



EPS

Escola Politècnica
Superior

Projecte/Treball Fi de Carrera

Estudi: Enginyeria Tècn. Ind. Química Ind. Pla 2002

Títol: ESTUDI DE LA IL·LUMINACIÓ A LES AULES,
LABORATORIS DOCENTS I ACCESSOS DE L'EDIFICI P2 DE
L'EPS DE LA UdG

Document: ANNEX B

Alumne: IVAN BRUN TORRAS

Director/Tutor: ÀNGEL LÓPEZ SÁNCHEZ
Departament: Eng. Química, Agrària i Tecn. Agroalimentària
Àrea: ENGINYERIA QUÍMICA

Convocatòria (mes/any): 06/08

Document 8: ANNEX B

ÍNDEX DE L'ANNEX B

B.1 Manual de luminotècnia.....	2
B.2 Normativa	135
B.3 Documents IDAE.....	183
B.4 Instruccions dels aparells utilitzats	227
B.5 Catálogo General de Luz 2007 (fragments).....	253
B.6 Cablejat	259
B.7 Glossari tècnic.....	268

Annex B.1 Manual de luminotècnia

Luminotècnia bàsica

1. Naturalesa física de la llum

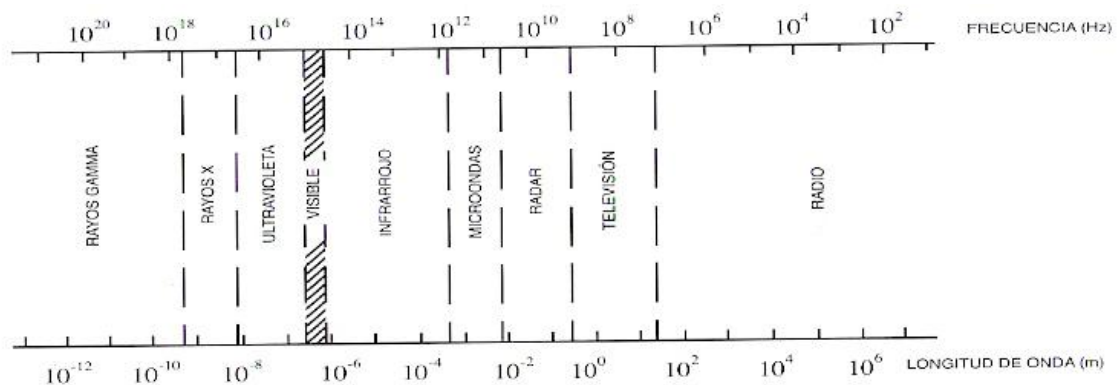
Es pot considerar la llum com una radiació electromagnètica oscil·lant formada per partícules energètiques, denominades fotons, que pot viatjar a 300000 km/s en el buit. Aquest fet és degut a que la llum és explicada a partir de dues teories complementàries:

- Corpuscular (Isaac Newton): està composta de **partícules energètiques** emeses rectilíniament per una font. Aquesta teoria és la que explica els efectes fotoquímics i fotoelèctrics.

- Ondulatòria (Cristian Huggens): la llum és un conjunt d'ones molt ràpides i immaterials.

L'espectre electromagnètic està format per diferents ones amb diferents longituds, i en funció d'aquestes últims es poden produir diferents efectes sobre la matèria. Per exemple excitar els electrons d'una antena de ràdio, acolorir la pell com fan les ones ultraviolades (UV) o escalfar com les infraroges (IR).

Figura 1: espectre electromagnètic (font: "Manual de luminotècnia" d'OSRAM).



Amb llenguatge planer, la llum és la radiació electromagnètica capaç d'estimular l'ull humà. La retina percep el que s'anomena com a **llum visible** entre 380 i 780 nm de longitud d'ona (λ).

Unidad	Símbolo	Equivalencias
Micra	μ	$1\mu = 10^{-6} \text{ m} = 10^{-3} \text{ mm}$
Nanómetro	.nm	$1\text{nm} = 10^{-9} \text{ m} = 10^{-12} \text{ mm}$
Angstrom	Å	$1\text{Å} = 10^{-10} \text{ m} = 10^{-13} \text{ mm}$

Figura 2: taula d'equivalències (font: "Manual de luminotècnia" d'OSRAM).

Figura 3: a la dreta, propagació de la llum (font: "Manual de luminotecnia" d'OSRAM).

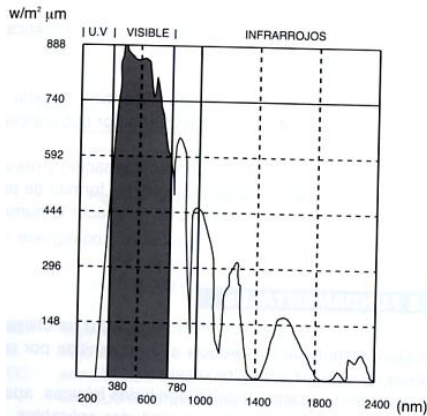
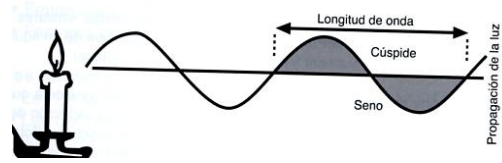


Figura 4: espectre de la radiació solar (font: "Manual de luminotecnia" d'OSRAM).

Les fonts de llum visible poden ser naturals o artificials. Per exemple, en la piroluminiscència es transforma la calor generada en una combustió a llum. Actualment es passa d'energia elèctrica a lumínica mitjançant algun tipus de mecanisme:

- Incandescència: posar a temperatures altes un filament metàl·lic en una atmosfera inerta.
- Luminiscència: excitació d'electrons d'un gas a un nivell superior d'energia, els quals recuperen l'estabilitat tornant l'energia sobrant en forma de radiació electromagnètica.
- Fotoluminiscència: transformació de radiació electromagnètica no visible (UV per exemple) a visible.
- Altres: quimioluminiscència per reaccions químiques, radioluminiscència generada per substàncies radioactives, injectoluminiscència (LED).

2. Magnituds fonamentals

- **Flux lluminós**

Quantitat d'energia radiant que afecta a la sensibilitat de l'ull humà, emesa per unitat de temps. No tota l'energia radiant emesa per la font és apreciada per l'ull.

Flux lluminós = flux energètic total · sensibilitat de l'ull

L'ull és insensible fora de l'espectre visible, i dins d'ell varia en funció a la següent **corba de sensibilitat**:

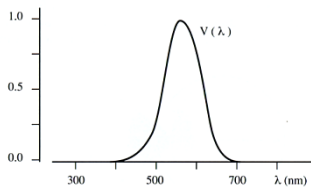


Figura 5: (font: "Manual de luminotecnica" d' OSRAM).

La unitat de flux lluminós és el **lumen (lm)**, el qual es defineix com 1/680 W emesos en la longitud de 555 nm (màxima sensibilitat).

Tipo de lámpara	Flujo luminoso (lm)
Efluvios	0,6
Vela de cera	10
Bicicleta	18
Incandescente Standard de 100 W	1.360
Fluorescente L 40 W/20 (Blanco frío)	2.800
Mercurio a alta presión HQL 400 W	22.000
Halogenuros metálicos HQI-BT 400 W	32.000
Sodio a alta presión NAV-T 400 W	48.000
Sodio a baja presión SOX 180 W	32.000
Magnesio AG 3B	450.000

Figura 6: taula on hi ha de forma aproximada la potència lumínica d'algunes fonts de llum (font: "Manual de luminotecnica" d'OSRAM).

- **Intensitat lumínica**

Flux emès en una determinada direcció de l'espai.

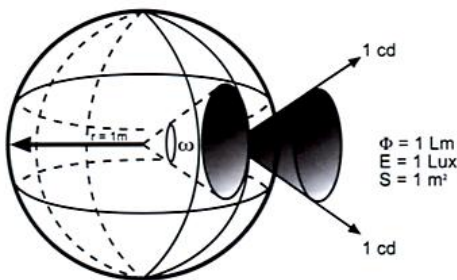


Figura 7: concepte d'angle sòlid (font: "Manual de luminotecnica" d'OSRAM).

Cal conèixer el concepte d'angle sòlid, entès com l'angle en estereoradiants corresponent a un conus, l'eix del qual és la direcció que es considera la intensitat.

Aquesta unitat és la que correspon a un conus, casquet del qual té una àrea igual al quadrat del radi de l'esfera. Com que l'àrea de l'esfera és $A = 4\pi r^2$, l'angle sòlid en totes les direccions de l'espai és 4π estereoradiants.

$$I = \frac{\Phi}{\omega} \quad \text{essent } I: \text{intensitat}$$

Φ : flux lluminós

ω : angle sòlid

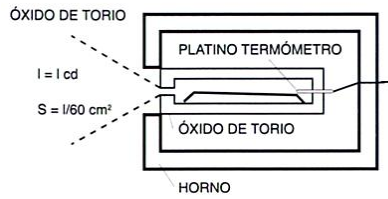
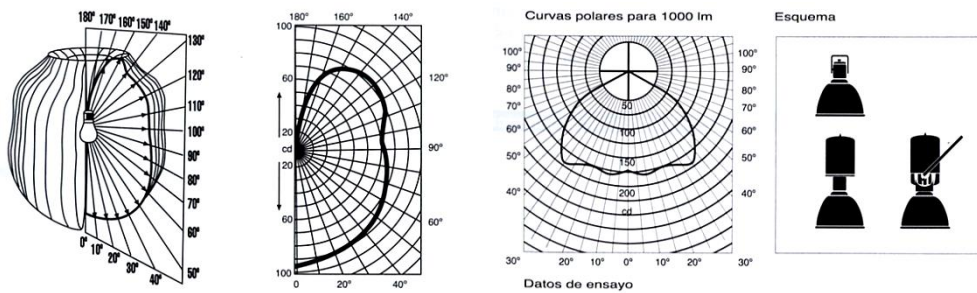


Figura 8: construcció d'un patró d'intensitat (font: "Manual de luminotecnica" d'OSRAM).

La unitat en el SI és la **candela (cd)**. Es considera la intensitat emesa per 1/60 de cm² del cos negre a la temperatura de fusió del platí.

Com que és una magnitud direccional es traça la representació del **sòlid fotomètric**. Es realitza traçant un vector en cada direcció de l'espai amb una longitud proporcional a la intensitat.

Si es representa en la intersecció amb un pla que contingui l'eix de simetria de la font lluminosa rep el nom de **corba de distribució d'intensitats**. Si el sòlid fotomètric no és un cos de revolució cal buscar els plans més representatius.



Figures 9 i 10: a l'esquerra, sòlid fotomètric i corba de distribució fotomètrica; a la dreta, llum i la seva corba de distribució (font: "Manual de luminotecnica" d'OSRAM).

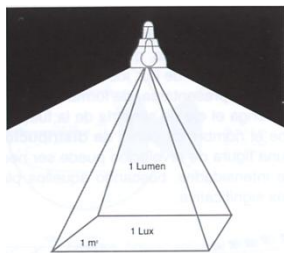
• **Il·luminància o nivell d'il·luminació**

Flux lluminós que rep una àrea determinada. De forma més planera s'anomena il·luminació. La unitat és el **lux (lx)**.

$E = \frac{\Phi}{S}$ essent E: il·luminància

Φ : flux lluminós

S: àrea



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

Figura 11 i 12: il·luminància i valors comuns de nivell d'il·luminació (font: "Manual de luminotecnica" d'OSRAM).

- **Luminància**

Brillantor d'una superfície. Relació entre la intensitat lluminosa que emet una superfície en una direcció determinada i l'àrea de la superfície vista per un observador situada a la mateixa direcció. La luminància és **directe** quan és produïda per una font de llum i **indirecta** o reflectida quan es reflecteix sobre els cossos il·luminats.

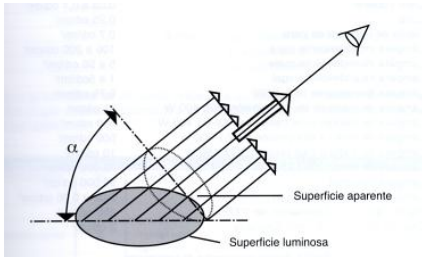


Figura 13: concepte de luminància (font: "Manual de luminotecnia" d'OSRAM).

També és una magnitud direccional i es mesura en **cd/m² = nit** o en **cd/cm² = stilb**.

$$L = \frac{I}{S \cdot \cos \alpha} \quad \text{essent } L: \text{luminància}$$

I: intensitat

S: àrea

α: angle entre la superfície i la direcció d'observació

L'ull humà rep luminàncies, no il·luminàncies. Per tant, aquest paràmetre indica si es veu més o menys llum.

Sol	150.000 cd/cm ²
Cielo despejado	0,3 a 0,5 cd/cm ²
Cielo cubierto	0,03 a 0,1 cd/cm ²
Luna	0,25 cd/cm ²
Llama de una vela de cera	0,7 cd/cm ²
Lámpara incandescente clara	100 a 200 cd/cm ²
Lámpara incandescente mate	5 a 50 cd/cm ²
Lámpara incandescente opal	1 a 5cd/cm ²
Lámpara fluorescente L40 W/20	0,75 cd/cm ²
Lámpara de mercurio de alta presión HQL 400 W	11 cd/cm ²
Lámpara de halogenuros metálicos HQI-BT 400 W	650 cd/cm ²
Lámpara de sodio a alta presión NAV-T 400 W	500 cd/cm ²
Lámpara de sodio a baja presión SOX 180 W	10 cd/cm ²
Lámpara de xenón XBO 2500 W	72.000 cd/cm ²
Lámpara Vacublitz	50.000 cd/cm ²
Lámpara de efluvios (Glimm)	0,02 a 0,05 cd/cm ²
Papel blanco con iluminación de 1000 lux	250 cd/cm ²
Calzada de una calle bien iluminada	2 cd/cm ²

Figura 14: taula amb valors aproximats de luminàncies (font: "Manual de luminotecnia" d'OSRAM).

- **Contrast**

Les diferències de luminàncies entre objectes permeten distingir visualment aquests. Aquest és el terme que s'anomena contrast.

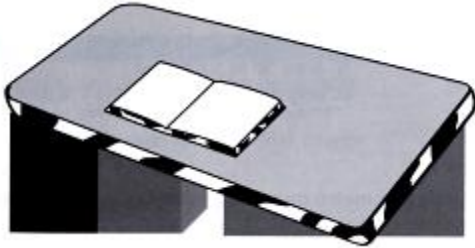
$$C = \frac{L_0 - L_f}{L_f}$$

essent L_0 : luminància de l'objecte

L_f : luminància de fons

C: contrast

Figura 15: taula amb llibre (font: "Manual de luminotecnia" d'OSRAM).



Magnitud	Símbolo	Unidad	Definición de la unidad	Relaciones
Flujo luminoso	Φ	Lumen (lm)	Flujo emitido en un ángulo sólido por una fuente con una intensidad luminosa de una candela.	$\Phi = I \cdot \omega$
Cantidad de luz	Q	Lumen por segundo (lms)	Flujo luminoso emitido por unidad de tiempo	$Q = \Phi \cdot t$
Intensidad luminosa	I	Candela (cd)	1/60 de la intensidad luminosa por cm ² del "cuerpo negro" a la temperatura de fusión del platino (2046 K)	$I = \frac{\Phi}{\omega}$
Iluminancia	E	Lux (lx)	Flujo luminoso de un lumen que recibe una superficie de 1 m ²	$E = \frac{\Phi}{S}$
Luminancia	L	Candela por m ² (cd/m ²)	Intensidad luminosa de una candela por unidad de superficie	$E = \frac{I}{S}$

Figura 16: taula resum de les unitats fonamentals (font: "Manual de luminotecnia" d'OSRAM).

- **Distribució espectral**

Aquesta indica quina proporció hi ha d'ones amb diferents longituds en un determinat feix de llum.

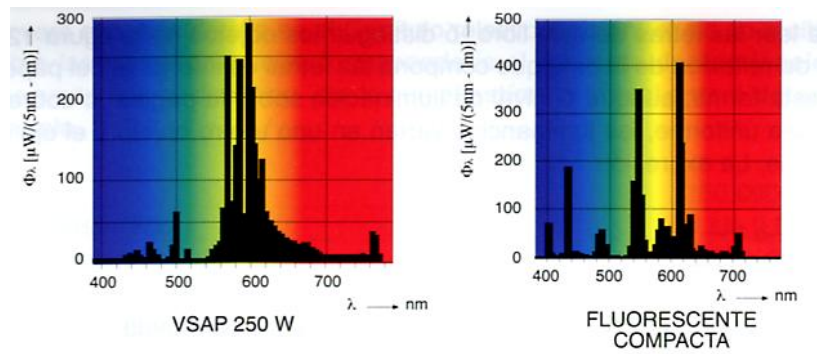


Figura 17: diagrama espectral de diferents làmpades (font: "Manual de luminotecnia" d'OSRAM).

3. Llum i matèria

Existeixen tres possibles fenòmens quan la llum entra en contacte amb la matèria:

- Transmissió: la llum es propaga a través de la matèria.

- Reflexió: la llum és rebutjada per la matèria.

- Absorció: la llum es para a la matèria.

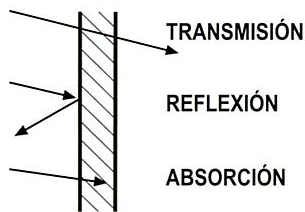


Figura 18: (font: "Manual de luminotecnia" d'OSRAM).

- Reflexió

En superfícies llises (miralls, metalls polits), on l'angle d'incidència coincideix amb el de reflexió, hi ha **reflexió especular** i la imatge que formen els rajos de llum incidents es conserva. En superfícies rugoses (microscòpicament) la reflexió es descompon en diferents direccions, deixant reflectir la llum però la imatge s'esvaeix. Aquesta rep el nom de **reflexió difusa**.

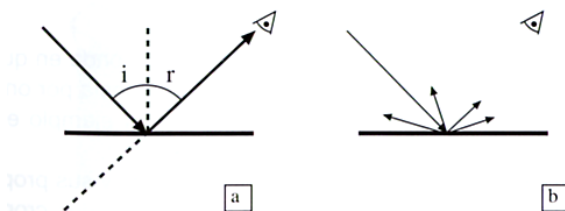


Figura 19: dos tipus de reflexió (font: "Manual de luminotecnia" d'OSRAM).

- Transmissió

Si la llum es propaga sense variar la direcció hi ha **transparència**, i es poden contemplar les imatges a través de la matèria. Si es descompon en diferents direccions es parla de **cosos translúcids**, que deixen passar la llum però no transmeten les imatges.

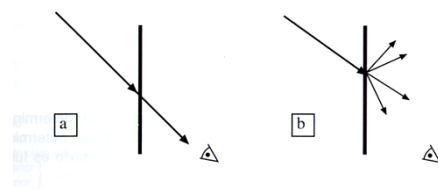


Figura 20: b és un cos translúcid (font: "Manual de luminotecnia" d'OSRAM).

Realment, en passar pel material, la llum sempre varia de direcció degut a la diferent densitat dels cossos. Però si la superfície d'entrada i de sortida són paral·leles no hi ha alteració de la direcció, tot i haver-hi desplaçament, i permet transmetre les imatges.

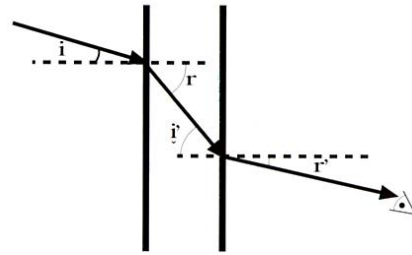


Figura 21: transmissió real (font: "Manual de luminotecnica" d'OSRAM).

- **Absorció**

L'energia lluminosa absorbida incrementa el nivell energètic de la matèria. Això pot desencadenar, per exemple, en l'activació de reaccions químiques, producció d'energia elèctrica mitjançant cèl·lules fotovoltaïques, elevar la temperatura...

- **Fenòmens mixtes**

En realitat no hi ha ni miralls perfectes, ni vidres de transparència absoluta, ni cossos negres absoluts. Sempre hi ha una proporció de cada fenomen, i aquesta és determinada per la longitud d'ona de la radiació.

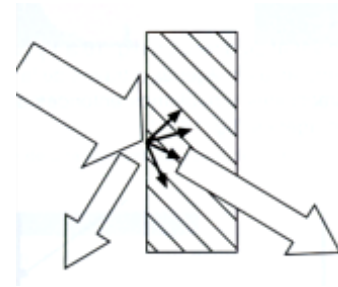


Figura 22: fenòmens mixtes (font: "Manual de luminotecnica" d'OSRAM).

- **Factors de reflexió, transmissió i absorció**

Segons la **lei de la conservació de l'energia**:

$$\Phi_i = \Phi_p + \Phi_\tau + \Phi_\alpha$$

essent Φ_i : flux lluminós incident
 Φ_p : flux lluminós reflectit
 Φ_τ : flux lluminós transmès
 Φ_α : flux lluminós absorbit

Factor de reflexió o reflectància: $p = \frac{\Phi_p}{\Phi_i}$

Factor de transmissió o transmitància: $\tau = \frac{\Phi_\tau}{\Phi_i}$

Factor d'absorció o absorbència: $\alpha = \frac{\Phi_\alpha}{\Phi_i}$

- **Taules de factors**

Material	Reflectància %
Pintura blanca nueva	65 -75
Ladrillo claro	45 - 50
Ladrillo oscuro	30 - 40
Mármol blanco	45 -50
Hormigón	25 -30
Mortero	15 -20
Granulite	15 -10
Vidrio reflectante	20 - 30
Vidrio transparente	7 - 8
Vidrio tintado	5 - 8

Figura 23: reflectàncies de materials utilitzats en la construcció (font: “Guía técnica: Aprovechamiento de la luz natural en iluminación de edificios” d’IDAE).

Superficie	Valores de Reflexión
Techos	0,70 - 0,80
Paredes	0,50 - 0,70
Divisiones	0,50 - 0,70
Pizarra oscura	0,05 - 0,20
Pizarra clara	0,50 - 0,70
Suelos	0,15 - 0,20
Mobiliario y equipo	0,20 - 0,40
Cortinas y/o persianas	0,50 - 0,70

Figura 24: valors de reflexió utilitzats en centres educatius (font: “Guía técnica de Eficiencia Energética en Iluminación de Centros Docentes” d’IDAE).

Material	Factor de reflexión P	Factor de transmisión τ	Factor de absorción α	Efecto resultante
Superficies pintadas. Colores medios.				
Amarillo	0,50	0	0,50	Reflexión difusa
Beige	4,05		0,55	
Marrón	0,25		0,75	
Rojo	0,20		0,80	
Verde	0,30		0,70	
Azul	0,20		0,80	Reflexión semirígida
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...0,80		0,25...0,20	
Transparente claro (de 2 a 4 mm)	0,08	0,9	0,02	Transmisión dirigida
Mate al exterior } (de 1,5 a 3 mm)	0,07...0,20	0,87...0,63	0,06...0,17	Transmisión semidirigida
Mate al interior }	0,06...0,16	0,89...0,77	0,05...0,07	
Opal blanco	0,30...0,55 0,04...0,05 0,05...0,08 0,25...0,30 0,08...0,10 0,08...0,10	0,86...0,36	0,04...0,08	Transmisión difusa
Opal rojo		0,04...0,02	0,92...0,93	
Opal naranja		0,10...0,06	0,85...0,86	
Opal amarillo		0,20...0,12	0,55...0,58	
Opal verde		0,09...0,03	0,82...0,87	
Opal azul		0,10...0,03	0,82...0,87	
Otros materiales				
Papel blanco	0,60...0,80	0,10...0,20	0,30...0,10	Reflexión y transmisión difusas
Papel apergaminado	0,50	0,30	0,20	
Pergamino	0,48	0,42	0,10	
Seda blanca	0,28...0,038	0,61...0,71	0,01	Reflexión semidirigida
Seda de color	0,20...0,10	0,54...0,13	0,44...0,86	Transmisión difusa

Figura 25: taula de factors de reflexió, transmissió i absorció d'alguns materials (font: "Manual de luminotecnica" d'OSRAM).

