (kilowatt hours)}$



SOURCES: PHY.SYR.EDU HOWSTUFFWORKS.COM WIND-WATCH.ORG NEW.WVIC.COM SOLARPANELMANUAL.COM

ALL CALCULATIONS ARE BASED ON SAMPLE CONDITIONS, AND ARE INTENDED TO PROVIDE INSIGHT IN BROAD COMPARISON. ACTUAL ENERGY OUTPUT VARIES SITUATIONALLY.
 A COLLABORATION BETWEEN GOOD AND COLUMN FIVE

Iluminación de interiores. CTE DB HE. Edificios Industriales

SEMINARIO TÉCNICO SOBRE ILUMINACIÓN 2015 Año internacional de la luz
 VIGO, AUDITORIO DEL ANTIGUO RECTORADO
 29 y 30 de junio de 2015

Organiza:
 Asociación de Ingenieros Industriales de Galicia

Colaboran:
 Ayuntamiento de Vigo, Concello de Vigo, Xunta de Galicia, energylab, Instituto Tecnológico de Galicia, fundación faimevi, etc.

MÁS INFORMACIÓN:
 Blog o E-mail

INSCRIPCIONES:
 Boletín de inscripción

Eloy Díaz Dorado
ediaz@uvigo.es

Grupo de investigación en e
 Universidade de Vigo