Grupo	Tipo	Espesor Vidrio (mm)	Espesor Cámara Aire (mm)	Coefficiente Transmisión luminosa	Factor solar	Transmitancia (W/m².K)
Simple	Claro	3		0.90	0.89	5.85
		4		0.89	0.85	5.8
		6		0.89	0.85	5.7
Doble	Claro-Claro	4	6	0.79	0.77	3.3
		4	12	0.79	0.77	2.9
		4	18	0.79	0.77	2.7
		6	6	0.88	0.72	3.4
		6	8	0.88	0.72	3.2
		6	12	0.88	0.72	3.0
Doble reflectante	Claro	6	12	0.55	0.30	1.8
	Plata	6	12	0.30	0.32	1.8
	Verde	6	12	0.23	0.21	1.8
	Verde oscuro	6	12	0.20	0.18	1.8
	Bronce	6	12	0.18	0.23	1.8
	Azul	6	12	0.16	0.20	1.8
	Gris	6	12	0.14	0.21	1.8
Doble Bajo emisivo	Claro	4	6	0.77	0.65	2.5
		4	12	0.77	0.65	1.8
		4	18	0.77	0.65	1.5
		6	6	0.67	0.52	2.4
		6	8	0.67	0.52	2.3
		6	12	0.67	0.52	1.8
	Reflectante	4	6	0.75	0.54	2.5
		4	12	0.75	0.54	1.6
		4	18	0.75	0.54	2.4
Triple	Claro	6	6			2.4
		6	8			2.3
		6	12			2.2

Figura 26: taula de factors de transmissió de diferents vidres (font: "Guía técnica: Aprovechamiento de la luz natural en iluminación de edificios" d'IDAE).

En la taula anterior, la transmissió lluminosa del vidre o transmitància és el percentatge de llum natural (dins del visible) que deixa passar el vidre.

El factor solar és l'energia tèrmica total que passa a través del vidre a conseqüència de la radiació solar, per unitat de radiació incident.

A la figura següent es pot apreciar la classificació de les superfícies en funció de com modifiquen la radiació incident:

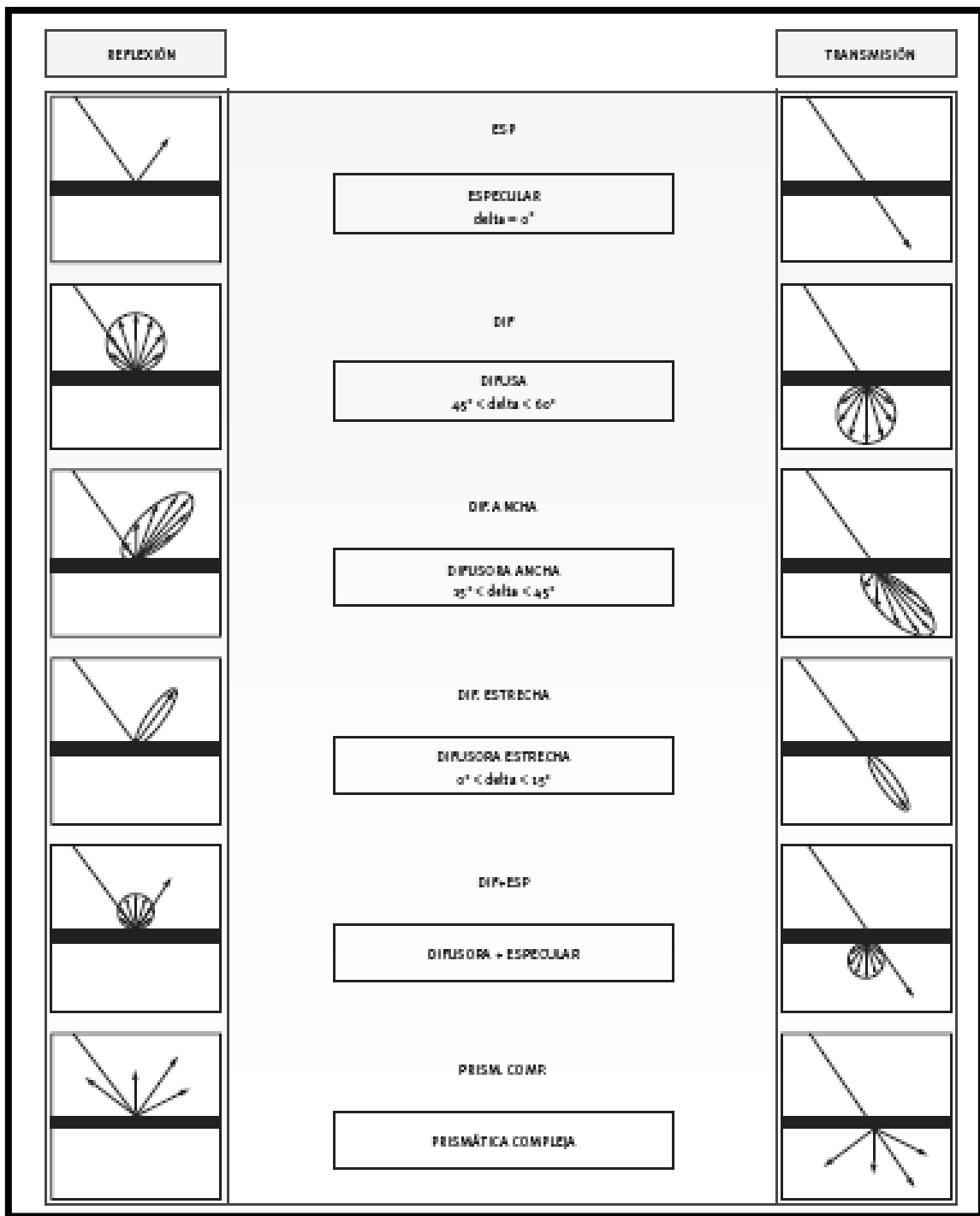


Figura 27: classificació del comportament de les superfícies (font: "Guía técnica: Aprovechamiento de la luz natural en iluminación de edificios" d'IDAE).

4. Lleis fonamentals

Aquestes lleis relacionen les diferents magnituds lumíniques.

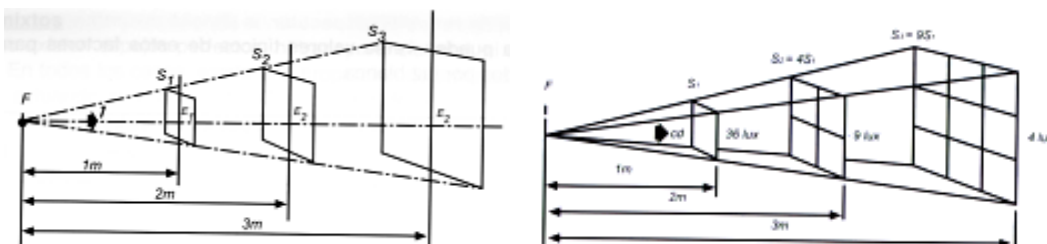
- **Llei de la inversa del quadrat de la distància**

Donada una font de llum, les il·luminàncies produïdes en diferents superfícies situades perpendicularment a la direcció de la radiació, varien de forma inversament proporcional al quadrat de la distància entre la font de llum i la superfície.

$$\frac{E_n}{E_0} = \frac{d_0^2}{d_n^2} \quad E = \frac{I}{d^2} \quad \text{essent } E: \text{ il·luminància}$$

d : distància del focus a la superfície

I : intensitat



Figures 28 i 29: llei inversa dels quadrats (font: "Manual de luminotècnia" d'OSRAM)

- **Llei del cosinus**

S'ha d'imaginar una superfície que no és perpendicular a la radiació. Al cap d'una sèrie de demostracions el resultat de la fórmula és la següent:

$$\frac{E_1}{E_1'} = \cos \gamma \quad \text{essent } E: \text{ il·luminància}$$

γ : angle que determina el raig incident i la perpendicular a la superfície horitzontal des del focus lluminós

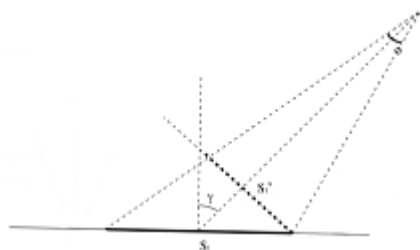


Figura 30: llei del cosinus (font: "Manual de luminotècnia" d'OSRAM).

Donada una font de llum, la il·luminància produïda per una superfície inclinada un angle respecte la perpendicular a la direcció de la radiació, varia proporcionalment al cosinus d'aquest angle.

- **Il·luminància en un punt**

$$E_p = \frac{I}{d^2} \cos \gamma = \frac{I}{h^2} \cos^3 \gamma \quad \text{essent } h: \text{ alçada del focus respecte la horitzontal}$$

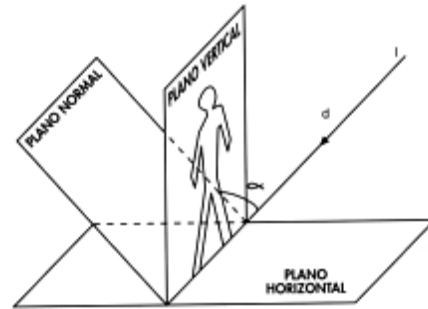
- **Il·luminància en un pla determinat**

Horitzontal: $E_{HP} = \frac{I}{d^2} \cos\gamma = \frac{I \cos^3\gamma}{h^2}$

Vertical: $E_{VP} = \frac{I}{d^2} \sin\gamma = \frac{I \sin\gamma \cos^2\gamma}{h^2}$

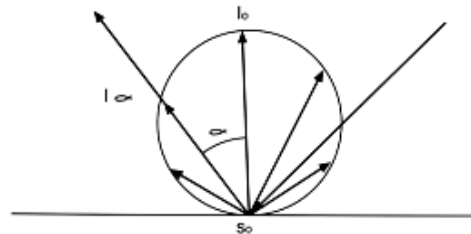
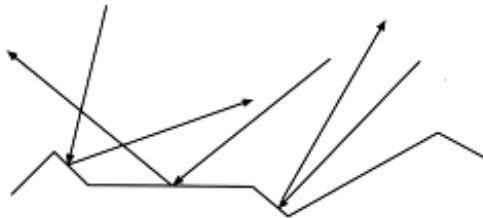
Normal: $E_{NP} = \frac{I}{d^2}$

Figura 31: diferents plans (font: "Manual de luminotecnia" d'OSRAM).



- **Llei de Lambert**

Se suposa superfície perfectament difusora (reflexió omnidireccional) com la següent:



Figures 32 i 33: a l'esquerra, superfície difusa; a la dreta; representació gràfica de la llei de Lambert (font: "Manual de luminotecnia" d'OSRAM).

La intensitat en una direcció és $I_\alpha = I_0 \cos\alpha$ i la superfície aparent de l'element reflector també queda afectada per l'angle d'observació $S_\alpha = S_0 \cos\alpha$. Per tant, la luminància $L_\alpha = \frac{I_\alpha}{S_\alpha} = \frac{I_0 \cos\alpha}{S_0 \cos\alpha} = L_0$.

En resum, la llei diu que la luminància d'una superfície difusora perfecte és constant sigui quina sigui la direcció d'observació.

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

essent L: luminància de la superfície

E: nivell d'il·luminació

p: factor de reflexió del material

5. Color

En realitat és la llum que, directament d'un focus o indirectament per reflexió en un objecte, incideix en la retina.

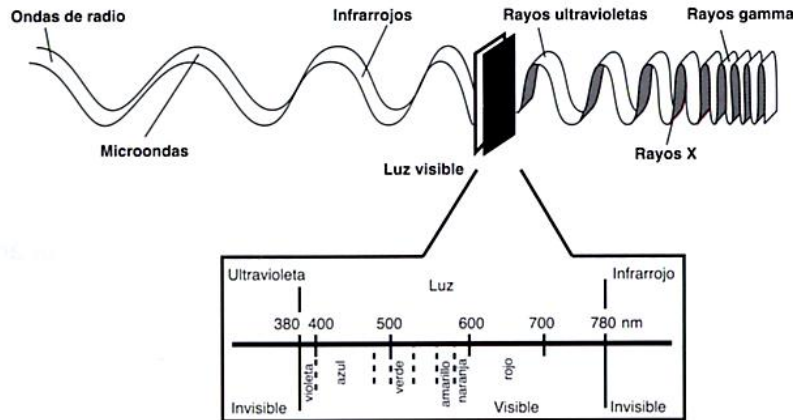


Figura 34: espectre electromagnètic i llum visible (font: "Manual de luminotecnica" d'OSRAM).

- **Corba de distribució espectral**

La majoria de radiacions electromagnètiques estan compostes d'ones amb varies longituds. La percepció visual humana no descompon les longituds d'ona del visible i s'obté un resultat anomenat **color de la llum** únic. Quan l'emissió de totes les λ és equivalent es veu de color blanc.

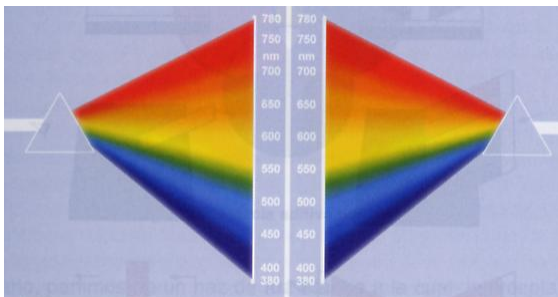
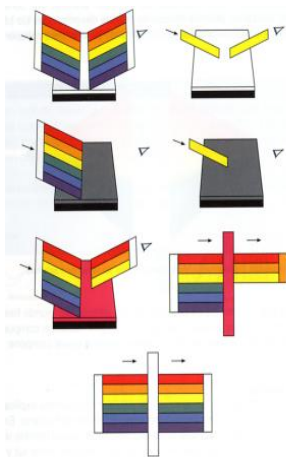


Figura 35: descomposició i composició de la llum mitjançant prismes (font: "Manual de luminotecnica" d'OSRAM).

- **El color i els objectes**



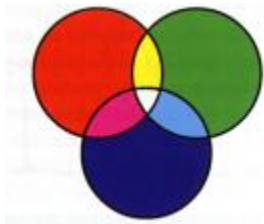
Existeix un comportament selectiu dels materials quan reben radiació. En funció de la λ es produeixen els comportaments de reflexió, transmissió i absorció. Per exemple, el vidre permet el pas de radiació visible i infraroja, però no UV (per tant no podem broncejar-nos); una paret és opaca a la radiació visible però transparent a ones de ràdio...

En el visible passa el mateix, el color de l'objecte és el resultat de la interacció entre l'espectre sencer de la llum i les propietats de reflexió, absorció o transmissió del mateix.

Figura 36 (anterior): representació de la transmissió i reflexió en funció del material amb el qual interactua la llum (font: "Manual de luminotecnia" d'OSRAM):

- **Mescles de color**

Si s'il·lumina una pantalla blanca amb diferents colors hi ha



una barreja **additiva** (esquerra). Si, en canvi, es parteix de llum blanca i s'intercepta amb filtres hi haurà mescla **sostractiva** (dreta).



Figures 37 i 38: a l'esquerra, mescla additiva; a la dreta, mescla sostractiva (font: "Manual de luminotecnia" d'OSRAM).

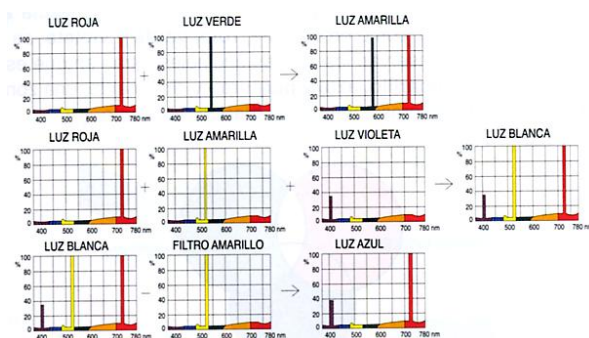


Figura 39: mescla additiva i sostractiva mitjançant diagrames electromagnètics (font: "Manual de luminotecnia" d'OSRAM)..

- **Reproducció cromàtica**

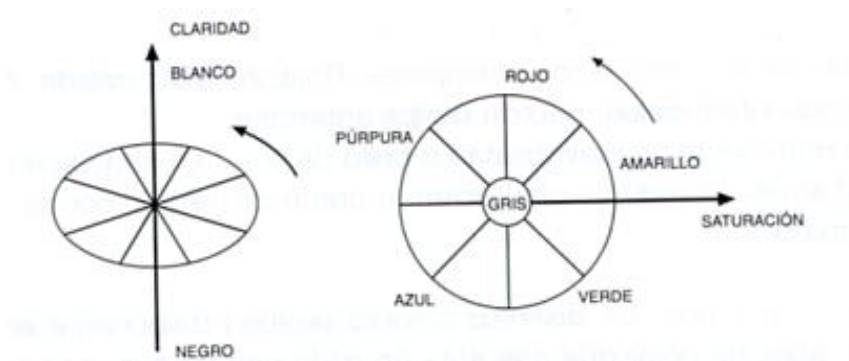
En funció de la font amb la qual s'il·lumina, els objectes tenen un color o un altre. S'entén com a **color vertader** el de la llum natural.

La reproducció cromàtica d'una font de llum és la relació entre l'aspecte del color dels objectes il·luminats amb aquesta i la que presenten amb una llum de referència, que és la natural sota condicions homologades (Reconstituted Daylight).

El procediment establert per la CIE (Comitè Internacional d'Il·luminació) mesura el grau de coincidència entre els dos colors i estableix un **índex de reproducció cromàtica** entre 0 i 100.

vermella, situant en àrees intermèdies els colors resultants de la mescla. Qualsevol color pot ser especificat mitjançant coordenades x i y dels eixos principals del triangle.

El color resultant d'una barreja additiva se situa sempre en aquest diagrama sobre la recta que uneix els punts de color components. En el centre del diagrama hi ha el blanc, recorregut per un corba que reproduïx les diferents temperatures de color. L'extrem exterior del diagrama correspon a les radiacions monocromàtiques. Aquest



sistema és el més utilitzat en luminotècnia.

Figura 41: diagrama cromàtic CIE (font: "Manual de luminotècnia" d'OSRAM).

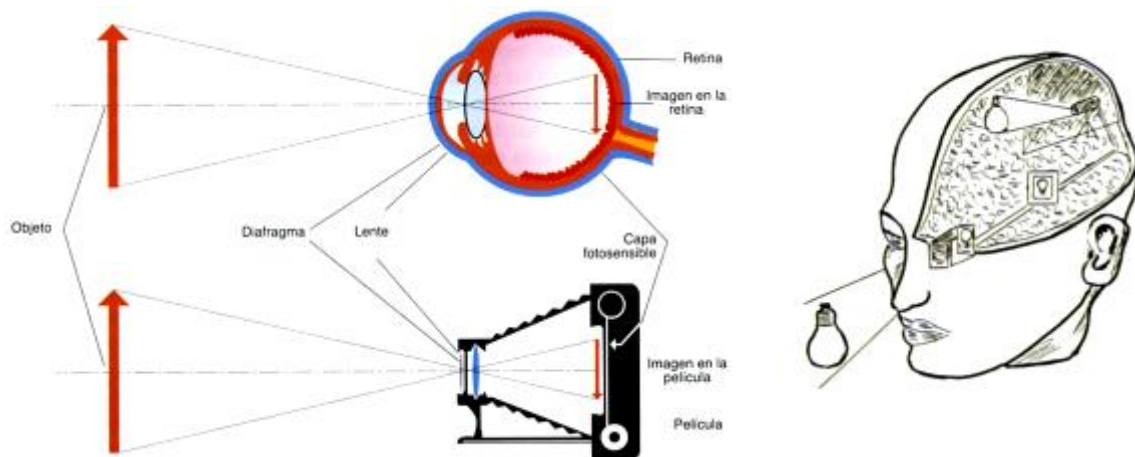
Visió i il·luminació

A l'ull humà, la llum incident sobre la retina genera unes reaccions químiques en els seus pigments fotosensibles.

1. L'ull: sistema visual humà

De forma fàcil, l'ull és una esfera amb un orifici a la seva part anterior anomenat **pupila**. Aquesta deixa passar la llum a dins del globus ocular i té una membrana transparent (**crystal·lí**) semblant a una lent convergent. La imatge es crea de forma invertida i més petita a la part posterior d'aquest sistema. Quan la llum penetra a la superfície interior del globus ocular, anomenada **retina**, l'energia que porta aquesta radiació activa la reacció química dels pigments fotosensibles que hi ha. Aquests pigments són els **bastons**, grans i molt sensibles a la llum i els **cons**, més reduïts i menys sensibles a la llum. Aquests cons tenen tres varietats a les quals afecta de forma diferents en funció de la longitud d'ona de la llum, i per tant, noten el color.

Des de la retina es generen els impulsos elèctrics, que mitjançant **el nervi òptic**, passen al cervell. D'aquesta manera s'estableix la **percepció visual** de l'entorn, que es regenera contínuament.



Figures 42 i 43: a l'esquerra, parts de l'ull humà en comparació a una càmera fotogràfica; a la dreta, formació de la imatge en el cervell (font: "Manual de luminotecnia" d'OSRAM).

2. Procés visual

- **Localització de la imatge**

Es pot formar la imatge visual mitjançant el moviment de tot el cos, les inclinacions o girs del cap o els desplaçaments horitzontals i verticals del globus ocular. Un cop la pupila rep al seu abast la zona determinada, la llum que emet pot arribar a la retina i generar la imatge. Normalment la pupila es mou en salts petits anomenats **moviments sacàdics** (aproximadament 5 salts/segon)

- **Acomodació**

Capacitat de l'ull per obtenir imatges nítides situades a diferents distàncies. El cristal·lí (lent) es va movent perquè la imatge es formi correctament a la retina (pla de projecció).

- **Camp visual**

Aproximadament, en l'ull humà es disposa d'un "conus de visió" de 180° en la horitzontal i 120° a la vertical. Dins d'aquest hi ha varies zones de sensibilitat concèntriques amb diferents concentracions de cons i bastons:

- **La fòvea:** camp central amb amplitud aproximada de 2°. Ex: paraula d'un llibre des de 40 centímetres. Aquesta zona només té **cons**, que són de mida reduïda i permeten apreciar amb precisió els detalls de les imatges i distingir els colors. Es pot parlar que és el **centre d'atenció**.

- **Treball visual:** amb una amplitud de 8 a 10° voltejant a l'anterior. Ex: la pàgina del llibre anterior. En aquesta zona es poden distingir amb relativa precisió els detalls i els colors.

- **Entorn:** amb una amplitud de 18 a 22°, permet la visió completa d'un objecte situat aproximadament a una distància 2,5 vegades la seva dimensió. Hi ha menys cons i la imatge no es veu tan bé.

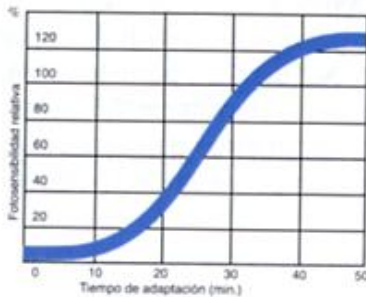
- **Perifèria:** la resta del camp visual, sense poder apreciar bé les imatges. Els contrastes, les brillantor, només són apreciables si són accentuats. Quan en aquesta zona hi ha quelcom que posa en estat d'alerta el sistema ocular, es genera un desplaçament d'aquest últim per veure en detall l'acció.

- **Agudesa visual**

És la capacitat per reconèixer per separat, de forma nítida i precisa, objectes molt petits i pròxims entre sí. Quantitativament, el menor angle sota el qual l'ull pot percebre dos objectes separats.

- **Adaptació**

Segons les condicions d'il·luminació (més o menys llum...) la pupila varia de diàmetre



(molt gran amb poca llum) i canvia la sensibilitat fotoquímica de la retina. Aquest procés s'anomena adaptació i té un determinat **temps d'adaptació** fins que l'ull no s'acostuma a les noves condicions. Aquest varia en funció de la magnitud de la variació i és més ràpid en el procés fosc-clar que al revés.

Figura 44: temps d'adaptació de l'ull humà
(font: "Manual de luminotecnica" d'OSRAM).

- **Visió estereoscòpica**

La sensació de relleu, **tres dimensions**, es forma al cervell perquè coneix les distàncies relatives amb els objectes, ja que a la retina es projecte la imatge igual que a una pantalla de cinema.

- **Visió del color**

Tenir una bona visió del color ajuda a saber com és la realitat. Per exemple, un aliment en mal estat... Els cons capten les diferents longituds d'ona i, per tant, el color, però són dèbilment sensibles; necessiten nivells de luminància alts. Hi ha un punt de la següent gràfica on l'ull té el màxim de sensibilitat (555 nm).

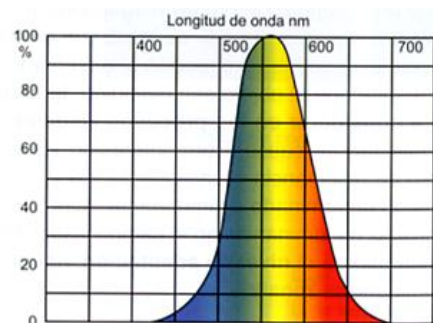


Figura 45: corba de sensibilitat espectral (font: "Manual de luminotecnica" d'OSRAM).

Hi ha tres varietats de cons, una que té un màxim a la zona roja, l'altra a la verda i l'altra a la blava. Mitjançant un procés complicat de barreja la **percepció visual** pot recompondre el **color resultant**.

3. Influència de les condicions lumíniques en la visió

- **Luminància**

Aquesta és la que penetra a l'ull de l'observador, no pas la il·luminància que és la llum que incideix en un objecte. Per tant, la luminància és la magnitud fonamental a considerar en processos visuals. Per exemple, un objecte poc il·luminat amb una elevada reflectància pot causar més impressió que un molt il·luminat de baixa reflectància.

El conjunt de la impressió lumínica rebuda determina el **nivell d'adaptació visual** en funció de la magnitud promig de les luminàncies de les diferents zones del camp visual. Les zones inferiors al límit del nivell d'adaptació són obscures i les superiors brillen enlluernant.

El canvi de nivell no és instantani, necessita un temps quan és molt acusat.

Per tal de centrar l'interès en una imatge, és molt important l'estructura general de la distribució de luminàncies, perquè determina la **impressió general** de l'escena.

- **Contrast**

Igual que la luminància determina la detecció visual d'un objecte, el contrast permet distingir-lo com una entitat separada. El contorn de l'objecte no existeix en realitat, el que existeix és un canvi de luminàncies entre el fons i ell.

$$C = \frac{L_0 - L_f}{L_f} \quad \text{essent } L_0: \text{luminància de l'objecte}$$

L_f : luminància de fons

C: contrast

El contrast pot ser **positiu** quan hi ha objectes clars sobre fons fosc, o al revés, **negatiu**. En el cas d'objectes acolorits el contrast no depèn només de les diferents luminàncies, sinó també de les diferències de colors.

Es diu **contrast límit** el mínim que l'ull és capaç de percebre sota unes condicions determinades.

Un equilibri acceptable entre les luminàncies d'un indret pot ser el següent:

3:1 entre la tasca i l'entorn més fosc.

10:1 entre la tasca i les superfícies allunyades més fosques.

20:1 entre les fonts lluminoses i l'entorn.

40:1 màxim contrast.

50:1 per objectes molt il·luminats per emfatitzar-los.

- **Agudesa visual i velocitat de percepció**

L'agudesa visual ja ha estat definida, però la velocitat de percepció hi té una relació molt estreta. Aquesta és la inversa de l'interval de temps entre l'instant en que es presenta un estímul visual i l'instant que es percep.

Tots dos aspectes estan relacionat amb la luminància.

- **Reconeixement del color**

El color que es percep és el resultat de la interacció entre les qualitats de l'objecte il·luminat i la composició espectral de la font de llum. Si els cons no poden apreciar els colors perquè la luminància és baixa s'està en **visió escotòpica**. En cas contrari s'està en **visió fotòpica**. L'interval entre aquestes dues regions es diu **visió mesòpica** i aproximadament està comprès entre $0,03 \text{ cd/m}^2$ i 3 cd/m^2 .

- **Prescripcions d'il·luminació**

En resum, per veure correctament objectes i espais cal que la il·luminació que reben també sigui correcta.

A més, com que el procés visual comporta moviments musculars, processos químics i nerviosos..., es pot dir que comporta fatiga perquè hi ha un consum energètic. Per tant, les condicions d'il·luminació també determinen la **fatiga visual**.

2. Fonts de llum

Actualment, l'enllumenat artificial utilitza electricitat transformant-lo, mitjançant fenòmens físics (els més corrents són emissió tèrmica, luminescència, fotoluminescència) a llum. També hi ha tipus més moderns en estat de desenvolupament que no es tracten en aquest punt.

Les **característiques principals** d'una font de llum són les següents:

- **Flux**

És la **quantitat de llum que es pot proporcionar per unitat de temps** o, dit d'una altra manera, la potència lumínica d'una làmpada. S'expressa en lúmens.

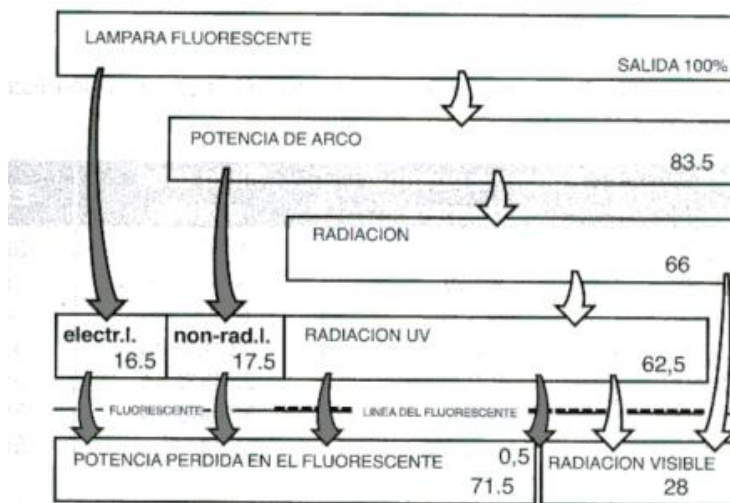


Figura 47: balanç energètic d'una làmpada fluorescente (font: "Manual de luminotecnica" d'OSRAM).

- **Eficàcia**

$$\text{Eficàcia} = \frac{\text{Flux emès per la làmpada (lm)}}{\text{Potència elèctrica consumida per la làmpada (W)}}$$

Aquesta és molt similar pels mateixos models de diferent potència, encara que sol créixer més en potències altes, i per tant se sol prendre un valor únic per cada tipologia.

En aquest concepte no hi ha de tenir en compte el consum dels equips auxiliars, i aquest no s'ha de menystenir.

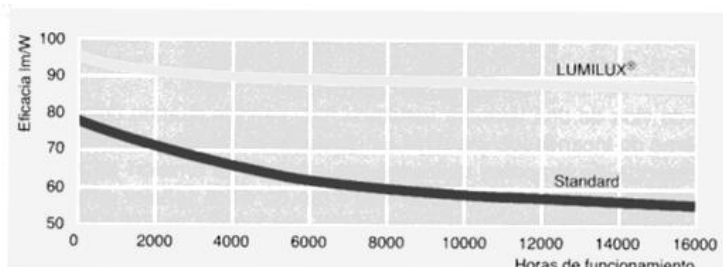


Figura 48: comparació de dues làmpades fluorescentes (font: "Manual de luminotecnica" d'OSRAM).

- **Vida**

Aquest concepte és molt senzill en làmpades d'incandescència en les quals la il·luminació cau bruscament. En canvi, en moltes de les làmpades actuals el flux lluminós disminueix paulatinament al llarg del seu cicle vital i és difícil establir un moment en el qual deixen de ser funcionals (útils per l'ús que se'n fa).

Hi ha dos tipus de corbes per mostrar aquests fenòmens. La primera és la **corba de depreciació** que indica l'evolució del flux lluminós emès al llarg de la vida de la làmpada (on es pot apreciar que disminueix), sabent que per una làmpada de descàrrega el flux inicial és al cap de 100 hores de funcionament. La segona és la **corba de mortalitat** o supervivència, que indica el percentatge de làmpades d'un lot que van deixant de funcionar al llarg de les hores d'utilització. Aquestes dues corbes sota condicions nominals predeterminades, òbviament més o menys diferents a les reals.

Un cop es tenen aquestes dades, es parla de dos conceptes:

- **Vida mitja**: nombre d'hores de funcionament en les qual la mortalitat d'un lot representatiu de les fonts de llum del mateix model i tipus arriba al 50% en condicions estandarditzades. Aquesta dada és l'única que els fabricants poden subministrar de forma fiable mitjançant assaigs de laboratoris.

- **Vida útil**: vida econòmica. És el moment en el qual la làmpada no emet prou flux lluminós per les condicions que s'utilitza. Aquest concepte escapa del control del fabricant ja que depèn molt de l'aplicació que se'n vol fer, encara que el pugui donar de forma orientativa.

Lámpara	Vida media	Vida útil orientativa
Incandescencia	1.000 horas	1.000 horas
Incandescencia halógena	2.000 horas	2.000 horas
Fluorescencia tubular*	10.000 horas	7.500 horas
Fluorescencia compacta*	8.000 horas	6.000 horas
Vapor de mercurio a alta presión	24.000 horas	16.000 horas
Luz mezcla	9.000 horas	6.000 horas
Vapor de sodio a baja presión	22.000 horas	12.000 horas
Vapor de sodio a alta presión	20.000 horas	15.000 horas

Con equipo de conexión convencional (ECC)

Figura 49: comparativa entre diversos tipus de làmpada (font: "Manual de luminotecnia" d'OSRAM).

- **Color**

El color de la llum emesa per una làmpada es pot expressar mitjançant gràfics o dades i índexs.



En gràfics es pot veure com n'hi ha que presenten un **espectre continu** i n'hi ha que **discontinuu**:

Figura 50: 1r, llum de dia; 2n, làmpada d'incandescència; 3r, vapor de mercuri a alta pressió (d'esquerra a dreta) (font: "Manual de luminotecnia" d'OSRAM).

Les dades o els índexs que s'utilitzen per definir el color de la llum són els següents:

- To: color bàsic de la llum resultant: blanc, groc...

- Reproducció cromàtica: indica la capacitat de la llum per reproduir amb fidelitat els colors dels objectes. Es necessita dos consideracions. La primera, tenir un **il·luminant de referència** que és el Sol en unes coordenades geogràfiques concretes i condicions climàtiques determinades. La segona, **establir un procediment d'assaig** que permeti comparar quantitativament la reproducció de color entre l'il·luminant de referència i la làmpada estudiada. En aquest procediment d'assaig s'utilitzen diverses mostres de diferents colors, il·luminades simultàniament per una làmpada patró i per la làmpada d'estudi i es determina, per observació visual, el percentatge de mostres que presenten el mateix color sota els dos il·luminants.

Clase	Índice Ra	Consideración
1A	≥ 90	Excelente
1B	80 ÷ 89	Muy buena
2A	70 ÷ 79	Buena
2B	60 ÷ 69	Aceptable
3	40 ÷ 59	Regular
4	20 ÷ 39	Insuficiente
-	<20	Nula

Figura 51: taula de categories de reproducció cromàtica (font: "Manual de luminotecnia" d'OSRAM).

- Temperatura de color: relaciona la llum emesa per la font amb la emesa per un "cos negre" a la mateixa temperatura. S'expressa en **graus kelvin (K)**, és a dir la temperatura absoluta del cos negre que emetria una llum de la mateixa aparença. Indica com són les proporcions de vermell i blau i es relaciona amb l'"aparença psicològica" (llums càlides, intermèdies i fredes).

Lum Càlida $T < 3.300 \text{ K}$

Lum Neutra $3.300 \text{ K} < T < 5.300 \text{ K}$

Lum Freda $T > 5.300 \text{ K}$

Iluminància (lux)	Temperatura de color		
	Càlida	Neutra	Fria
≤ 500	Agradable	Neutra	Fria
500-1.000	↕	↕	↕
1.000-2.000	Estimulante	Agradable	Neutra
2.000-3.000	↕	↕	↕
≥ 3.000	No natural	Estimulante	Agradable

Figura 52: aspecte d'una local en funció de la temperatura de color i de la il·luminància (font: "Guia técnica de iluminación eficiente" d'IDAE).

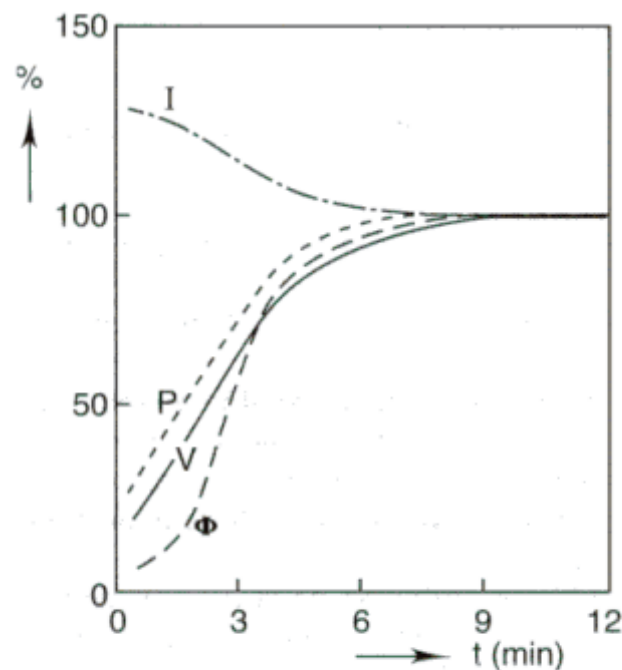
- **Control del feix**

Interessa, molt sovint, canviar les direccions del feix de llum que emet la làmpada nua. Per aconseguir això s'utilitza algun tipus de mecanisme (reflectors, difusors, refractors...) que interessa que no perdin llum. A més, és desitjable poder realitzar la corba de distribució senzilla a partir de la làmpada nua. En condicions normals és més senzill controlar un element emissor de petites dimensions. En zones on cal enfocar molt correctament el feix (enllumenat vial...) és important no perdre flux lluminós, perquè si això passa es consumeix més del que cal i hi ha contaminació lumínica.

- **Condicions de servei**

- **Equip auxiliar:** diferents aparells que necessiten les làmpades per funcionar.

- **Temps d'engegada:** pot ser determinant per algunes aplicacions. En làmpades de descàrrega ve determinat pel tipus d'equip auxiliar usat.



V Voltaje de la lámpara
I Intensidad de la lámpara
P Potencia de la lámpara
Φ Flujo luminoso

Lámpara de sodio alta presión, rendimiento de la lámpara durante el periodo de arranque.

Figura 53: corba d'encesca d'una làmpada de vapor de sodi a alta pressió (font: "Manual de luminotecnia" d'OSRAM).

- **Temps de reencesca:** és el temps mínim que necessita una làmpada per tornar a emetre llum en condicions normals després d'una encesca.

- **Posicionament:** defineix el marge de posició en la que la làmpada funciona correctament. Si no és lliure es dona la posició +/- una desviació en graus.

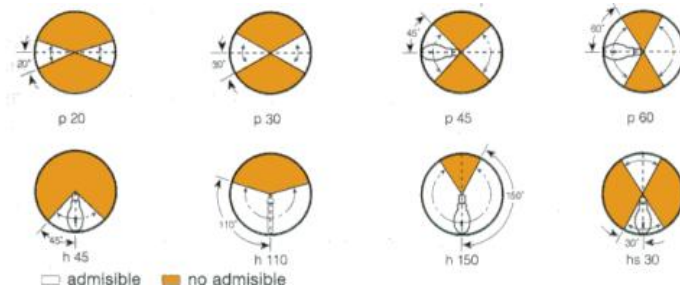


Figura 54: gràfics d'especificació del posicionament (font: "Manual de luminotecnica" d'OSRAM).

- **Característiques elèctriques**

- **Potència nominal:** és la potència activa consumida per la làmpada sense considerar el consum de l'equip auxiliar.

- **Tensió de funcionament:** és el marge de tensió dins del qual la làmpada pot funcionar.

- **Influència en el flux per variació de la tensió de xarxa:** com varia el flux emès davant a possibles desviacions de la tensió de funcionament respecte de la tensió nominal de la làmpada, és a dir, per la qual va ser dissenyada.

- **Influència en l'eficàcia per la variació de la tensió de xarxa:** variació de l'eficàcia energètica de la làmpada.

- **Influència en la vida útil per variació de la tensió de xarxa:** si no funciona a la tensió nominal, la làmpada pot deixar de funcionar més aviat.

- **Tipologies**

N'hi ha de varis tipus i són tractats més endavant.

3. Equips auxiliars

Les làmpades d'incandescència tenen una resistència i poden funcionar només connectant-les a la corrent. Altres si es connectessin directament es destruirien o no funcionarien perquè no treballen amb el mateix voltatge. Per tant, és necessari un equip auxiliar perquè aquestes làmpades funcionin correctament.

- **Elements components**

- **Arrencador, cebador o ignitor:** generen un impuls elèctric de curta duració i de tensió superior a la xarxa d'alimentació per iniciar el funcionament. Els paràmetres fonamentals són la **tensió de xoc** i l'**amplitud de l'impuls subministrat**. Des del punt de vista d'eficiència energètica suposen una pèrdua d'entre el 0,8-1,5% de la potència de la làmpada. N'hi ha de varis tipus en funció de la làmpada a utilitzar.

- **Balast:** element estabilitzador que limita el creixement de la intensitat de corrent. Se sol anomenar **reactància**, degut a que són molt utilitzades bobines enrotllades en nuclis magnètics. Hi ha altres tecnologies de construcció com balasts **resistius i electrònics**. La làmpada rep

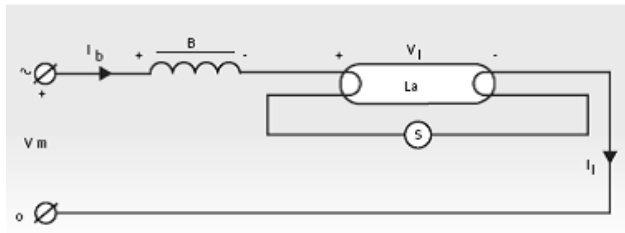


Figura 55: connexió d'un balast (font: "Guía técnica: Aprovechamiento de la luz natural en iluminación de edificios" d'IDAE).

l'energia del balast, que en determina el correcte funcionament (**tensió, freqüència, intensitat...**). Aquest element té un **consum energètic propi** que s'ha de sumar al de la font. Cal repetir que el balast és el que subministra l'electricitat a la làmpada, per això la forma en com la subministri en determinarà el funcionament.



Figura 56: balast electrònic (font: "Guía Técnica: Eficiencia Energética en Iluminación de Centros Docentes" d'IDAE).

Segons el tipus de balast hi pot haver una pèrdua major o menor de potència, o dit d'una altra manera, un increment de la potència consumida. La següent figura resumeix els balasts que poden anar a diferents làmpades i la pèrdua energètica d'aquests:

Según el tipo de lámpara los equipos pueden ser :			
- Lámpara tubular fluorescente T8, (d=26)	Electromagnético / Electrónico		
- Lámpara tubular fluorescente T5, (d=16)	Electrónico		
- Lámpara fluorescente compacta	Electromagnético / Electrónico		
- Lámpara vapor de mercurio	Electromagnético		
- Lámpara de halógenos metálicos	Electromagnético/ Electrónico		
- Incandescencia halógenas :	Electromagnético / Electrónico		
- Lámparas de inducción electromagnética	Electrónico		

Rango de pérdidas	Tipo de Balasto		
	Magnético estándar	Magnético bajas pérdidas	Electrónico
Tipo de Lámpara			
Fluorescencia	20-25 %	14-16 %	8-11 %
Descarga	14-20%	8-12 %	6-8 %
Halógenas baja tensión	15-20 %	10-12 %	5-7 %

Figura 57: taula resum de les diferents pèrdues dels balasts (font: "Guía Técnica: Eficiencia Energética en Iluminación de Centros Docentes" d'IDAE).

- **Condensador:** el funcionament del conjunt làmpada-balast consumeix energia reactiva que produeix un increment d'intensitat elèctrica consumida i un sobrecost. Els equips auxiliars solen incorporar un condensador que compensa el factor de potència del conjunt. S'ha de saber

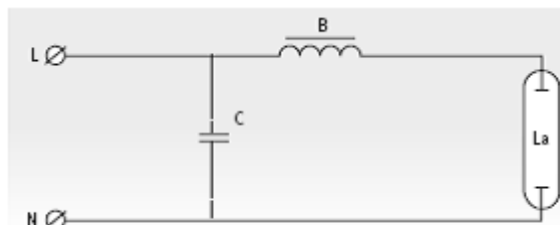


Figura 58: connexió d'un condensador (font: "Guía técnica: Aprovechamiento de la luz natural en iluminación de edificios" d'IDAE).

la **capacitat** del condensador per no tenir consums capacitius. Les pèrdues en aquest element suposen entre 0,5-1% de la potència de la làmpada.

- **Transformador:** determinades làmpades incandescents de cicle halogen s'alimenten a tensió inferior a la xarxa, 12 o 24 volts.

- **Tecnologies utilitzades**

- **Resistiva:** resistència com a balast. Té molt baixa eficiència energètica i està en desús.

- **Inductiva:** balast fet a partir de bobines enrotllades sobre nuclis de planxa magnètica. S'ha utilitzat molt en làmpades de descàrrega.

- **Electrònica:** realitza funcions de balast i/o de cebador. A més, solen eliminar en molts casos la necessitat de condensador. Es poden arribar a estalviar entre 25-30% de l'energia consumida i si a més s'aprofita la llum natural fins a un 70%.

- **Tipologia de làmpades i equips auxiliars**

No totes les làmpades utilitzen els mateixos equips auxiliars. En molts casos, els mateixos equips auxiliars poden funcionar amb làmpades de diferents fabricants, però n'hi ha que no. La **compatibilitat** (entre làmpada i equip auxiliar) ha de ser ben estudiada.

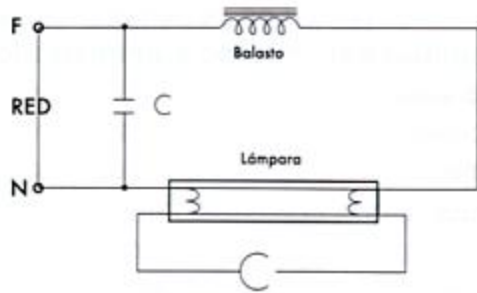


Figura 59: esquema de connexió per làmpades fluorescents amb balast inductiu per cebador i condensador (font: "Manual de luminotecnia" d'OSRAM).

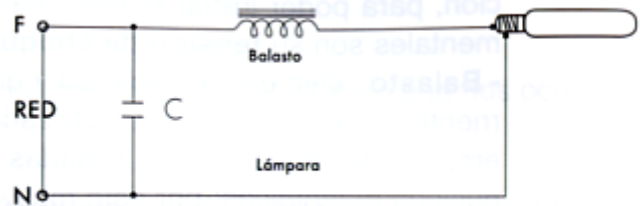


Figura 60: esquema de connexió per làmpades de Vapor de Mercuri (font: "Manual de luminotecnia" d'OSRAM).

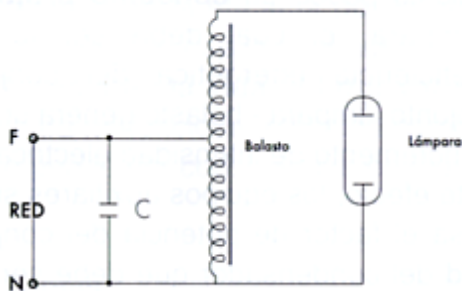


Figura 61: esquema de connexió per làmpades de Vapor de Sodi a Baixa Pressió amb autotransformador a depressió (font: "Manual de luminotecnia" d'OSRAM).

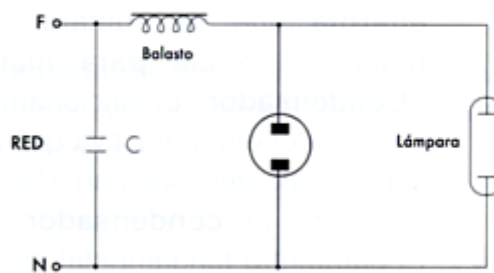


Figura 62: esquema de connexió per làmpades de Vapor de Sodi a Baixa Pressió amb impedància i arrencador electrònic (font: "Manual de luminotecnia" d'OSRAM).

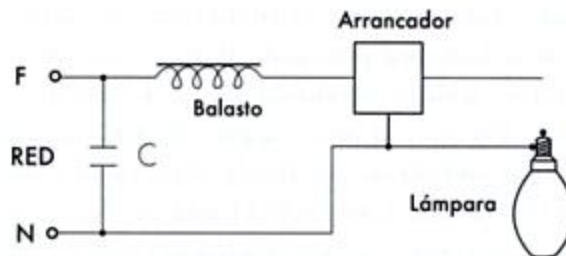


Figura 63: esquema de connexió per làmpades de Vapor de Sodi a Baixa Pressió (font: "Manual de luminotecnia" d'OSRAM).

- **Regulació de funcionament**

Pot ser interessant, per motius estètics o d'estalvi energètic, regular el flux lluminós d'una làmpada. Poden ser equips auxiliars adequats com ara de regulació bipotencial (addicionant inductància suplementària) o variant la freqüència subministrada, mitjançant un circuit de balast electrònic.

Val a dir que no totes les fonts de llum són regulables i les que ho són no es manipulen de la mateixa manera. Les làmpades incandescents són regulables de l'1 al 100% amb "Dimmers", igual que les halògenes d'alimentació a 230 V de corrent altern i les que funcionen a molt baixa tensió, tot i que aquestes necessiten transformadors regulables. Les làmpades fluorescents T5 i T8 ho són de l'1-3% al 100% mitjançant balasts electrònics regulables igual que les làmpades fluorescents compactes no integrades. Actualment, les làmpades de descàrrega a alta intensitat són regulables des d'un 35 al 100% del flux lluminós, fet que implica d'un 40 al 100% de la potència elèctrica consumida.

Tot seguit s'exposen diferents equips de control que són capaços de modificar l'aportació de llum artificial en funció de la llum natural.

Entre els diferents equips de control que s'utilitzen en diferents tipus de làmpades (fent especial incís a les làmpades de descàrrega) es pot destacar els següents:

- Balasts.
- Sistemes de regulació de fase o "dimmers".

- Balasts:

N'hi ha que són especialment recomanables per tal de regular la llum interior en resposta a la llum exterior, ja que un balast serveix bàsicament per estabilitzar la corrent de pas a l'interior de la làmpada. Mitjançant una modulació de la freqüència de 20 a 100 kHz es pot controlar la potència d'una làmpada fluorescent. Els següents tipus, breument resumits, consten de dos conductors.

- **Balasts regulables analògics de 1-10 volts:** regulen linealment la potència d'un tub fluorescent mitjançant una correspondència directa: 1 V = min % de potència, 10 V = 100% de potència. És econòmic i molt utilitzat, però no pot baixar del 3%, a més necessita un relé de tall i s'ha de poder controlar la tensió de subministrament de la xarxa per encendre i apagar aquest element.
- **Balasts DSI:** són de tipus digital mitjançant un protocol DSI. Tots els balasts connectats a aquest tipus de línia reaccionen a la vegada. Al ser digital, la senyal

de control no té ni deteriorament ni pèrdua. La evolució de la regulació és molt més suau ja que hi ha definits 255 salts. Tenen una capacitat de regulació lineal de l'1-3% fins al 100%. Òbviament, el seu cost és major que l'anterior.

- **Balasts DALI:** també són digitals, però a més són direccionables. El protocol DALI permet governar fins 64 balasts per cada unitat de control i memoritzar fins a 16 escenes en el propi balast. Per tant, un controlador DALI ha de ser capaç de dirigir-se a cadascun dels balasts que té connectat a la seva sortida DALI i en conseqüència es pot controlar cada punt de llum. A més, són de tipus bidireccional, per tant es pot tenir informació de l'estat de cada balast. És més car que els anteriors però més flexible, més ràpid en la resposta i permet saber informació del balast.

- "Dimmers":

Són dispositius electrònics que permeten modular la potència entregada a la càrrega tallant l'ona sinusoidal de la corrent alterna en un punt variable. Poden tallar la ona en la part ascendent (transformadors electrònics per càrregues capacitives) o en la part descendent (transformadors convencionals per càrregues inductives). D'aquesta manera es disminueix el voltatge allargant la vida de les làmpades i consumint menys. Tots aquests són utilitzats per incandescència a 230 V de c.a. La senyal de control que s'entrega al "Dimmer" pot ser una tensió de 1-10 V o un valor digital. Alguns "Dimmer" poden ser controlats per protocols especials. Tot seguit s'explicarà l'exemple de la il·luminació d'escenaris mitjançant el protocol DMX 512.

- *DMX 512:* és un protocol de comunicacions digital (8 bits) utilitzat per la il·luminació d'escenaris però mai en pirotècnia perquè tot i ser simple no és prou fiable, encara que té una elevada immunitat als disturbis elèctrics o electromagnètics comuns gràcies a amplificadors digitals. Tot i aquesta immunitat, quan més lluny dels cables d'electricitat millor. El DMX (Digital Multiple X) va ser creat a l'any 1986 per USITT (institut americà de tecnologies teatrals). Està basat en l'estàndard RS-485 i pot arribar a uns 500 metres amb una velocitat de comunicació de 250 kbaud.

La informació es transmet de forma unidireccional (del controlador als aparells, sense feedback) per un cable XLR a 5 pins. Normalment només se n'utilitzen el 1r per la senyal de referència (revestiment del cable), el 2n per la senyal invertida (pol -) i el 3r per la senyal (pol +).

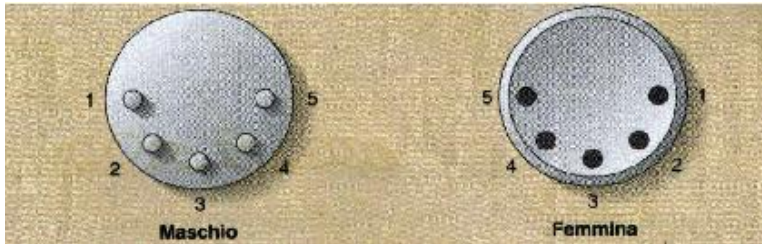
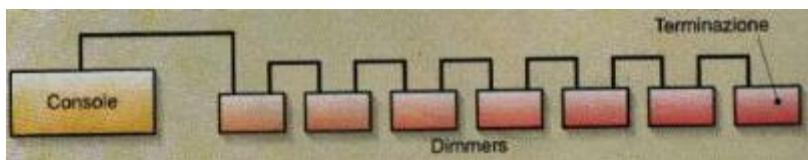


Figura 1: pins (www.lighteducation.com).

Cada DMX 512 té un límit de 512 canals i regulació de 0 a 255 valors. Cadascun d'aquest canals poden governar un paràmetre d'un element. Per exemple, en una discoteca, DMX1 per la intensitat lluminosa, DMX2 per l'efecte estroboscòpic, DMX3 per la roda de colors...

Tots els aparells amb suport DMX tenen connectors DMX d'entrada i sortida. Així doncs, la sortida del 1r aparell es connecta amb l'entrada del 2n amb un cable DMX. Al final s'ha de posar una terminació amb una resistència 2n i 3r pin de l'últim connector femella disponible.

Figura :terminació (www.lighteducation.com).



Ja es configura la direcció en funció del canal utilitzat i a cada controlador hi ha un "territori de treball" o "patch" en el qual hi ha els aparells d'enllaç degudament configurats amb les seves direccions DMX.

Si es vol efectuar una comunicació de tipus Y s'ha de fer servir un *splitter*, que amplifica i recondiciona la senyal per tal de poder transmetre-la més lluny.

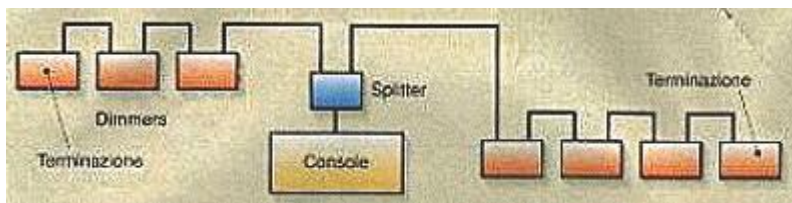


Figura: splitter (www.lighteducation.com).

Si només es vol amplificar i condicionar la senyal per un allargament de distància sense connexió tipus Y es pot utilitzar un *buffer*, que té una entrada i una sortida.

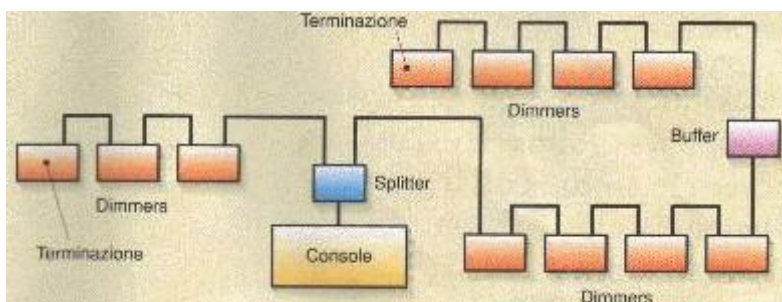


Figura: buffer (www.lighteducation.com).

Un cop triada la tecnologia de regulació (1-10 V, DSI o DALI) s'han d'unir tots els elements implicats, des del controlador a la làmpada mitjançant un suport físic. El control triat ens determina la tipologia de cablejat, el tipus de bus o línia de transmissió, la velocitat de comunicació, la possibilitat d'utilitzar diferents suports físics i, en definitiva, definirà el potencial del propi sistema de gestió. Hi ha un seguit de terminologia que s'hauria de definir per tal d'entendre millor tots aquests conceptes:

- **Protocol:** conjunt de procediments utilitzats per a controlar l'intercanvi ordenar d'informació entre dispositius connectats a una xarxa de comunicacions. En la gestió d'edificis, els més comuns són: LonWorks, DMX, EIB, Ethernet, KNX, CAN i els anomenats protocols tancats.

- **Topologia:** es refereix en la forma en que el bus de comunicacions pot estar cablejat. Normalment: estrella, arbre, sèrie. Un bus amb tipologia lliure és aquell que permet totes les tipologies i qualsevol combinació entre elles.

- **Suport físic:** un protocol pot circular sobre cable elèctric (bus de comunicacions), sobre cable de xarxa elèctrica mitjançant corrents portadores (power line), per radiofreqüència, fibra òptica, etc.

- **Jerarquia:** es disposa d'un controlador mestre, el qual gestiona una sèrie de controladors esclaus i les comunicacions entre els mateixos. L'avantatge rau en que és molt econòmic però si deixa de funcionar el mestre tot el sistema es para.

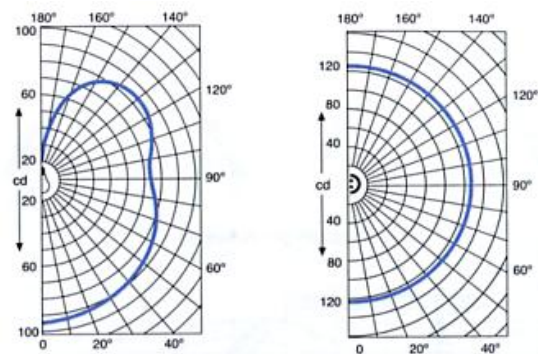
- **Bus de comunicacions:** fa referència al cable elèctric sobre el qual es transporta el protocol. Pot ser bifilar i tenir o no polaritat, i n'hi ha també que subministren la tensió amb un parell de cables addicionals. Existeixen línies de transmissió o busos que necessiten més de dos cables i alguns que no funcionen sense cable apantallat.

- **Bus peer-to-peer:** significa par a par i vol dir que tots els controladors del bus tenen el mateix nivell de capacitat de software i quer comuniquen directament entre ells sense necessitat d'un mestre de comunicacions. L'avantatge està en que no depèn del mestre i per tant és més robust tot i ser més car.

4. Lluminàries

El flux lluminós emès per una font de llum, es distribueix en l'espai en direccions i intensitats que depenen de les seves característiques constructives:

Figura 64: corbes fotomètriques d'una làmpada incandescent (esquerra) i d'una fluorescent (dreta) (font: "Manual de luminotecnia" d'OSRAM).



Les fonts poden emetre llum on no cal o on direccions que puguin provocar enlluernaments a l'observador. La **lluminària** adapta la distribució lumínica original a les necessitats de l'aplicació. Per exemple el "flexo" d'un escriptori:

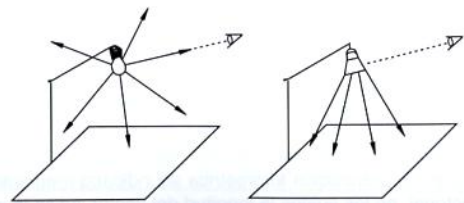


Figura 65: esquema d'un "flexo" (font: "Manual de luminotecnia" d'OSRAM).

- **Característiques fotomètriques**

S'utilitzen diferents propietats físiques de la llum per distribuir-la adequadament:

- **Reflexió:** mitjançant miralls anteriors ("lames") o posteriors (reflectors).

- **Refracció:** mitjançant tancaments transparents d'estructura prismàtica es varia la direccionalitat de la llum.

- **Absorció:** s'utilitzen substàncies translúcides que atenuen i difonen la llum o opaques que impedeixen la seva emissió en determinats punts.

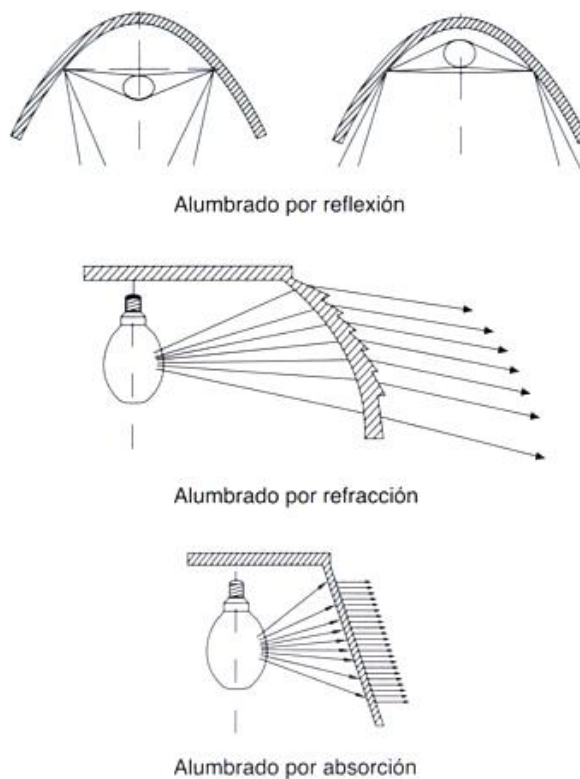


Figura 66: propietats físiques (font: "Manual de luminotecnia" d'OSRAM).

Les característiques referides a l'emissió lumínica són les següents:

- **Distribució fotomètrica:** indica la intensitat emesa en cada una de les direccions de l'espai. Als inicis, s'indicava amb **gràfics** on un conjunt de vectors amb longitud proporcional a la intensitat emesa en una direcció determinava la distribució. Actualment, és habitual trobar les **matrius d'intensitats**, taula on s'indica a la intersecció de coordenades geomètriques, la intensitat emesa en una direcció. Aquesta última resulta molt útil per càlculs amb ordinador, però el gràfic és molt utilitzat en catàlegs perquè és molt senzill i ràpid de veure com es distribueix el flux lluminós.

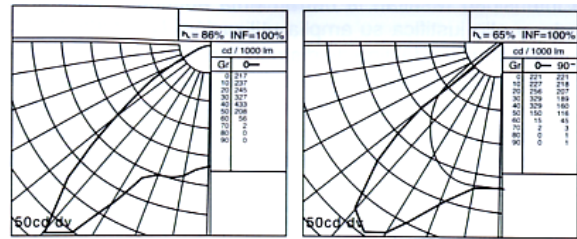


Figura 67: gràfic (font: "Manual de luminotecnia" d'OSRAM).

Y \ C	270	285	300	310	320	330	340	350	0	10	20	30	40	50	60	75	90
0	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139
10	138	141	148	154	161	169	175	181	187	197	208	219	222	227	232	233	234
20	96	102	109	115	128	139	150	162	175	190	203	214	224	231	238	238	236
30	102	102	105	107	108	110	114	121	132	154	175	199	216	221	220	224	228
35	102	103	107	110	115	116	113	119	132	153	170	186	199	202	205	211	213
40	102	101	104	109	111	112	115	127	148	175	187	189	183	180	181	182	203
45	79	85	93	95	100	106	110	132	170	208	224	211	179	158	156	167	171
47.5	68	73	85	85	92	96	105	134	180	226	242	227	180	149	145	153	153
50	57	60	72	74	80	85	98	135	191	244	268	243	160	146	133	137	136
52.5	44	45	57	62	68	75	90	126	184	244	283	258	188	145	122	122	125
55	32	36	44	50	56	64	78	116	177	239	280	264	204	147	113	114	114
57.5	19	26	32	38	45	52	66	106	170	235	278	257	207	147	110	107	103
60	6	17	22	28	35	42	54	95	163	231	275	249	193	144	107	101	91
62.5	5	9	15	21	27	32	43	80	142	210	262	241	183	137	103	97	86
65	4	6	11	15	18	24	34	64	122	185	252	219	172	123	100	93	85
67.5	3	5	9	11	13	19	25	49	102	161	232	190	154	109	95	89	82
70	2	4	7	8	10	14	17	35	81	136	172	161	120	97	84	86	79
72.5	2	3	6	6	8	9	12	28	66	111	140	134	105	78	71	79	74
75	2	2	5	5	6	7	10	22	50	85	109	105	83	59	58	70	69
77.5	2	2	4	4	5	6	8	16	34	60	78	77	60	43	43	58	54
80	2	2	4	4	5	6	7	11	18	34	46	49	39	31	29	44	40
82.5	2	2	3	4	4	4	6	9	17	29	32	31	20	19	21	30	50
85	2	2	2	4	4	4	5	8	16	25	24	23	15	13	12	18	42
87.5	2	2	2	3	4	4	5	7	15	20	16	14	11	9	9	9	33
90	2	2	2	2	4	4	4	6	14	16	8	6	5	6	6	6	6

Figura 68: matriu d'intensitats (font: "Manual de luminotecnia" d'OSRAM).

Les distribucions fotomètriques es poden classificar tenint en compte l'aplicació que han de tenir les lluminàries:

Tipo de distribución	Aplicación
Difusa	Iluminación general y decorativa
Extensiva	Iluminación general
Intensiva	Iluminación general para grandes alturas
Asimétrica	Iluminación perimetral y pizarras
Intensiva orientable	Iluminación de acento y decorativa

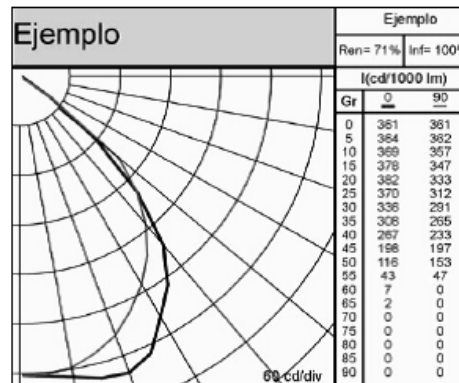


Figura 69 i 70: a dalt, aplicacions per a diferents tipus de distribucions; a la dreta, un altre exemple de gràfic de fabricants (font: "Guía Técnica: Eficiencia Energética en Iluminación de Centros Docentes" d'IDAE).

- **Rendiment de la lluminària:** degut als fenòmens físics anteriors els flux final emès sempre és inferior que l'inicial de la làmpada. Aquest rendiment no té en compte el deteriorament de la instal·lació, embrutiment amb el temps...

$$\text{Rendiment} = \frac{\text{Flux emès per la lluminària}}{\text{Flux emès per la làmpada}}$$

- **Factor d'utilització:** normalment el flux emès per la lluminària no es projecte només a l'àrea del treball a realitzar, sinó que avarca més espai. Aquest depèn de molts factors com coeficients de reflexió...

$$\text{Factor d'utilització} = \frac{\text{Flux en l'àrea de treball}}{\text{Flux emès per la lluminària o làmpada}}$$

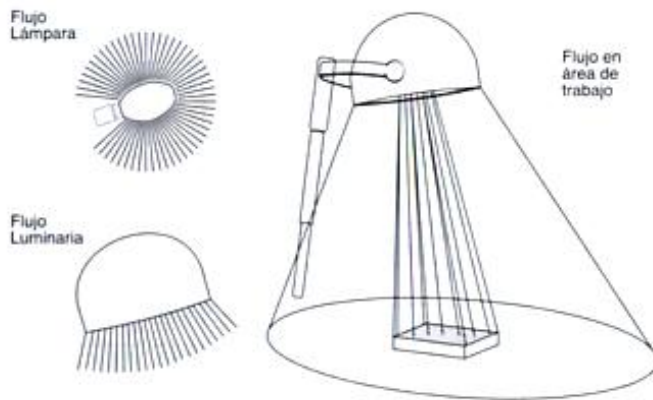


Figura 71: factor d'utilització (font: "Manual de luminotecnia" d'OSRAM).

- **Factor de conservació:** considera les pèrdues de flux lluminós degut a la depreciació de la làmpada, embrutiment... Fent ús d'un manteniment adequat es pot aconseguir, sobretot netejant les lluminàries i làmpades, que el flux no decaigui tant acusadament amb el temps.

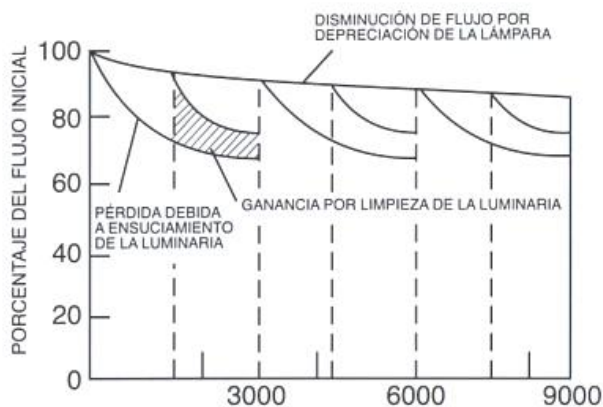


Figura 72: increment del flux lluminós en funció de les hores d'utilització (eix abscesses) (font: "Manual de luminotecnia" d'OSRAM).

ILUMINANCIA RECOMENDADA BASADA SOBRE	FLUJO LUMINOSO DE LA LÁMPARA EMPLEADA	FACTOR DE DEPRECIACIÓN DEL FLUJO DE LA LÁMPARA	CATEGORÍA DEL LOCAL	FACTOR DEPREC. LUMINARIA Y SUPERFICIES DEL LOCAL	FACTOR TOTAL DE PERDIDA DE LUZ
Valor mínimo de iluminancia	Valor inicial nominal (100 h.)	0,8	Limpio	0,85	0,7
	Valor al final de la vida (70% vida prevista)		Normal	0,75	0,6
			Sucio	0,6	0,5
			Limpio	0,85	0,85
			Normal	0,75	0,75
Valor en servicio de iluminancia	Valor inicial nominal (100 h.)	1	Sucio	0,6	0,6
	Flujo nominal para el proyecto (2000 h)		Limpio	0,9	0,8
			Normal	0,75	0,75
			Sucio	0,6	0,6
			Limpio	0,9	0,9

Figura 73: factors de manteniment que es poden tenir en compte quan s'ha de dimensionar instal·lacions d'il·luminació interiors (font: "Guía técnica de Eficiencia Energética en Iluminación de Centros Docentes" d'IDAE).

- **Tipologia de lluminàries**

És molt difícil classificar-les perquè és un camp molt extens i depèn molt de la finalitat, però per exemple en funció de l'aplicació:

Figura 74: tipus de lluminàries (font: "Manual de luminotecnica" d'OSRAM).

CAMPO	APLICACIÓN
Alumbrado interior	Industrial Oficinas Comercial Servicios Doméstica
Alumbrado exterior	Vial Ambiental Proyección

També es poden classificar en funció del grau de protecció a la penetració de cossos sòlids i líquids.

Una altra classificació seria segons la distribució de la seva component directa, que quedaria resumida a la següent figura:

Clase de luminaria	Relación espacio-altura
Muy concentradora	< 0,5
Concentradora	0,5 a 0,7
Dispersión media	0,7 a 1,0
Dispersión normal	1,0 a 1,5
Gran dispersión	> 1,5

Figura 75: classificació en funció de la component directa (font: "Guía técnica: Aprovechamiento de la luz natural en iluminación de edificios" d'IDAE).

Actualment es classifiquen en funció de l'índex UGR d'enlluernament (explicat a l'annex de normativa).

Finalment també es poden classificar en funció de si van adossades, suspeses, empotrades, tipus projector...

- **Classificació fotomètrica segons la CIE**

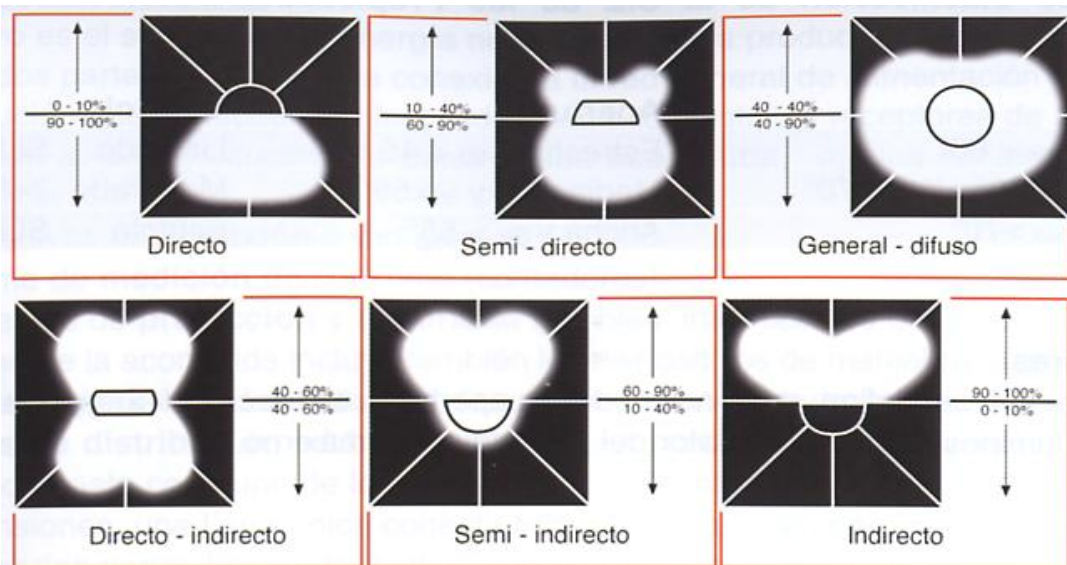
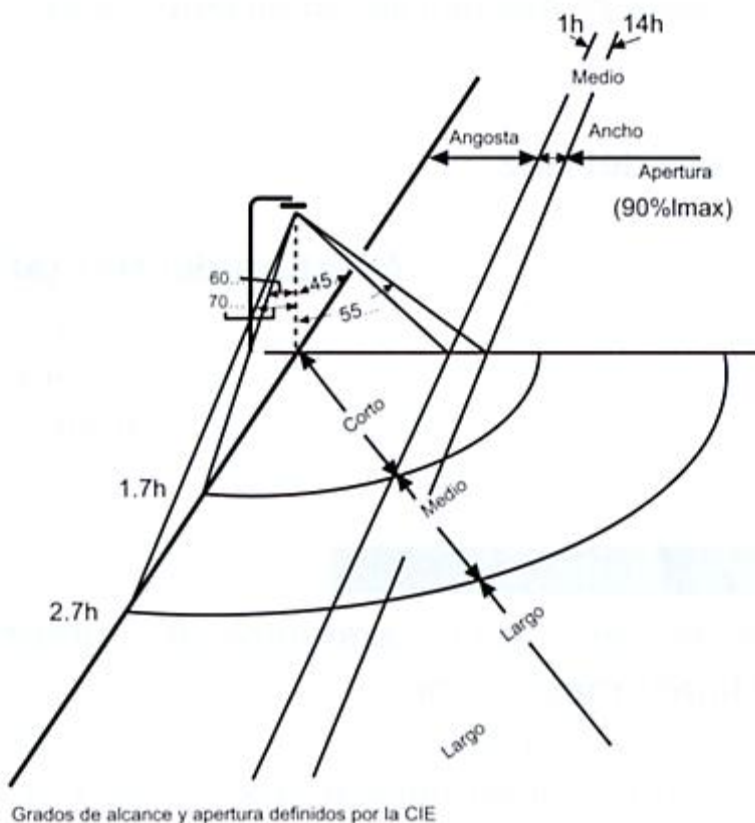


Figura 76: classificació de lluminàries segons la fracció de flux lluminós que va cap amunt o cap avall respecte del pla horitzontal (font: "Manual de luminotecnica" d'OSRAM).

- **Lluminàries per a l'enllumenat vial**

Es defineix aquestes característiques:

- **Abast:** extensió de distribució fotomètrica en sentit longitudinal a la via.
- **Obertura:** extensió de distribució fotomètrica en sentit transversal a la via.
- **Control:** grau de limitació de l'enlluernament.



Alcance	Apertura	Control
Corta $Y_{\max} < 60^\circ$	Estrecha $y_{90} < 45$	Limitado SLI < 2
Intermedio $60^\circ < Y_{\max} < 70^\circ$	Media $45^\circ < y_{90} < 55^\circ$	Moderado $2 < \text{SLI} < 4$
Larga $Y_{\max} > 70^\circ$	Ancha $y_{90} > 55^\circ$	Estricto SLI > 4

Figura 77 i 78: obertura i abast d'una lluminària d'enllumenat públic (font: "Manual de luminotecnica" d'OSRAM).

- **Projectors**

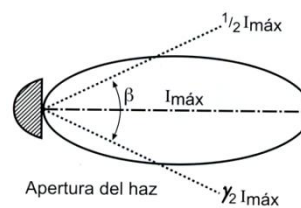
Es classifiquen en funció de l'obertura, és a dir, l'angle en el qual la intensitat lluminosa arriba al 50% del seu valor màxim.

Feix estret si obertura $< 20^\circ$

Feix mitjà si obertura de 20° a 40°

Feix ample si obertura $> 40^\circ$

Figura 79: obertura del feix en projectors (font: "Manual de luminotecnica" d'OSRAM).



5. Instal·lacions

Els **sistemes d'enllumenat** necessiten d'un seguit d'instal·lacions per funcionar.

- **Instal·lacions elèctriques**

Es necessita energia elèctrica per produir llum. Tenen dos parts: **la connexió a la xarxa general** (escomesa) d'alimentació i les **línies de distribució** que condueixen l'electricitat fins als diferents receptors d'enllumenat.

L'escomesa té dispositius de **connexió** a la xarxa general, sistema de **mesura de consums** (comptadors) i elements de **protecció i seguretat** (fusibles, interruptors diferencials, etc.). Pot tenir altres dispositius especials (reductors de flux...).

Les línies de distribució són els conductors que porten l'electricitat fins als diferents punts de llum. Normalment són freqüents diverses línies de distribució per diferents sectors.

- **Instal·lacions mecàniques i constructives**

Són necessaris per a la fixació de les lluminàries i el cablejat. Poden ser des de columnes de suport fins a falsos sostres...

- **Elements de maniobra i control**

Desconnecten i connecten la instal·lació.

- **Interruptors manuals:** necessiten la presència d'un operador en els moments de connexió i desconnexió. Com a norma general per una aula, n'hi ha d'haver com a mínim l'arrel quadrada del nombre de lluminàries instal·lades.

- **Interruptors a distància:** mitjançant raigs infrarojos, ones de radio o altres. Com a extensió del control remot per infraroigs, hi ha el que s'anomena **ajust d'escenes**; molt utilitzat per a conferències on cada moment necessita unes necessitats lumíniques diferents.

- **Interruptors de presència:** s'activen automàticament al detectar l'ocupació d'una zona. El sensor respon al moviment de la calor corporal (infraroig) dins d'una zona determinada. Incorporen un temps de retard, per tal de no desconnectar-se automàticament si una persona està quieta. Deixant de banda el d'infraroig, n'hi ha també d'acústics per ultrasons i per microones, i híbrids d'aquests dos últims.

- **Temporitzadors:** mantenen el servei de la instal·lació durant un període de temps determinat. Poden ser accionats manualment, amb interruptors de presència...

- **Relloige:** transmet ordres de maniobra a hores predeterminades. Poden variar en funció del cicle astronòmic, els dies de la setmana...

- **Programadors electrònics:** similars funcionalment als rellotges.

- **Cèl·lules fotoelèctriques:** generen les ordres de maniobra en funció de la lluminositat ambiental. S'utilitzen per aprofitar l'aportació de llum natural provinent de l'exterior. S'utilitza una fotocèl·lula que, instal·lada al sostre o a la lluminària, mesura la llum natural + artificial que existeix a l'interior del local. Aquesta mesura es transmet al sistema de control que actua sobre la lluminària per tal de regular el flux lluminós. És possible programar les lluminàries perquè s'apaguin si la llum diürna és superior a un determinat nivell d'il·luminància durant un temps preestablert.

Aquests tipus de sistemes de regulació poden ser tot/res o progressius. L'alternativa millor és utilitzar lluminàries amb balasts electrònics d'alta freqüència regulables, que controlats amb una fotocèl·lula, fa variar l'aportació de flux lluminós en funció de la llum natural incident.

El que també es pot realitzar és mantenir el nivell d'il·luminància constant durant tota la vida útil de les làmpades ja que al principi sempre emeten més llum que pel que han estat dissenyades. Si inicialment es redueix el seu flux lluminós i per tant, el seu consum, es pot estalviar energia i diners. A més, a mesura que la instal·lació envellaix es pot augmentar progressivament el flux lluminós donant més alimentació fins arribar al màxim.

- **Registradors horaris:** per calcular els costos energètics i per saber quan s'han de canviar les làmpades aquests elements compten les hores de funcionament.

Molts d'aquests elements de maniobra i control, i els següents elements, es poden agrupar en **sistemes de gestió centralitzada** per millorar les instal·lacions i estalviar energia.

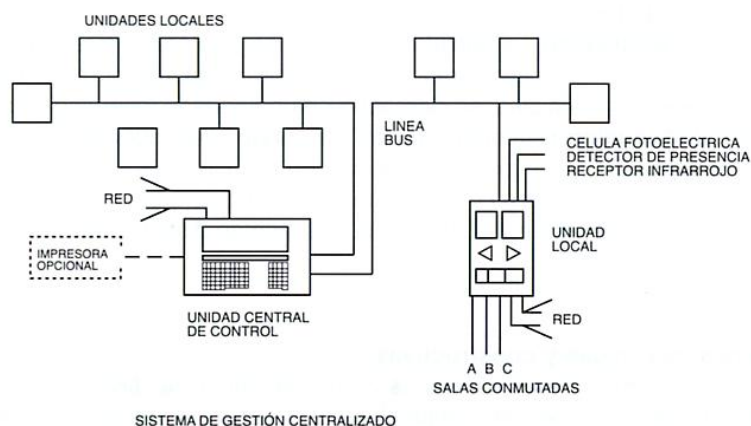


Figura 80: esquema de gestió centralitzada (font: "Manual de luminotecnia" d'OSRAM).

- **Detectors de necessitat d'il·luminació:** consten de cèl·lules fotoelèctriques, detectors de presència, programadors horaris... La informació captada per aquestes és transmesa a la:

- **Unitat central de regulació:** està composta per un ordinador o un autòmat programable, aquests analitzen la informació i la tradueixen a ordres de maniobra i regulació.

- **Accionadors i reguladors:** les ordres provinents de la unitat central són transmeses a la instal·lació de forma codificada per anar als elements receptors adequats (quadres, punts de llum individual...).

Per tal de millorar aquests elements s'agrupen molt sovint circuits d'enllumenat i així resulta més senzill el seu control des d'un punt. Poden haver-hi també enllaços de lluminàries perquè, per exemple, quan es tanca el llum d'una aula, al cap d'uns minuts es tanquin les dels passadissos.

- **Registres de funcionament:** a més, el sistema pot tenir sensors de funcionament que captin, en un moment donat, l'estat d'aquest per tal de assegurar l'actuació de la maniobra, detectar averies, registrar horaris i característiques de funcionament...

Tipus actuals de làmpades elèctriques

1. Introducció

En aquesta part es descriuen les làmpades més usades actualment, alimentades per energia elèctrica. N'hi ha de molts tipus, i depenent de l'aplicació són idònies unes o altres.

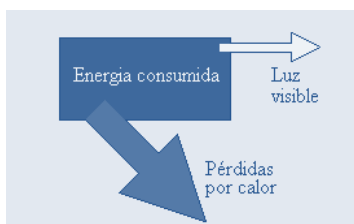
Làmpades incandescents

2. Làmpades d'incandescència

Van ser patentades per Edison a l'any 1879. Són molt usades en l'àmbit domèstic perquè són barates, versàtils i de simple ús.

- **Funcionament i construcció**

Fent passar corrent elèctric a través d'un filament de wolframi (o aleacions), situat dins d'una atmosfera amb un gas inert (per evitar combustió), es porta fins a incandescència aquest filament, que radia energia. Una part d'aquesta energia és en forma de llum visible, però molta part es transforma en calor, per això són d'eficàcies relativament baixes. Aproximadament el 95% de l'energia es converteix en calor. Quan s'ha evaporat tot el wolframi, el filament es



Figures 82 i 83: rendiment d'una làmpada incandescent, a dalt i conseqüències d'un canvi de tensió a una làmpada d'incandescència, a la dreta (font: www.edison.upc.edu).

fon.

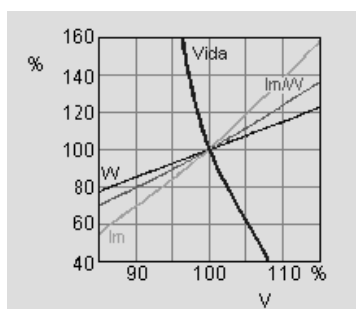


Figura 81: làmpada d'incandescència estàndard (font: "Guía técnica de iluminación eficiente" d'IDAE).

El filament és una resistència elèctrica pura:

$$P = \frac{U^2}{R}$$

essent P: potència que radia la làmpada

U: voltatge elèctric que li arriba

R: resistència del filament

N'hi ha de potències de 25, 40, 60, 75, 100, 150, 200, 300, 500, 1000, 1500 W.

- **Tipologies**

Es classifiquen en funció del seu ús:

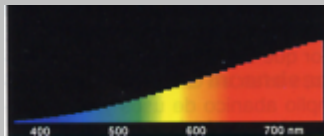
- Làmpades per a l'enllumenat domèstic.
- Làmpades per a l'enllumenat decoratiu.
- Làmpades per a vehicles.
- Làmpades miniatura.
- Làmpades per a ús industrial.
- Làmpades per a l'enllumenat de grans àrees.
- Làmpades per aplicacions especials.

Dins de les làmpades d'incandescència es troben les **estàndard** i les **halògenes**. Aquestes últimes es tracten com una família independent degut a al seva importància. Dins de les estàndard, n'hi **sense reflector** incorporat i amb **reflector**.

Figures 84 i 85: a dalt, làmpada incandescent sense reflector; a baix, amb reflector (font: "Manual de luminotecnica" d'OSRAM).



- **Característiques fonamentals**

<u>Eficàcia mitja</u>	Entre 6 i 22 lm/W.
<u>Vida mitja</u>	1000 hores.
<u>Vida útil orientativa</u>	1000 hores.
<u>Color</u>	
To	Blanc Càlid.
Ra	100 (espectre continu). <i>Figura 86: espectre d'una làmpada incandescent (font: "Manual de luminotecnica" d'OSRAM).</i>
	
Temperatura de color	de 2700 K (n'hi ha entre 2600 i 3400 K)
<u>Control del feix</u>	És senzill perquè el filament és molt petit en ampolles transparents. En ampolles difusores és més complicat degut a

que tota la superfície es comporta com a “emissor”.

Condicions de servei

Equip auxiliar No en necessita.

Temps d’encesa Immediat.

Temps de reencesa Immediat.

Posicionament No té cap problema especial.

Característiques elèctriques Lleis de Ohm (corrent) i Joule (escalfor) perquè és una resistència elèctrica.

$$I = \frac{V}{R} \quad P = RI^2$$

La potència inicial de la làmpada no ha d’excedir el 104% del valor nominal marcat sobre aquesta, més 0,5 W.

Variació Les partícules que es desprenen del procés d’incandescència s’adhereixen a l’ampolla ennegrint-la.

Aplicacions habituals És d’àmplia aplicació

Taula de Consultar fabricants (OSRAM, Phillips...).

característiques

lumíniques

3. Làmpades d'incandescència halògenes

Representen una millora en la vida i la eficàcia de les làmpades incandescentes, encara són més cares i més delicades. S'evita que s'ennegreixin les ampolles degut al wolframi evaporat. Són de mida reduïda i permeten una concentració del feix òptima pel disseny i la decoració.

- **Funcionament i construcció**



Figura 87: focus amb làmpada d'incandescència halògena (font: "Guía técnica de iluminación eficiente" d'IDAE).

El wolframi evaporat és captat per un element halogen adherit a l'interior formant molècules d'halogenur de wolframi. Degut a corrents convectius les molècules s'apropen al filament i es dissocien tornant el wolframi a sobre aquest.

L'halogen queda lliure regenerant el cicle. Tot i així, al final el wolframi es fon perquè el dipòsit d'aquest a sobre el filament no és uniforme. S'estima entre 2000 i 4000 hores de funcionament.

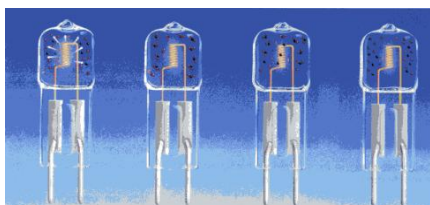


Figura 88: cicle halogen (font: "Manual de luminotecnia" d'OSRAM).

Els gasos halògens són el **fluor, clor, brom i iode** del grup VII de la taula periòdica. És òptim la combinació de tres elements.

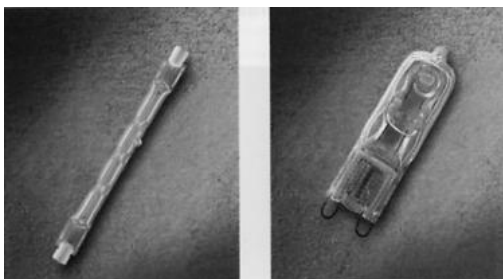
La temperatura de funcionament sol ser d'uns 600°C a l'interior de l'ampolla, ja que per tal de tenir els elements en estat gasós es necessita com a mínim 260°C. Per aquest motiu es fan les ampolles més petites i de quars (més resistent). Si hi ha grasses sobre l'ampolla de quars, les altes temperatures la desvitricarien, per tant s'ha d'evitar tocar amb els dits directament. A més, no es poden adherir compostos químics que reaccionin amb els halògens.

- **Tipologies**

Hi ha quatre grans grups:

a) **Per tensió nominal de xarxa:** en general de tipus tubular de doble connexió i funcionament horitzontal. També n'hi ha de casquet únic amb ampolla simple o doble embolcall. N' hi ha de 25 a 2000 W utilitzades bàsicament en projectors exteriors i

enllumenat decoratiu. Gràcies a la tecnologia **IRC** (infra-red-coating) s'aconsegueix estalviar el 25% d'energia degut a que una capa especial a l'ampolla impedeix que l'escalfor del filament se'n vagi a l'exterior consumint menys energia de xarxa per mantenir la temperatura. Recentment s'han fabricat les làmpades tubulars de dos casquets amb IRC per 250 i 400 W.



Figures 89 i 90: a l'esquerra, làmpada halògena de doble casquet per a tensió de xarxa; a la dreta, de casquet simple (font: "Manual de luminotècnia" d'OSRAM).

b) De baixa tensió: degut a la petitesa d'aquestes làmpades, s'han desenvolupat alguns models que aprofiten les petites dimensions per concentrar el feix de llum que treballen a 6, 12 o 24 V i que, per tant, necessiten un transformador. Hi ha una família molt destacable que és el **reflector de llum freda** (o reflector dicroic). S'afegeix un



reflector que permet tractar de forma diferent les radiacions infraroges que les visibles. Es reflexa la llum i es transmet 2/3 de la calor donant lloc a un feix fred. Si a aquesta tècnica s'afegeix la tecnologia IRC es pot arribar a 4000 hores de vida i un estalvi del 50% d'energia.

Figura 91: làmpada dicroica (font: "Manual de luminotècnia" d'OSRAM).

c) D'aplicacions especials: vehicles, medicina, lots, bicicletes...

d) Il·luminació espectacular: fins a 20 kW i 580000 lm. Una reproducció cromàtica total, bon control del feix i regulació del flux lluminós amb "Dimmers" les fa indicades per aquesta aplicació.

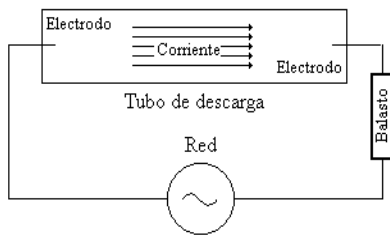
Deixant de banda aquests grups, n'hi ha que estan fetes amb pressió a l'interior de l'ampolla **baixa** (fins 2,5 bar) que permeten un flux lluminós constant durant la vida, reducció de morts prematures i menors pèrdues de potència degut al gas que l'omple. També n'hi ha d'**alta** (fins 25 bar) que permet generar corrents convectives fortes.

Per altra banda, també hi ha làmpades amb filtre de protecció de radiacions ultraviolades UV-C i UV-B fetes de quars tractat.

- **Característiques fonamentals**

<u>Eficàcia mitja</u>	Entre 10 i 29 lm/W.
<u>Vida mitja</u>	2000 hores.
<u>Vida útil orientativa</u>	2000 hores.
<u>Color</u>	
To	Blanc càlid.
Ra	100
Temperatura de color	Al voltant de 3000 K.
<u>Control del feix</u>	Com les incandescents estàndard, però com que es redueix el bulb encara són més senzilles de direccionar.
<u>Condicions de servei</u>	
Equip auxiliar	Si funcionen a tensió inferior necessiten transformador.
Temps d'encesa	Immediat.
Temps de reencesa	Immediat.
Posicionament	En qualsevol posició excepte les de dos casquets des de 700 fins 2000 W.
<u>Característiques elèctriques</u>	La potència inicial individual de cada làmpada no ha d'excedir del 108% de la nominal, excepte aquells casos en els que s'especifiqui el 112%.
<u>Variació</u>	Els gasos halògens eviten l'ennegrimment de l'ampolla però no que es deteriori ja que el retorn del wolframi és aleatori, deformant progressivament el filament i destruint-lo al final.
<u>Aplicacions habituals</u>	Enllumenat de projecció i decoratiu.
<u>Taula de característiques lumíniques</u>	Consultar fabricants (OSRAM, Phillips...).

Làmpades de descàrrega



Figures 92: circuit d'una làmpada de descàrrega (font: www.edison.upc.edu).

La llum s'aconsegueix mitjançant el pas de corrent elèctric entre dos elèctrodes on hi ha algun gas o vapor ionitzat. Quan els electrons de la descàrrega topen amb els del gas pot passar que s'arrenqui un electró de

l'orbital i aquest pot fer el mateix amb altres àtoms arribant a destruir la làmpada per un excés de corrent.

També pot ser que l'electró no rebi prou força per ser arrencat i senzillament augmenti de nivell energètic tornant ràpidament al seu estat inicial, desprenent aquesta energia en forma de radiació electromagnètica UV o visible. En aquest cas, la diferència d'energia entre l'estat inicial i final de l'electró és proporcional a la longitud d'ona d'emissió, per tant l'espectre serà discontinu. Llavors, la llum emesa no té perquè ser blanca.

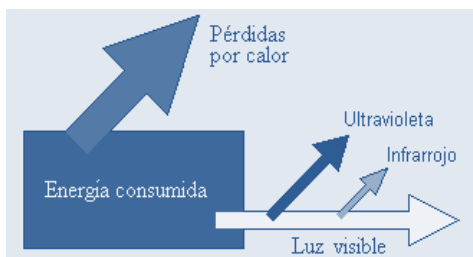


Figura 93: balanç energètic d'una làmpada de descàrrega (font: www.edison.upc.edu).

4. Làmpades fluorescentes tubulars



Figura 94: làmpada fluorescent tubular (font: "Guía técnica de iluminación eficiente" d'IDAE).

Desenvolupades àmpliament als anys 30 del segle passat, gràcies a la seva llarga vida i eficàcia, han esdevingut la segona la làmpada més utilitzada (després de la d'incandescència). A més, té bones qualitats de color i poca luminància, fet que les fa idònies pel treball en oficines, locals públics i en general, interiors d'alçada reduïda... A més, la majoria es poden reciclar.

• Funcionament i construcció

Basat en dos fenòmens: la **descàrrega de gas** i la **fluorescència**. A l'interior d'un tub tancat pels extrems, que són els elèctrodes, s'introdueix un gas inert i una petita quantitat de mercuri a baixa pressió. A dins se sol està al voltant d'uns 40°C mentre que la pressió pot arribar a 0,8 Pa per una temperatura exterior de 25°C. En

aquestes condicions, la major part de la radiació emesa es concentra a la zona d'UV (96% en els 253,7 nm) i només una petita part en el visible. Mitjançant una pols fluorescent adherida a la paret interior del tub es pot passar de radiació UV a visible a la longitud d'ona desitjada, i variar les distribucions espectrals, qualitats de color...

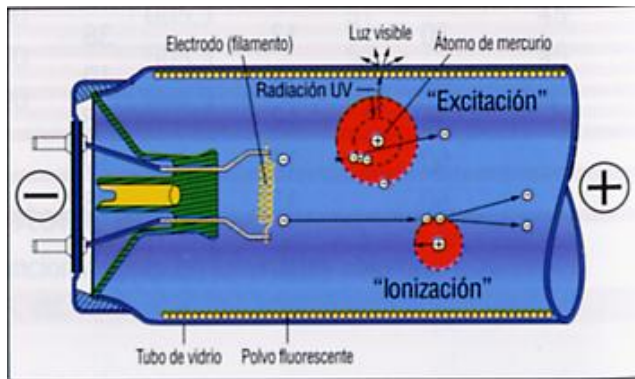
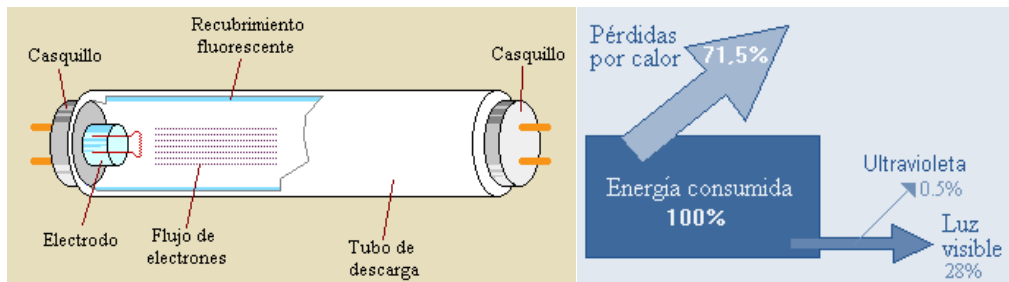
Per aconseguir l'arc de descàrrega es disposa de dos elèctrodes situats als extrems, constituïts d'una petita resistència i connectats amb un cebador (bimetall dins d'una càpsula amb gas inert) i amb una reactància inductiva en sèrie.

Quan es connecta el circuit a la xarxa, una intensitat amb retràs respecte la tensió fa que els elèctrodes resistius s'escalfin i donin calor a l'interior del tub, preparant l'atmosfera per la descàrrega. El bimetal·lic s'escalfa fins a interrompre el circuit, donant lloc als habituals flashos. Aquest procés es repeteix fins que el mercuri es vaporitza per complet i s'estabilitza la descàrrega. En aquest punt la reactància treballa com a limitador de corrent.

Degut a ser un circuit inductiu, el factor de potència és molt baix, i per tant s'ha de mirar de posar un condensador. Tot i així, actualment, hi ha balasts electrònics que aporten una millora substancial al funcionament d'aquestes làmpades.

El tub fluorescent consta dels següents **elements constructius**.

- **Tub de descàrrega:** de vidre i tubular amb diàmetres usuals de 38, 26, 16 mm (T12, T8, T5 segons EEUU expressant el diàmetre amb octaus de polzada) i amb longituds entre 450 i 1500 mm. Actualment s'ha desenvolupat la T2 de 7 mm amb potències de 6, 8, 11 i 13 W.
- **Polis fluorescents:** determinen les característiques de la llum emesa fixant la temperatura de color i la reproducció cromàtica. A més, influencien l'eficàcia lluminosa. Són compostos químics molt purs que tenen fluorescència i són activadors, essent aquests últims els que determinen la composició espectral de la làmpada.
- **Elèctrodes:** filaments de wolframi enrotllats en doble o triple espiral i revestits amb substàncies emissives. Quan s'ennegreix els extrems del tub, vol dir que aquesta substància s'ha acabat i que s'acaba la vida de la làmpada.
- **Gas de replè:** gas inert amb vapor de mercuri saturat. El mercuri en estat natural ja és vapor.



Figures 95, 96 i 97: a dalt, parts d'una làmpada fluorescent tubular i balanç energètic (font: www.edison.upc.edu); a l'esquerra, funcionament interior de la làmpada (font: "Manual de luminotècnia" d'OSRAM).

- **Tipologies**

Es diferencien per dos motius:

- Diàmetre:** ja s'han esmentat anteriorment i cal remarcar que s'està treballant per minimitzar-los ja que es podran oferir millors prestacions.
- Tonalitat:** n'hi ha tres de bàsiques que són llum dia, blanc i blanc càlid.

Alguns models, combinant les característiques, ofereixen làmpades superiors que milloren l'eficàcia i la reproducció cromàtica.

Finalment, cal dir que hi ha tubs fluorescents amb forma tubular circular o U, tot i que normalment són rectilinis. A més, actualment s'està treballant amb **làmpades fluorescents de mida reduïda**. Els fluorescents tubulars convencionals presenten una brillantor baixa i molt bones qualitats. En canvi, si es redueix la superfície específica i s'augmenta la potència l'enlluernament pot ser un problema si no s'evita de les següents maneres:

- Aprofitant canvis direccionals del propi espai.
- Millorant el rendiment lluminós controlant l'emissió i disminuint el flux interferit per la pròpia làmpada.

- **Característiques fonamentals**

Eficàcia mitja **Entre 40 i 104 lm/W**

Vida mitja Al final hi ha pèrdua emissiva dels elèctrodes i no es pot encendre.
Això acostuma a passar al cap de 10000 hores de funcionament.

Vida útil orientativa Entre 5000 i 7500 hores amb equip convencional. *Figura 98: evolució de la vida d dues làmpades fluorescents (font: "Manual de luminotecnia" d'OSRAM).*



Color

To Blanc.

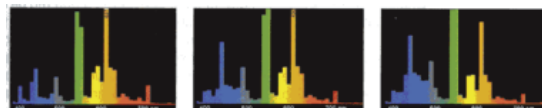
Ra Segons el model, de 50 a 98.

Temperatura de color Per classificar les diferents tonalitats de llum blanca es diu: Blanc càlid si $T_c < 3500$ K

Blanc si $3500 < T_c < 5000$ K

Llum dia freda si $T_c > 5000$ K *Figures 99 i 100: aparença del color segons www.edison.upc.edu i espectre de blanc càlid, blanc i llum de dia (d'esquerra a dreta) (font: "Manual de luminotecnia" d'OSRAM).*

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



Control del feix Gràcies a la petita secció circular, transversalment es pot dirigir molt bé. En canvi, longitudinalment, degut a la llargada, la llum emesa no es controla correctament.

Condicions de servei

Equip auxiliar Reactància inductiva, cebador i condensador per compensar $\cos\phi$,

	o balast electrònic.
Temps d'encesa	Si els tubs van equipats amb reactàncies convencionals, parpelleja notablement i amb pocs segons s'encén. En canvi, electrònicament és immediat i sense flashos. També hi ha tubs d'arrencada ràpida.
Temps de reencesa	Igual al d'encesa.
Posicionament	Universal. La temperatura ambient influeix en el flux emès per la làmpada, essent idònia entre 5 i 30°C. Humitat alta també dificulta l'encesa.
<u>Característiques elèctriques</u>	<p>Com totes les làmpades de descàrrega, hi ha un pic d'intensitat en l'encesa. En el REBT (Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió) es diu quin coeficient s'ha de considerar. Amb un balast electrònic el coeficient pot baixar fins a 1,2.</p> <p>Connectada la làmpada a corrent alterna de 50 Hz de freqüència, la corrent canvia 100 cops de sentit i passa 100 cops per segons pel 0. Es pot apreciar un lleu parpelleig perquè l'ull humà pot arribar a detectar aquesta freqüència. Llavors es pot donar l'efecte estroboscòpic, reduït àmpliament en instal·lacions trifàsiques realitzant una alternança de fases.</p> <p>La potència inicial absorbida per la làmpada no ha de variar respecte del valor nominal marcat, en més del 5% + 0,5 W.</p>
<u>Variació</u>	A causa de l'evaporació del material emissor dels elèctrodes, aquests s'ennegreixen. Al mateix temps, també es perd flux lluminós.
<u>Aplicacions habituals</u>	Oficines, indústries, comerços, llocs públics i fins i tot últimament en enllumenat públic.
<u>Taula de característiques lumíniques</u>	Consultar fabricants (OSRAM, Phillips...).

5. Làmpades fluorescents compactes

Nascudes amb la voluntat de tenir alternativa a la làmpada d'incandescència, actualment està creixent l'acceptació entre els usuaris ja que milloren l'eficàcia i la vida útil.

Figura 101: làmpada fluorescent compacta (font: "Guía técnica de iluminación eficiente" d'IDAE).



A la dècada dels 70 del segle passat començaren a sorgir. Es buscà la compactació de les làmpades fluorescents linear aprofitant la seva tecnologia. Al 1980 va sortir la primera làmpada fluorescent compacta.

- **Funcionament i construcció**

El principi de funcionament és el mateix que les làmpades fluorescents lineals. Poden estar formades per un o varis fluorescents doblegats.

- **Tipologies**

Bàsicament n'hi ha dues:

a) **Làmpades integrades:** únic conjunt format pel tub fluorescent (un, dos o tres doblegats o units en el seu extrem), cebador i balast. El casquet és rosca Edison (E-27). Inicialment, tot s'allotjava en un cos translúcid o gravat en la zona emissora de llum; ara, el balast pot ser electrònic i els tubs a la vista. Poden substituir la làmpada fluorescent en el propi portalàmpades.

b) **Làmpades no integrades:** els tubs fluorescents estan dotats d'una base i un casquet amb connexió al equip auxiliar, que és extern, i per tant necessiten un portalàmpades especial. Existeixen làmpades de fins a quatre tubs en la mateixa base.

- **Característiques fonamentals**

<u>Eficàcia mitja</u>	Lleugerament inferior als tubs fluorescents lineals, arribant a 90 lm/W.
------------------------------	---

<u>Vida mitja</u>	Al voltant de 8000 hores amb equip auxiliar convencional. Amb electrònic unes 9000.
--------------------------	---

<u>Vida útil orientativa</u>	Taxada en 6000 hores amb equip convencional. 9000 amb electrònic.
-------------------------------------	---

<u>Color</u>	Mateixes característiques que fluorescents.
---------------------	---

<u>Control del feix</u>	Les dimensions compactes fan que el control no sigui excessivament complicat.
--------------------------------	---

<u>Condicions de servei</u>	
------------------------------------	--

Equip auxiliar	Balast integrat o no en la pròpia làmpada.
Temps d'encesa	No hi ha flashos, tot i que el flux nominal s'aconsegueix al cap d'uns breus instants.
Temps de reencesa	Igual.
Posicionament	Universal.
<u>Característiques elèctriques</u>	Semblants al fluorescent convencional.
<u>Variació</u>	Semblants al fluorescent convencional.
<u>Aplicacions habituals</u>	Enllumenat general de les llars, decoratiu, puntual, de seguretat. S'estan desenvolupant més aplicacions.
<u>Taula de característiques lumíniques</u>	Consultar fabricants (OSRAM, Phillips...).

6. Làmpades fluorescents sense elèctrodes



Figura 102: làmpada fluorescent sense elèctrodes (font: "Guía técnica de iluminación eficiente" d'IDAE).

Són més petites que els fluorescents convencionals, i tot i el seu elevat preu, serà una làmpada amb molt de futur degut a la seva llarga vida, de l'ordre de 15000 hores en l'enllumenat públic, per exemple.

S'anomena també **làmpada d'inducció** i es presentà l'any 1991. L'emissió de llum s'aconsegueix mitjançant la transmissió d'energia en presència d'un camp magnètic, juntament amb una descàrrega de gas. A més, en comparació a la fluorescència lineal, té una geometria molt més compacta.

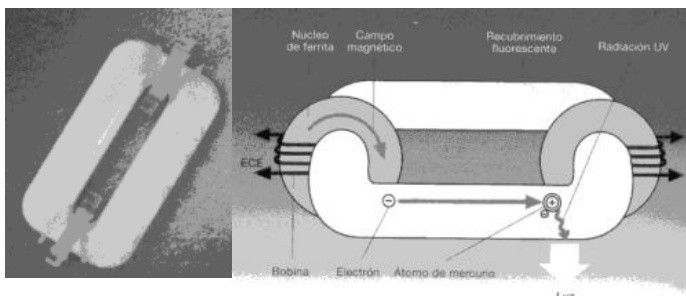
El components electrònics en limiten la vida que s'estima a 60000 hores en bones condicions. Els primers models de forma esfèrica es troben amb potències de 55 a 85 W. Llavors hi ha un altre model amb forma d'anell tubular de 100 i 150 W. L'eficàcia pot arribar a 80 lm/W.

- **Funcionament i construcció**

El principi de funcionament és la inducció electromagnètica exercida per una bobina a la qual travessa un corrent altern sobre un atmosfera de gas i metall vaporitzat. Aquesta, quan s'excita, transforma l'energia magnètica en radiació ultraviolada. Llavors, una pols fluorescent la transforma en visible.

A altes freqüències el comportament és molt millor, tenint en compte que es basa en el fenomen de la inducció de Faraday: un conductor sotmès a una variació d'inducció magnètica experimenta una força electromotriu induïda als seus extrems, i per tant, en un circuit tancat, s'estableix una intensitat en el circuit secundari.

En aquestes làmpades, el circuit inductor és un generador d'alta freqüència i una bobina amb un nucli de permeabilitat magnètica que pot estar allotjada o no a l'interior de l'ampolla, ja que el vidre és permeable al flux magnètic. El circuit induït és un ambient compost de gas inert a baixa pressió i una petita quantitat de vapor metàl·lic que permet el pas d'un corrent induït.



Figures 103 i 104: làmpada electromagnètica i funcionament (font: "Manual de luminotecnica" d'OSRAM).

Consta de tres parts diferenciades:

- **Generador a alta freqüència:** converteix la freqüència de xarxa de 50 Hz a 2,65 MHz per ampolla esfèrica i 250 kHz per ampolla tubular. Els components electrònics que formen aquest element són els que determinen la seva vida.

- **Acoblador de potència:** crea el camp magnètic necessari per funcionar. Està compost per un nucli de ferrita i un bobinat. En el model esfèric, tot i que és exterior a l'ampolla, va allotjat a una cavitat interior de l'esfera; la seva connexió al generador d'alta freqüència es realitza mitjançant un cable coaxial de 40 cm de longitud. En la versió rectangular tubular, es divideix en dos bobines toroïdals i exteriors situades als costats curts.

- **Cambra de descàrrega:** consisteix en una ampolla o tub de vidre replè de gas inert a baixa pressió i una petita quantitat de metall vaporitzat.

- **Tipologies**

a) **Ampolla esfèrica**

b) **Ampolla tubular rectangular**

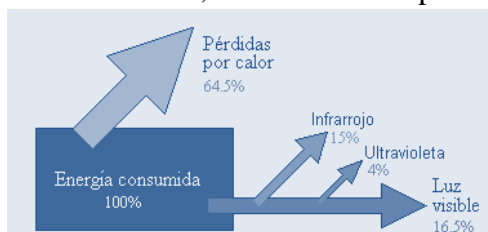
- **Característiques fonamentals**

<u>Eficàcia mitja</u>	Ampolla esfèrica: de 64 a 70 lm/W. Ampolla tubular rectangular 80 lm/W.
<u>Vida mitja</u>	60000 hores estimades.
<u>Vida útil orientativa</u>	Igual a vida mitja.
<u>Color</u>	
To	Blanc podent adoptar matisos en funció de la temperatura de color.
Ra	80
Temperatura de color	Opcional: 2700 K, 3000 K o 4000 K.
<u>Control del feix</u>	Inconvenient: les dimensions de l'ampolla, que funciona com a emissor, són considerables en les d'ampolla ovoide. En la tubular rectangular, la geometria encara és més delicada.
<u>Condicions de servei</u>	
Equip auxiliar	Generador a alta freqüència.
Temps d'encesa	Immediat.
Temps de reencesa	Immediat.

Posicionament	Qualsevol.
<u>Característiques elèctriques</u>	La llum emesa manté inalterable les fluctuacions.
<u>Variació</u>	Depreciació escassa.
<u>Aplicacions habituals</u>	Il·luminacions on el confort visual és essencial, el manteniment és elevat, i el accés a les lluminàries complex, la freqüència de parpelleig pot desmillorar la imatge...
<u>Taula de característiques lumíniques</u>	Consultar fabricants (OSRAM, Phillips...).

7. Làmpades de vapor de mercuri a alta pressió

El fenomen de la descàrrega elèctrica a través de vapor de mercuri a alta pressió va ser descrita per primera vegada l'any 1906 per Küch i Retschinsky. Aquestes làmpades tenen un elevat flux lluminós i dimensions reduïdes en comparació a les fluorescents. Se solen utilitzar molt en enllumenat públic, carrers, naus industrials, instal·lacions esportives...



Figures 105 i 106: a la dreta, làmpada de vapor de mercuri a alta pressió (font: "Manual de luminotecnia" d'OSRAM); a l'esquerra, balanç energètic de www.edison.upc.edu.

- **Funcionament i construcció**

És interessant dividir les fases d'encesa per explicar el principi de funcionament:

- Ignició o cebat:** a dins del tub de descàrrega de la làmpada hi ha una petita quantitat de mercuri i gas inert. En els extrems del tub hi ha dos elèctrodes principals per mantenir l'arc un cop feta la ignició. A prop d'un dels dos elèctrodes se situa un tercer elèctrode connectat en sèrie a una resistència d'uns 25 kW, de manera que la tensió de ionització de l'ambient és menor a la diferència de potencial, així s'estableix un arc. Llavors la descàrrega s'expansiona pel tub dins a l'altre elèctrode i l'elèctrode auxiliar queda fora de servei.
- Arrencada:** amb l'arc augmenta la temperatura a l'interior del tub de descàrrega que vaporitza el mercuri i augmenta la pressió. El període d'arrencada es considera fins que la làmpada arriba al 80% del flux nominal i sol durar uns 4 minuts. La intensitat d'arrencada pot arribar al 150% del valor nominal.
- Estabilització:** es considera quan el procés d'arrencada arriba al punt d'equilibri termodinàmic. Per limitar el corrent es connecta un balast en sèrie a la làmpada.
- Emissió:** emet en zona verda, blava i groga del visible i també en la zona ultraviolada. Per augmentar l'eficàcia i la reproducció cromàtica es recobreixen les ampolles amb pols fluorescent per tal de convertir la radiació UV a visible.

Té les següents parts:

- **Tub de descàrrega:** és de quars que absorbeix molt poc les radiacions visibles i ultraviolades. A més suporta bé les temperatures que es pot arribar (uns 750°C).

- **Elèctrodes principals:** petits debanats de wolframi sobre barres petites del mateix material. Entre aquestes espines hi ha el material emissor com ara tori o òxids de bari, calci i estronci, o bé altres.

- **Elèctrode auxiliar:** terminal de wolframi situat en les proximitats d'un dels elèctrodes principals.

- **Resistència d'arrencada:** d'uns 25 kW.

- **Ampolla exterior:** el tub de descàrrega està envoltat per un ambient de gas inert contingut dins d'una ampolla de vidre a partir de potències de 125 W que sol ser de vidre borosilicat.

- **Recobriments:** l'ampolla es recobreix interiorment amb pols fluorescentes (normalment ortovanadat d'itri activat a l'europi).

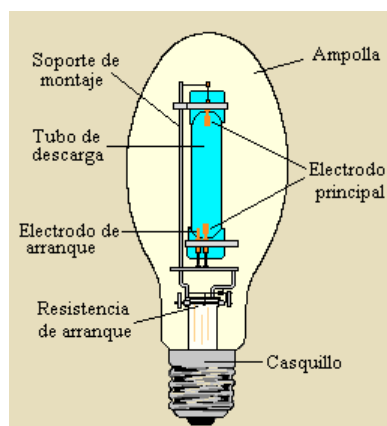


Figura 107: parts d'una làmpada de vapor de mercuri a alta pressió (font: www.edison.upc.edu).

- **Tipologies**

Hi ha tres models bàsics de làmpada de vapor de mercuri a alta pressió. El primer és l'estàndard ja descrit. El segon, de luxe, tenen el recobriments format per una barreja d'itri vanadat activat a l'europi i aluminadat d'itri activat al ceri, de tal manera que s'aconsegueix millor reproducció cromàtica, més eficàcia i una temperatura de color més confortable.

Solen ser de forma ovoide, però també n'hi ha en forma de bolet amb reflector o en forma de globus.

Una variant d'aquestes làmpades són les de **llum mescla** on l'estabilització del corrent s'aconsegueix mitjançant un filament resistiu allotjat a l'interior del bulb, que a més ajuda a l'emissió de llum i color.

- **Característiques fonamentals**

Eficàcia mitja Per una estàndard ovoide està entre 32 i 60 lm/W (50 i 1000 W respectivament), i entre 40 i 60 lm/W per làmpades de luxe i súper de luxe ovoides (50 i 400 W)

Vida mitja 24000 hores aproximadament.

Vida útil 16000 hores aproximadament.

orientativa

Color

To Tonalitat blanc (estàndard) u blanc càlid (lux e i súper de lux e).

Ra Làmpada estàndard ovoide 48
Làmpada de lux e ovoide 50
Làmpada bolet amb reflector 48

Temperatura de color Làmpada estàndard 4000 K
Làmpada de lux e 3000 K
Làmpada súper de lux e 3100 K
Làmpada bolet amb reflector 3500 K

Control del feix No és bo ja que la pols fluorescent de l'ampolla fa que tota la superfície es comporti com a emissora. A més, la geometria i les dimensions elevades fan difícils l'enfocament del flux.

Condicions de

servei

Equip auxiliar Balast amb condensador.

Temps d'encesa Segons la potència entre 4 i 5 minuts.

Temps de reencesa de Un cop apagada, tarda aproximadament set minuts de refredament.

Posicionament Universal.

Característiques elèctriques La potència inicial absorbida per la làmpada no ha de variar respecte del valor nominal marcat en més del 5%, quan l'assaig s'efectuï en les condicions previstes. La làmpada no s'ha d'apagar quan la tensió baixi del 100% al 90% en 0,5 segons i es mantingui en aquest valor durant 5 segons més.

Variació El tub de descàrrega s'ennegreix pel dipòsit de material emès i la impurificació del gas de forma progressiva. Durant les primeres hores de funcionament el flux lluminós decau més, pel que la dada de flux nominal se sol donar quan la làmpada ja ha funcionat 1000 hores.

Aplicacions Carrers, naus industrials, pistes de tennis, enllumenat públic.

habituals

8. Làmpades de llum mescla

Barreja entre el vapor de mercuri i les làmpades d'incandescència. No necessita equip auxiliar ja que un filament actua com a estabilitzador del corrent. Aquest filament és el mateix que el que hi ha a les làmpades incandescentes, de tungstè, que e a més de fer d'impedància fa llum. Llavors no es necessita ni equip auxiliar ni compensador del factor de potència. Actualment està en desús.

Cal recordar que les làmpades de descàrrega necessiten una impedància connectada en sèrie al tub de descàrrega per evitar una sobreelevació de la intensitat perquè els tubs tenen un comportament de resistència negativa. Dit d'una altra manera, a mesura que va passant electricitat disminueix la resistència i permet el pas de major intensitat fins que es destruiria la làmpada. Aquesta impedància pot ser un resistència o una reactància inductiva. Aquest mètode limita la intensitat a un valor donat introduint solament una petita quantitat de pèrdues de potència activa per efecte Joule, però s'ha de compensar el factor de potència.

- **Funcionament i construcció**

El funcionament està estretament relacionat amb el de la làmpada incandescent i amb la de vapor de mercuri. La ignició és idèntica al vapor de mercuri convencional. Durant l'arrencada, el filament fa de resistència limitadora i disposa d'uns 190 volts de diferència de potencial amb el que emet més quantitat de llum que un cop estabilitzat (quan la làmpada està estabilitzada té una d.d.p de 100 a 145 V). A

mesura que s'estabilitza, el filament perd emissió, mentre que en el tub de descàrrega s'incrementa fins que al cap d'aproximadament 3 minuts la proporció és de dos a un a favor del tub de.

En aquest tipus de làmpades, el **tub de descàrrega**, els **elèctrodes principals** i l'**elèctrode auxiliar** tenen les mateixes característiques constructives que les làmpades de vapor de mercuri a alta pressió. El nou component és el **filament** de wolframí o aleacions. Aquest envolta el tub de descàrrega amb l'objectiu de barrejar els dos tipus d'il·luminació, al mateix temps que agilitza el preescalfament del tub per una millor i més ràpida arrencada.

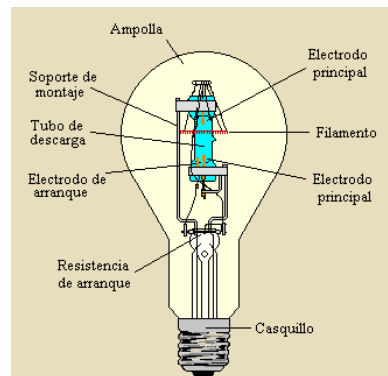


Figura 108: parts d'una làmpada de llum mescla (font: www.edison.upc.edu).

- **Tipologies**

De forma el·lipsoïdal i d'ampolla de forma de bolet amb reflector.

- **Característiques fonamentals**

<u>Eficàcia mitja</u>	Entre 19 i 28 lm/W per potències de 160 i 500 W respectivament.
<u>Vida mitja</u>	9000 hores determinades pel filament.
<u>Vida útil orientativa</u>	6000 hores.
<u>Color</u>	
To	Blanc.
Ra	68
Temperatura de color	De 3600 a 4100 K.
<u>Control del feix</u>	Igual que les làmpades de vapor de mercuri a alta pressió.
<u>Condicions de servei</u>	
Equip auxiliar	No.
Temps d'encesa	Immediat.
Temps de reencesa	Entre 3 i 8 minuts.
Posicionament	En qualsevol, tot i que es recomana una desviació màxima de 30° respecte la vertical per làmpades de 160 W i 45° per 250 i 500 W.
<u>Característiques elèctriques</u>	Com que estan connectats en sèrie l'emissor incandescent i el tub de descàrrega, es tracta d'un circuit divisor de tensió. Una tensió baixa d'arc evitaria que aquest es desencabés davant de fluctuacions de xarxa implicant una eficàcia menor, ja que el tub de descàrrega més eficaç treballaria menys. Els fabricants aproximen la relació tensió de filament amb tensió d'arc més a o menys de 60/40.
<u>Variació</u>	El tub de descàrrega s'ennegreix i l'ampolla ho fa també degut a l'evaporació del filament. Això provoca reducció de flux lluminós.
<u>Aplicacions</u>	Idònies per substitució de làmpades d'incandescència de mitjana

habituals

potència en ús industrial o públic. Les làmpades en forma de bolet s'utilitzen per irradiació de plantes. Tot i així, aquestes làmpades tenen tendència a desaparèixer.

Taula **de** Consultar fabricants (OSRAM, Phillips...).

característiques

lumíniques

9. Làmpades d'halogenurs metàl·lics



Figura 109: làmpada d'halogenurs metàl·lics (font: "Guía técnica de iluminación eficiente" d'IDAE).

Aquesta font de llum es desenvolupà a la dècada dels 60. A més del vapor de mercuri hi ha halogenurs metàl·lics (formats de fluor, clor, brom o iode), millorant així l'eficàcia, el color de la llum i reduint-ne la mida per fer-les adequades per la projecció. Els halogenurs es comporten de forma semblant a com ho fan a les làmpades d'incandescència halògenes, mantenint allunyats de la superfície del tub els elements metàl·lics evitant així la degradació. Es poden utilitzar en enllumenat esportiu, comercial, monuments, façanes... Tot i així tenen una vida curta, i això les fa inadequades per altres usos. A pesar d'això, l'evolució cap a potències més reduïdes i major estabilitat permeten assegurar la seva futura expansió.

- **Funcionament i construcció**

El funcionament és basat en l'arc de descàrrega en un ambient de vapor de mercuri, però més complexa ja que el cebat de l'arc dins del tub necessita diferència de potencial molt per sobre de la tensió de xarxa. Per exemple, en làmpades de tres bandes amb reproducció cromàtica de 60 a 69 i to blanc neutral, la d.d.p. necessària per a la ignició és de 500 a 1200 V; les làmpades amb espectre multibanda necessiten entre 4000 i 5000 volts que no es poden aconseguir amb reactàncies tradicionals (es necessiten balasts addicionals o ignitors).

Fins fa molt poc el to de les làmpades eren influenciats per la composició en halogenurs, la tensió de xarxa o la temperatura ambient. Això creava diferències apreciables en làmpades d'igual fabricant i model. Actualment, amb l'ús d'equips electrònics i l'avanç tecnològic han reduït molt aquest inconvenient.

La construcció és molt semblant a les làmpades de mercuri a alta pressió. Tot i així, en les d'halogenurs metàl·lics la major part de la banda espectral es concentra en el visible per l'ull humà, pel qual fa innecessari el recobriments de l'ampolla en la majoria de models. A més, en aquest cas la superfície emissora és molt més petita comportant-se com una font puntual de llum i fent més fàcil el control lluminós.

S'ha innovat recentment un nou cremador ceràmic de quars que permet temperatures més altes degut a les

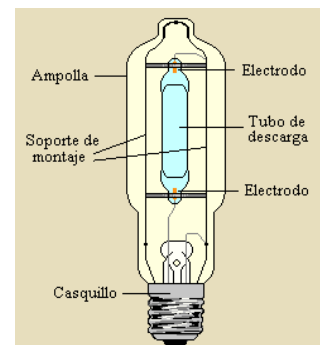


Figura 110: parts d'una làmpada d'halogenurs metàl·lics (font: www.edison.upc.edu).

dimensions més petites, elevant el nombre d'ions metàl·lics i produint una descàrrega de major intensitat amb un espectre de radiació més uniforme. Al mateix temps, elevant l'eficàcia lluminosa, temperatura de color més estable i millor reproducció cromàtica.

S'estan utilitzant potències petites de fins 150 W.

- **Tipologies**

Més de 50 metalls es poden utilitzar i fer moltes combinacions. Una possible classificació pot ser la següent, segons la tonalitat i la reproducció cromàtica.

Tonalidad	Temperatura de color	Nivel de reproducción cromática
Luz día	5.000+6.100K	1 A
Blanco neutral de lujo	4.200K	1 B
Blanco cálido de lujo	3.000K	
Blanco neutral	3.600+4.700K	2 B

Figura 111: classificació (font: "Manual de luminotecnia" d'OSRAM).

- **Característiques fonamentals**

Eficàcia mitja Entre 70 i 120 lm/W en funció de la potència i la composició en halogenurs.

Vida mitja En funció també de la composició i la potència pot anar entre 2000 i 15000 hores.

Vida útil orientativa Entre 1000 i 10000 hores.

Color

To Llum dia, Blanc neutral de luxe, Blanc càlid de luxe, Blanc neutral.

Ra De 90 a 100, de 80 a 89, de 80 a 89, de 60 a 69 respectivament al to.

Temperatura de color De 5000 a 6100 K, 4200 K, 3000 K, de 3600 a 4700 K respectivament al to.

Control del feix Excel·lent.

Condicions de servei

Equip auxiliar Equip auxiliar convencional (ECC): balast, ignitor i condensador (alguns models no necessiten ignitor). L'ignitor

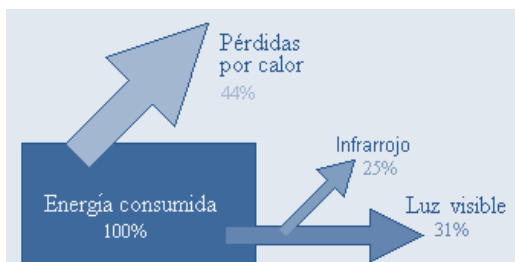
	<p>apropiat ha d'estar a prop de la làmpada, i el balast pot estar a distància indiferent considerant les pèrdues de tensió permeses.</p> <p>Equip de connexió electrònic (ECE): substitueix el balast, l'ignitor i el condensador.</p>
Temps d'encesa	El flux lluminós total s'aconsegueix aproximadament al cap de 3 minuts després de connectar la làmpada.
Temps de reencesa	Generalment entre 4 i 15 minuts. En les làmpades de dos casquets es pot aconseguir la reencesa immediatament mitjançant impulsos de 25 a 60 kV.
Posicionament	La majoria de models no presenten cap problema, excepte en alguns que la instal·lació queda restringida a la posició horitzontal o vertical amb un cert marge de desviació.
<u>Característiques elèctriques</u>	La potència de la làmpada serà l'assignada pel fabricant, que podrà coincidir o no amb la nominal. La tensió en la làmpada no podrà variar més del $\pm 10\%$ del valor assignat.
<u>Variació</u>	Pot haver-hi variacions en el color de la llum d'una làmpada a una altra degut a la tensió de xarxa, els equips d'encesa o el disseny de la lluminària.
<u>Aplicacions habituals</u>	Alta eficiència i alta reproducció cromàtica les fa òptimes per enllumenat vial, il·luminació general, irradiació de plantes. A més, tant a l'interior com a l'exterior, s'adapten perfectament a les exigències espectaculars del cinema i la televisió.
<u>Taula de característiques lumíniques</u>	Consultar fabricants (OSRAM, Phillips...).

10. Làmpades de vapor de sodi a baixa pressió



Figura 112: làmpada de vapor de sodi a baixa pressió (Font: "Guía técnica de iluminación eficiente" d'IDAE).

És la làmpada més eficaç elèctricament (òptima per a l'estalvi energètic) tot i que el seu color (grogüenc pràcticament monocromàtic) limita el seu ús en aquells casos en que el color de la llum no és rellevant (autopistes, àrees industrials, túnels...). S'utilitzà per primera vegada a l'any 1932, observant l'emissió monocromàtica (589 i 589,6 nm, de color groguenc i recordant que l'ull humà presenta un màxim de



sensibilitat a 555 nm) i l'elevada eficàcia podent arribar actualment a 200 lm/W. En aquestes làmpades la descàrrega es produeix en metall de sodi vaporitzat a baixa pressió.

Figura 113: balanç energètic (font: www.edison.upc.edu).

- **Funcionament i construcció**

Igual que en el mercuri, però ara l'element de descàrrega és un metall alcalinoterri, el sodi. La diferència és que la radiació emesa ja està tota a dins del visible (no com el mercuri que bona part estava a UV).

No es pot crear un gas de replè amb partícules de sodi, perquè aquest en repòs és sòlid. A més, com que no es volen tensions d'ionització molt altes dins del tub de descàrrega, el gas és una mescla de neó (99%) i argó (1%), donant com a resultat tensions d'arrencada entre 480 i 1500 V.

L'arc que s'estableix al encendre la làmpada, que produeix una tonalitat roja, fon i vaporitza el sodi, estabilitzant-se el procés a 260°C i 0,7 Pa. Un cop estable passa de roig a groc.

El tub de descàrrega es construeix en forma de U allargada disposant d'una sèrie de cavitats o punts freds perquè el sodi solidificat s'hi dipositi per facilitar l'encesa. El material per la construcció d'aquestes làmpades és vidre de borat càlcic. El elèctrodes de wolframi estan en forma de triple espiral als extrems de la U i tenen recobriments de substàncies emissores com ara òxids de bari, estronci o calci. Les connexions casquet-elèctrodes es realitza amb aleacions de crom-ferro-níquel perquè el coure és atacat químicament pel sòlid líquid.

El tub de descàrrega és envoltat per una ampolla tubular de vidre (fent-hi el buit a dins) que el manté tèrmicament a 260°C pel seu bon funcionament. La cara interior del

vidre és recoberta amb òxid d'indi que és un material reflectant a la radiació infraroja, aconseguit tornar la calor a dins de l'ampolla i mantenint a la temperatura desitjada.

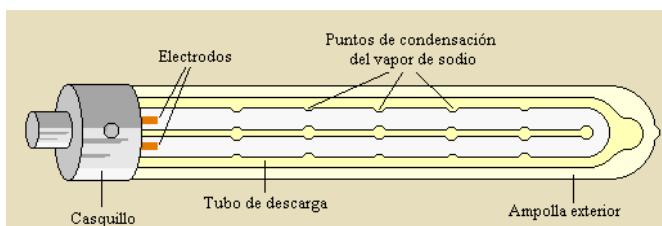


Figura 114: parts d'una làmpada de vapor de sodi a baixa pressió (font: www.edison.upc.edu).

- **Tipologies**

Amb **balast convencional** i amb **balast híbrid optimitzat**. Aquests dos tipus es poden trobar amb potències des de 15 a 185 W.

- **Característiques fonamentals**

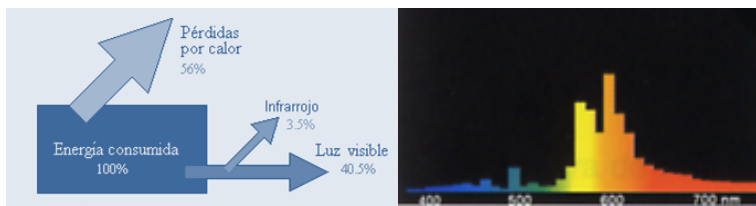
<u>Eficàcia mitja</u>	En les de balast tradicional arriben a 173 lm/W, mentre que en l'optimitzat a 200 lm/W.
<u>Vida mitja</u>	22000 hores.
<u>Vida útil orientativa</u>	12000 hores.
<u>Color</u>	
To	Groguenc ataronjat.
Ra	0
Temperatura de color	No s'aplica.
<u>Control del feix</u>	La forma de U la fa delicada per no tractar-se d'una làmpada de revolució. Llavors es construeixen casquets e baioneta.
<u>Condicions de servei</u>	
Equip auxiliar	Balast convencional o balast híbrid optimitzat.
Temps d'encesa	De 7 a 12 minuts.
Temps de reencesa	Immediat pels 18 W i dotats d'ignitor. De 3 a 7 minuts per a la resta.
Posicionament	Les de menor potència poden funcionar verticalment (cap avall) amb una desviació de $\pm 110^\circ$, mentre que les de major potència només funcionen en posició horitzontal $\pm 20^\circ$.
<u>Variació</u>	La disminució del flux emès durant la vida de la làmpada és reduïda.
<u>Aplicacions habituals</u>	Enllumenat d'autopistes, àrees industrials i túnels.

11. Làmpades de vapor de sodi a alta pressió



Substitueix la làmpada de vapor de mercuri ja que té major eficàcia i control del feix per una semblant vida útil. A l'any 1965 sortí al mercat la primera d'aquestes làmpades. Millora la reproducció cromàtica de la làmpada de vapor de sodi a baixa pressió amb un petit detriment de l'eficàcia. Degut a l'augment de la pressió la llum deixa de ser monocromàtica.

Figura 115: làmpada de vapor de sodi a alta pressió (font: "Guía técnica de iluminación eficiente" d'IDAE).



Figures 116 i 117: a l'esquerra, balanç energètic (www.edison.upc.edu); a la dreta, distribució espectral ("Manual de luminotecnia" de OSRAM).

- **Funcionament i construcció**

Com ja s'ha dit, augmentant la pressió s'amplia la banda espectral reproduint a un augment de la reproducció cromàtica, tot i un lleuger descens de l'eficàcia.

El tub de descàrrega és un tub lineal de distància curta construït a base d'alúmina policristal·lina sinteritzada. Aquest material es dilata amb les altes temperatures de funcionament, per tant el sistema de fixació ha de permetre aquesta dilatació.

Normalment a l'interior del tub hi ha sodi, mercuri (tendint a eliminar-lo) i gas noble, dels quals el principal productor de llum és el sodi. L'ampolla exterior es pot omplir amb gas noble o fer-hi el buit.

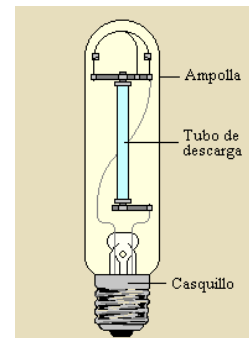


Figura 118: parts d'una làmpada de vapor de sodi a alta pressió de www.edison.upc.edu.

- **Tipologies**

Segons el principi de funcionament, quan s'augmenta progressivament la pressió del tub de descàrrega, augmenta progressivament la reproducció cromàtica i disminueix l'eficàcia. Es sol realitzar a quatre nivells:

1) **Vapor de sodi a alta pressió estàndard:** pressió de treball de la làmpada de 10 kPa. Reproducció cromàtica de 23 i eficàcia de 120 lm/W.

2) **Vapor de sodi a alta pressió súper:** amb major pressió al cremador i similar reproducció cromàtica arriba a 150 lm/W.

3) **Vapor de sodi a alta pressió confort:** també anomenades de luxe. Fins 40 kPa per aconseguir una reproducció cromàtica de 60 i una eficàcia de 90 lm/W.

4) **Sodi blanc:** sobre 95 kPa, una Ra de 80 i eficàcia de 47 lm/W. Idònies per tasques on sigui bo diferenciar els colors com aparadors o grans façanes.

Hi ha ampolles **tubulars** (sempre clares) o **ovoides** (clares o recobertes d'una capa fina de pols blanca destinada a reduir la brillantor del tub de descàrrega).

- **Característiques fonamentals**

<u>Eficàcia mitja</u>	Estàndard de 70 a 130 lm/W. Súper de 80 a 150 lm/W. Confort de 80 a 97 lm/W. Sodi blanc de 60 a 75 lm/W.
<u>Vida mitja</u>	20000 hores.
<u>Vida útil orientativa</u>	15000 hores. Sodi blanc unes 5000 hores.
<u>Color</u>	
To	Estàndard: groc daurat. Súper: blanc-groc. Sodi blanc: blanc càlid.
Ra	Estàndard: 23 Súper: 23 Confort: 60 Sodi blanc: 80
Temperatura de color	Estàndard: 2000 K Súper: 2000 K Confort: 2200 K Sodi blanc: 2500 K
<u>Control del feix</u>	Bo perquè l'emissor és petit. El les ovoides el control del feix és similar a les de vapor de mercuri.
<u>Condicions de servei</u>	
Equip auxiliar	Balast, ignitor i condensador. Per cada tipus de làmpada un ignitor adequat. Les de sodi xenó utilitzen exclusivament equips electrònics.

Temps d'encesa	De 4 a 6 minuts. 2 minuts amb electrònic.
Temps de reencesa	Les làmpades amb ignitor separat o equip electrònic amb 1 minut, mentre que les que tenen ignitor incorporat tarden entre 5 i 15 minuts. Amb tensió de 25 kV es pot arribar a la reencesa instantàniament.
Posicionament	Universal.
<u>Característiques elèctriques</u>	La potència de la làmpada serà l'assignada pel fabricant. La tensió de la làmpada no ja de variar en més del $\pm 15\%$ del valor assignat.
<u>Aplicacions habituals</u>	Sodi estàndard, súper i confort s'utilitzen en instal·lacions exteriors de trànsit i industrials, instal·lacions interiors industrials i comerços. El sodi blanc en comerços exigents, zones i edificis pintorescs, passejos, jardins...
<u>Taula de característiques lumíniques</u>	Consultar fabricants (OSRAM, Phillips...).

12. Resum de diferents característiques interessants

Figura 119: taula on es recomanen les làmpades en funció de l'ús (font: "Guía técnica de iluminación eficiente" d'IDAE).

	Incand. Estándar	Halógena	Fluorescente Tubular	Fluorescente Compacta	Mercurio Alta Presión	Halogenuro	Sodio Alta Presión	Sodio Baja Presión	Halogenuro Metálico Cerámico	Inducción	Sodio Blanco
Oficinas			X	X		X			X	X	X
Tiendas (general)	X	X	X	X		X			X	X	X
Tiendas (exposición)	X	X	X	X		X			X	X	X
Deportes (interiores)			X			X			X		
Industrial			X		X	X	X		X		
Doméstico (seguridad)	X			X							
Industrial (seguridad)			X					X			X
Deportes						X	X		X		
Grandes Áreas		X			X	X	X		X		
Doméstico	X	X	X	X							
Alumbrado Público					X		X	X	X	X	X

Bombilla incandescente	OSRAM DULUX® EL LONGLIFE
15 W	→ 3 W
25 W	→ 5 W
40 W	→ 7 W
60 W	→ 11 W
75 W	→ 15 W
100 W	→ 20 W
120 W	→ 23 W
150 W	→ 30 W

15 x 1000 h ≅ 15000 h

100 % → 20 %

Figura 120: comparativa entre diferents làmpades (font: Catálogo General de Luz 2007 d'OSRAM).

Figura 121: resum de tots els tipus de làmpades (font: "Guía técnica de iluminación eficiente" d'IDAE).

Tipus de làmpara	Característiques	Observacions	Potències (W)	Flujo luminoso (lm)	Eficàcia lumínica (lm/W)	Ra	T _c Color (K)	Vida mitjana (h)	Aplicació
Làmpares incandescentes	La luz se produce por la elevación de la temperatura del filamento	Se pueden conectar directamente a la red, sin necesidad de ningún accesorio eléctrico	15-500	90-8.400	6-16,8	100	2.700	1.000	General Localizada
Làmpares halògenes a tensió de red	Técnica incandescente con halógenos	Se pueden conectar directamente a la red	25-2.000	260-44.000	10,4-22	100	3.000-3.200	3.000	General Localizada Decorativa
Làmpares halògenes a baixa tensió	Técnica incandescente con halógenos	Necesitan transformador	5-100	60-2.200	12-22	100	3.000-3.300	2.000-5.000	General Localizada Decorativa
Làmpares fluorescents (Diàmetre 26 mm)	(1)	Funcionan con ECC y ECE	10-58	650-5.200 ^(*)	65-90	60 a >98	2.700-6.500	12.500 (ECC) 20.000 (ECE)	General
Làmpares fluorescents (Diàmetre 16 mm)	(1)	Funcionamiento sólo con ECE	14-80	1.100-6.150	78,5-104	60 a >90	2.700-6.500	20.000	General
Làmpares Fluorescentes compactas sin equipo incorporado	(1)	Funcionamiento con ECC	13-26	900-1.800	69	80 a >90	2.700-6.500	10.000 13.000 15.000	General Localizada Decorativa
Làmpares fluorescents compactas con equipo electrónico incorporado	(1)	Funcionamiento con ECE	13-70	900-5.200	69-74	80 a >90	2.700-6.500	13.000-20.000	General Localizada Decorativa
Làmpares de vapor de mercurio (a alta presión)	Descarga en mercurio a alta presión	Equipo de conexión electrónico (ECE)	3-30	100-1.900	33,3-65	80-89	2.700-4.000	15.000	General Localizada Decorativa
Làmpares de halògenos metàl·lics	Son lámparas de mercurio a las que se añaden yoduros de tierras raras (indio, disprosio, talio, etc.)	Para que emita todo el flujo hace falta que transcurran unos 5 min a partir de la conexión	50-1.000	1.600-57.000	32-57	40-60	<3.300	16.000-24.000	General
Làmpares de sodio de baixa pressió	La luz se produce por descarga en vapor de sodio a baja presión	Reproducción cromática nula	37-2.000	3.300-190.000	68-120	65-93	3.000-6.100	4.500-20.000	General Localizada
Làmpares de sodio de alta pressió	La luz se produce por descarga en vapor de sodio a alta presión	Son las que proporcionan mejores expectativas para el alumbrado industrial. Solamente cuando el color sea una exigencia básica, deberá recurrirse a las lámparas de halògenos metàl·lics	18-185	18.000-32.000	100-173	0	1.800	18.000	General
			50-1.000	3.500-120.000	70-150	20	2.000	14.000-32.000	General

(1) La radiació ultraviolada que produeix la descàrrega de vapor de mercuri a baixa pressió es transforma en radiació visible d'ona més llarga, d'encesa ràpida, d'encesa instantània, i d'encesa electrònica.

(*) Valor amb lúmens amb ECC.

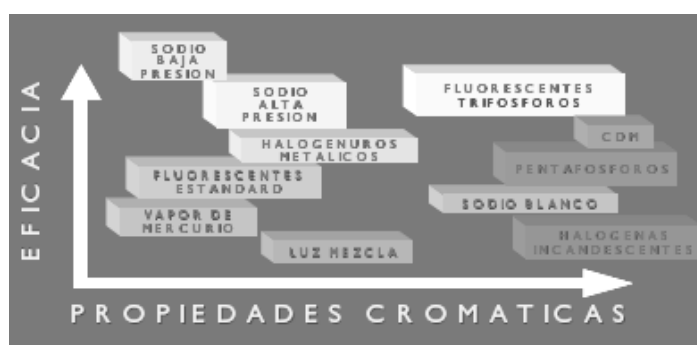
Figura 122: taula on es mostra els tipus de làmpada en funció de varies característiques (font: "Guía técnica: Aprovechamiento de la luz natural en iluminación de edificios" d'IDAE).

Tipo	Temp. Color (k)	Rend. Color (Ra)	Duración horas	Equipo eléctrico auxiliar	Posibilidad de regulación de flujo y potencia	Eficacia (Lm/w)
Incandescente estándar	2700	100	1000	No necesario	Si	19
Incandescente halógena	2900-3100	100	2000-5000	Trafo para baja tensión	Si	25-30
Fluorescencia	1700-6500	75-98	14000-18000	Necesario	Si De 10% a 100%	104
Vapor de mercurio	3500-4200	50	14000	Necesario	Si De 50% a 100%	60
Halogenuros metálicos	3000-6000	65-95	6000-12000	Necesario	Si De 40% a 100%	90-100
Sodio alta presión	2100	20-65	18000	Necesario	Si De 50% a 100%	90-150

Figura 123: taula on es mostra els tipus de làmpada en funció de la temperatura de color i l'índex de reproducció cromàtica (font: "Guía técnica de iluminación eficiente" d'IDAE).

Índice de reproducción cromática (Ra)	Clase	Temperatura de color		
		Cálido <3.300 K	Neutro 3.300-5.000 K	Frio >5.000 K
≥ 90	1 A	Halógenas	Fluorescencia lineal y compacta	Fluorescencia lineal y compacta
		Fluorescencia lineal y compacta	Halogenuros metálicos y cerámicos	
		Halogenuros metálicos y cerámicos		
80-89	1 B	Fluorescencia lineal y compacta	Fluorescencia lineal y compacta	Fluorescencia lineal y compacta
		Halogenuros metálicos y cerámicos	Halogenuros metálicos y cerámicos	
		Sodio blanco		
70-79	2 A	Halogenuros metálicos	Halogenuros metálicos	Halogenuros metálicos
< 70	2 B, 3, 4	Mercurio	Mercurio	
		Sodio		

Figura 124: gràfic on es mostra l'eficàcia de les diferents làmpades en funció de les propietats cromàtiques (Font: "Guía técnica de iluminación eficiente" d'IDAE).



Tono de luz. Temperatura de color	Tipo de actividad o de iluminación
Tonos cálidos. < 3000 K.	Entornos decorados con tonos claros Áreas de descanso. Salas de espera. Zonas con usuarios de avanzada edad Áreas de esparcimiento. Bajos niveles de iluminación
Tonos neutros. 3300 - 5000 K.	Lugares con importante aportación de luz natural Tareas visuales de requisitos medios.
Tonos fríos. > 5000 K.	Entornos decorados con tonos fríos Altos niveles de iluminación Para enfatizar la impresión técnica. Tareas visuales de alta concentración

Figura 125: quadre on es dona l'activitat en funció de la temperatura de color, així poder relacionar amb les temperatures de color que donen els fabricants de làmpades (font: "Guía Técnica: Eficiencia Energética en Iluminación de Centros Docentes" d'IDAE).

13. LED

És un sistema d'il·luminació que està creixent en l'actualitat tot i que va ser inventat a l'any 1956, i les primeres aplicacions industrials sorgiren al 1970.






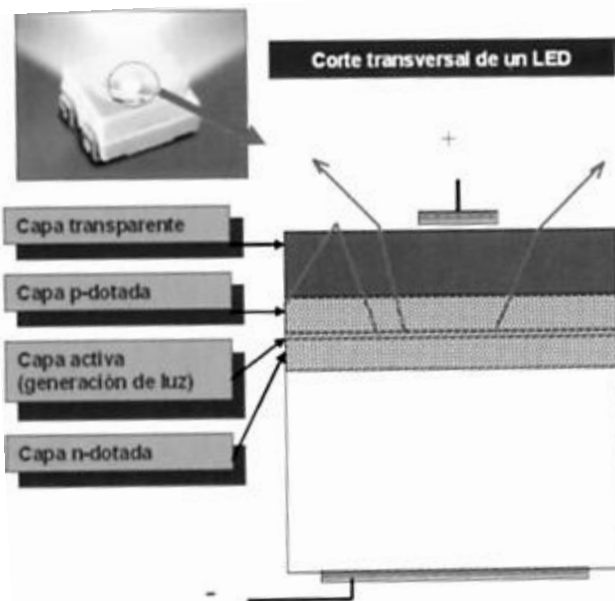
	Siglo XV	Siglo XIX	Siglo XX...		
					
				HCL	LED
Eficacia lm/W	1	10-15	70-100	70-100	Objetivo: 50 lm/W Actual: 15-30 lm/W
Eficacia energética	<1%	5 - 9%	25-30 %	30-35 %	20-30 %

Figura 126: evolució de la llum fins als LED (font: "Manual de luminotecnia" d'OSRAM)

Els LED (Light Emitting Diode) són díodes (deixen passar la corrent només en un sentit) compostos de diverses capes de material semiconductor. Quan s'aplica tensió elèctrica en el sentit conductor s'origina un corrent fort, generant llum a una capa fina denominada "capa activa". La llum que emet sol ser monocromàtica, sempre dins del visible, depenent dels materials utilitzats (InGaAlP i InGaNg per LED d'alta lluminositat de blau a vermell).

Figures 127 i 128: a la dreta, tipus de LED junts ("Manual de luminotecnia" de OSRAM); a baix, esquema d'un LED ("El libro del LED" de OSRAM).



Per tal d'obtenir llum blanca, la llum generada per un LED blau passa per un recobriments fluorescent que la transforma en groga. La concentració d'aquesta substància s'ajusta de tal forma que la llum blava primària emesa pel díode es barreja amb

la llum groga per produir llum blanca. L'eficàcia d'aquests LEDs ha superat a les làmpades halògenes i incandescents, tenint en compte que la potència consumida pels díodes és bastant menor.

Les avantatges que tenen (moltes d'elles figuren a les característiques fonamentals) són:

- **Mida reduïda:** d'uns pocs mil·límetres.
- **Poc pes:** es pot enganxar amb adhesius.
- **Alta resistència a xocs i vibracions:** Com que no tenen filaments tenen més fiabilitat i a més hi ha LEDS que es munten sobre un circuit imprès.
- **Llarga duració:** fins a 100000 hores respectant les condicions de funcionament.
- **Baix consum:** poca potència instal·lada.
- **Alta eficiència en els colors:** no necessita filtres ja que presenta una alta saturació del color.
- **Sense radiació UV/IR:** no es deterioren els materials exposats a la llum d'un LED.
- **Efectivitat a baixes temperatures:** no es veu afectat per la freqüència d'enceses i apagades i emeten llum de forma instantània. Poden funcionar fiablement fins a -30°C.

- **Característiques fonamentals**

<u>Eficàcia mitja</u>	15 i 30 lm/W. Disminueix quan augmenta la temperatura.
<u>Vida mitja</u>	50000 i 100000 hores.
<u>Vida útil orientativa</u>	Aproximadament 50000 hores per colors freds (verd o blau) i 100000 hores per càlids (groc o vermell). Es considera quan arriba al 50% del flux que emetia inicialment.
<u>Color</u>	
To	Vermell, taronja, groc, verd, blau i blanc.
Ra	80
<u>Control del feix</u>	Petites dimensions, òptimes pel disseny creatiu.
<u>Condicions de servei</u>	Resistència elevada a cops i vibracions ja que són molt compactes.
<u>Condicions elèctriques</u>	Baix consum, aplicació amb mòduls. Funcionament amb corrent continu de 10 o 24 volts.
<u>Altres</u>	Lleugers (uns quants mil·ligrams). Petits (pocs mil·límetres).
<u>Aplicacions</u>	Publicitat, il·luminació de lletres, efectes decoratius, actualment s'està treballant per a la il·luminació d'interiors.
<u>Taula de característiques lumíniques</u>	Consultar fabricants (OSRAM, Phillips...).

14. Noves tendències

Cadascuna de les làmpades vistes no és “millor” que una altra, sinó que presenta una sèrie d'avantatges i inconvenients en funció de l'aplicació que se li vol donar.

Actualment es treballa per a l'aparició de **noves fonts lluminoses** i per a la **millora de les existents**. Pel que fa a aquesta última hi ha una sèrie de directrius que marquen el seu desenvolupament:

- **Millorar d'eficàcia de les làmpades.**

- **Reduir els riscos mediambientals:** disminuir la radiació UV quan pot ser perjudicial per a la salut i reduir els elements perillosos com ara el mercuri, plom i altres. Pel que fa a aquesta última reducció cal esmentar que ja hi ha normativa que restringeix l'ús de determinades substàncies com és el cas del “Real Decret sobre aparells elèctrics i electrònics i gestió de residus” (RAEE) i la RoHS Directiva 2002/95CE que limita les quantitats de certes substàncies en els aparells.

Figura 129: taula d'excepcions i limitacions de la RoHS (font: “Código Técnico de la Edificación y otras normas relacionadas con el alumbrado” de Philips).

Sustancia	Aplicaciones	Exención Máx. valor
Mercurio	Compactas Integradas y No Integradas	< 5 mg
	Lámparas fluorescentes rectas (fines generales)	< 10 mg
	Halofosfatos (lámparas estándar)	< 5 mg
	Trifosfatos vida normal (Gama 80)	< 8 mg
	Trifosfatos vida prolongada (Xtra/Xtreme)	Exento
	Fluorescentes para fines especiales	Exento
	Lámparas HID (compactas)	Exento
Plomo	Vidrio de arrancadores y tubos fluorescentes	Exento
	Soldaduras de alta temperatura de fusión (Pb>85%)	Exento
	Piezas cerámicas electrónicas (por ejemplo, en excitadores)	Exento

- **Millorar les prestacions:**

- 1) **Ampliar la gamma de potències.**
- 2) **Augmentar les prestacions quantitatives** (eficàcia, vida...).
- 3) **Variar la qualitat** (Temperatura de color, forma...).

Tot això pot conduir a trencar les barreres que tenen les diferents famílies de fonts lluminoses.

15. Panells luminiscents

Els utilitzats **tubs de raigs catòdics** il·luminen la imatge per **fosforescència** de la pantalla. En canvi, la tecnologia **LCD** (cristall líquid) filtra la llum procedent d'una font independent. Per tant, és necessari que la intensitat de llum sigui elevada i estigui distribuïda uniformement a tota la pantalla. Amb tecnologia es poden tenir pantalles molt més planes, realitzar moltes més escenes lluminoses...

16. Equips auxiliars amb tecnologia electrònica

Ja se n'ha parlat anteriorment però com que són molt nombroses les làmpades que reben l'energia de l'equip auxiliar, i aquest de la xarxa, val la pena que aquest equip estigui a l'avantguarda de les tecnologies i es conegui més a fons les seves possibilitats.

El **balast electrònic** redueix les pèrdues elèctriques, millora l'eficàcia, estabilitat, vida útil de la làmpada i agrupa les funcions del balast, arrencador i condensador en un mateix aparell. Dit d'una altra manera, redueix el **consum propi** dels equips auxiliars, disminueix la calor dissipada per les lluminàries, permet construccions compactes i millora altres factors tèrmics.

En definitiva, **millora condicions del subministrament elèctric a les làmpades:**

a) De forma general:

- Tensió d'alimentació: constant, sense fluctuacions. També la possibilitat de treballar amb corrent continu.
- No cal correcció del factor de potència.
- Encesa inicial: suau i instantània, sense cebadors.
- Vibracions: s'eliminen i amb elles els sorolls estructurals desapareixen.
- Desconnexió automàtica: en cas de fallada d'algun element es desconnecta immediatament per tal d'evitar altres danys en el circuit.

b) De forma particular:

- Operació a alta freqüència: de 25000 a 70000 Hz. Incrementa l'eficàcia de la làmpada, disminueix els parpellejos i l'efecte estroboscòpic. Es pot regular el flux lluminós emès per la làmpada, variant Hz es varia el flux i el consum energètic.
- Circuits d'informació: el punt de llum es converteix en un element bàsic del sistema de maniobra, regulació i control de la instal·lació (automatització, enregistrament de dades...)

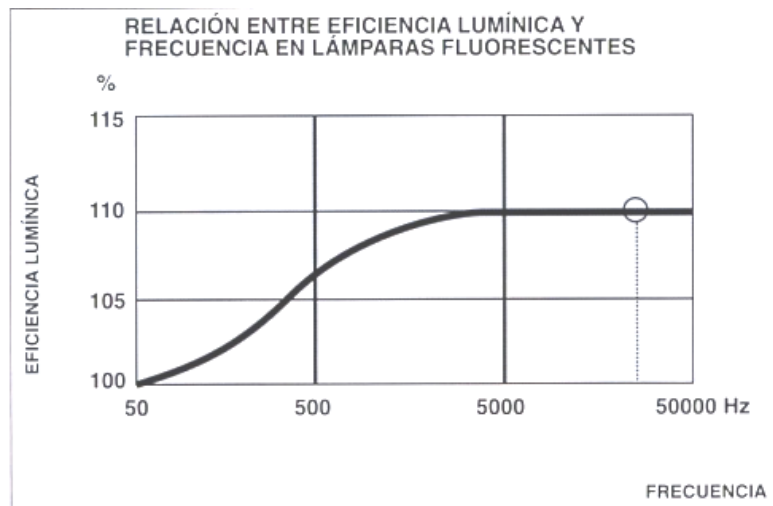


Figura 130: extreta del "Manual de luminotecnica" de OSRAM.

Amb sensors de llum, de presència, reguladors de llum constant barrejats amb domòtica, mitjançant control informàtic, es poden optimitzar les instal·lacions.

Disseny d'enllumenat

1. Bases

Un disseny adequat ha de complir diferents exigències com ara tècniques, lumíniques, funcionals, econòmiques, energètiques... I totes aquestes estan interrelacionades de tal forma que totes tenen la seva importància relativa en funció de l'aplicació.

- **Requisits lumínics**

No n'hi ha prou amb el nivell d'il·luminació mitjà, ja que el confort visual depèn de la interacció de varis paràmetres, com la uniformitat (distribució del nivell d'il·luminació a l'espai), aspecte del color i altres... En general es poden definir els següents:

- Nivell mitjà d'il·luminació (il·luminància):

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

essent E: il·luminància
 Φ : flux lluminós
 S: àrea

Els lux són una magnitud quantificable i responen al concepte d'un estímul visual més o menys intens.

- Luminància:

Tal i com s'ha explicat anteriorment, la intensitat de l'estímul visual no depèn del nivell d'il·luminació, sinó de la luminància. Normalment l'observador es troba amb superfícies que solen presentar reflexió difusa, i no especular. En aquestes condicions es pot suposar una proporcionalitat entre les dues magnituds amb suficient exactitud com per evitar la complexitat que representa l'estudi, el càlcul i la mesura de luminàncies.

Tot i així, hi ha casos amb condicions visuals crítiques que aconsellen estudiar els nivells de luminància com per exemple en autopistes:

CAMPO DE APLICACIÓN					
CLASE DE ALDO	TODAS LAS CALZADAS L(cd/m2) Mínima mantenida	TODAS LAS CALZADAS Uo mínima	TODAS LAS CALZADAS TI %. Máximo	CALZADAS SIN O CON POCAS INTERSECCIONES Ui Mínima inicial (3/4)	CALZADAS CON ACERAS NO ILUMINADAS SR Mínimo
M1	2	0,4	10	0,7	0,5
M2	1,5	0,4	10	0,7	0,5
M3	1	0,4	10	0,7	0,5
M4	0,75	0,4	10	N.R.	N.R.
M5	0,5	0,4	10	N.R.	N.R.

Figura 131: recomanacions per a autopistes (font: "Manual de luminotecnia" d'OSRAM).

En aquests casos, degut a la complexitat del càlcul, es necessita d'ajut **informàtic** o bé fer simplificacions com considerar superfícies **perfectament difusores** i **factors de reflexió** coneguts. Llavors es pot calcular la luminància a partir de la il·luminància mitjançant la **Llei de Lambert**:

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

essent L: luminància de la superfície

E: nivell d'il·luminació

P: factor de reflexió del material

- Uniformitat:

Aquesta vol expressar les diferències locals en diferents zones de la superfície il·luminada.

Uniformitat mitja:

$$U_{med} = \frac{E \text{ mínima}}{E \text{ mitja}}$$

Uniformitat extrema:

$$U_{ext} = \frac{E \text{ mínima}}{E \text{ màxima}}$$

La **uniformitat mitja** és el paràmetre més utilitzat en la definició d'exigències lumíniques. Es pretén que l'ull mai tingui una adaptació dolenta.

La **uniformitat extrema** és molt utilitzada quan cal recórrer amb la mirada tota l'àrea il·luminada, ja que l'ull s'haurà d'adaptar als extrems d'il·luminància que hi hagi a tota la superfície.

- Equilibri:

En aquest cas s'inclouen plans d'orientació diferent a l'àrea de treball.

$$\frac{\text{estímul visual de l'àrea d'activitat}}{\text{estímul visual en zones circumdants (camp visual)}}$$

$$\frac{\text{estímul visual de l'àrea d'activitat}}{\text{estímul visual en qualsevol zona del local}}$$



Figura 132: estimul visual a l'àrea de treball (font: "Manual de luminotecnica" d'OSRAM).

Es pretén evitar valors de luminància tan diferents que puguin originar **estímuls zonals**, donant lloc a fatigues o distraccions. En aquest sentit, tan inconvenient pot ser un estímul gran com petit. Això passa molt en les finestres, durant el dia presenten luminàncies molt elevades, durant la nit molt baixes. També val a dir que en molts casos s'ha d'evitar una il·luminació massa equilibrada que doni lloc a la fatiga o **monotonia**.

- Enlluernament:

Aquest fenomen és ocasionat per la presència dins del camp visual de intensitats lumíniques molt superiors a la mitja. Per exemple, durant el dia un cotxe que porti els llums encesos no ens enlluerna perquè el camp visual es compon de valors de luminància alts, però a la nit sí ja que el camp visual té valors de luminància molt baixos.

L'enlluernament pot ser **directe** si prové d'una font de llum o **indirecte** si la llum incideix amb una superfície d'elevada reflectància o especularitat:

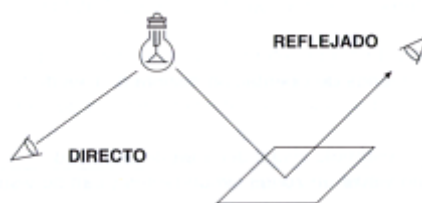


Figura 133: enlluernament directe i reflectat (font: "Manual de luminotecnica" d'OSRAM).

La capacitat visual en casos d'enlluernament es veu reduïda per varis fenòmens:

- Disminució del diàmetre de la pupila.
- Reducció de la sensibilitat de la retina. Aquesta pot arribar fins a la "ceguera temporal" (quan es mira el sol o una bombeta).
- Difusió de la llum en els líquids de l'interior del globus ocular.
- Incomoditat psicològica.

En casos d'enlluernament intens la pèrdua de capacitat visual és òbvia, però amb valors més baixos l'observador pot ser inconscient i a la llarga tenir fatiga.

- Color:

Són aspectes que ja s'han definit anteriorment;

- **To:** color bàsic de la llum (blanc, groc, blau...)
- **Reproducció del color:** fidelitat en la reproducció del color natural dels objectes, entenent el color natural al percebut sota condicions de llum solar en determinades característiques.

- **Temperatura de color:** sensació psicològica de “calidesa” o “fredor” generada per la llum.

- Modelat:

Capacitat de la llum per reproduir el **volum** dels objectes. Aquesta va lligada a la formació d'ombres. Un il·luminació frontal que no faci ombres genera una imatge plana i sense relleu.

Un modelat equilibrat exigirà ombres de dimensions mitges, amb un angle d'incidència de llum entre 35 i 55 graus i de dalt a baix per evitar una aparença antinatural de les ombres.

Ombres massa denses poden causar un efecte dramàtic. Si es desitja evitar-ho, convé complementar la **il·luminació directa** amb **il·luminació difusa**, o amb una altra font d'il·luminació directa de menor intensitat i direcció complementària.

• **Prescripcions d'il·luminació. Visibilitat**

Les diferents necessitats d'il·luminació a cada cas poden expressar-se mitjançant prescripcions en que figuren:

- El tipus de zona o activitat.
- El grau o intensitat d'utilització.
- Els paràmetres d'il·luminació recomanats.

S'intenta, en certes ocasions, aconseguir la integració òptima de tots els conceptes explicats anteriorment. Tot i així, com que el procés visual és molt complex, només resulta possible obtenir el 100% de concordança en casos molt específics.

• **Requisits d'ambient**

Tots els apartats anteriors fan referència als aspectes funcionals de la il·luminació. Tots aquests determinen la **imatge de l'espai**. Així doncs, cal tenir en compte, a part de la funcionalitat lumínica, altres aspectes com:

- L'estructura compositiva de la il·luminació.
- La incidència de l'enllumenat de l'estètica i estil de l'espai.
- L'ambient i el caràcter generat per la il·luminació.

Tots aquests aspectes incideixen també sobre els factors funcionals (clima laboral, atenció...) i en alguns casos poden superar-los en importància.

- **Aspectes tecnològics i exigències de servei**

A més d'utilitzar **components de qualitat i durabilitat** s'ha de tenir en compte els següents factors per un disseny d'il·luminació:

- Ser factible construir els elements previstos.
- Les possibles dificultats o limitacions d'instal·lació del sistema.
- Els processos de manteniment necessari per garantir la continuïtat de prestacions.
- La possible problemàtica d'eliminació de residus durant la vida de la instal·lació i al seu final.

Per altra banda, el disseny també preveu els condicionants de servei de la instal·lació:

- **Maniobrabilitat:** encesa, apagat, regulació...
- **Elasticitat d'ús.**
- **Seguretat intrínseca:** elèctrica i mecànica.

- **Economia de l'enllumenat**

El **cost d'un enllumenat** està format de tres elements:

- **Instal·lació:** elements i obres.
- **Manteniment:** reparacions, neteja, substitucions.
- **Consum:** energia elèctrica necessària pel funcionament.

Voler reduir el cost d'un d'aquestes tres aspectes pot repercutir tant negativament que el cost dels altres pugui en excés i el total sigui major.

L'economia no és únicament reduir costos, sinó l'**optimització servei/cost**. Mai es poden comparar els costos de dues instal·lacions amb diferents prestacions i s'han de rebutjar, en principi, aquelles reduccions de costos que condueixin a un nivell d'il·luminació per sota de l'exigit.

- **Eficiència energètica**

Per tal de disminuir el **consum d'energia**, associat als **costos d'explotació i mediambientals**, sempre s'intenta **optimitzar** la relació entre el **servei donat per la il·luminació** i el **consum d'energia necessari**.

Des del punt de vista del disseny es busca:

- Eficàcia de les fonts de llum.
- Eficiència del disseny lumínic.

A més, com que el consum d'energia s'ha de tenir en compte durant tot l'ús de la instal·lació s'ha de considerar:

- Minimitzar les pèrdues per depreciació de les instal·lacions (factor de manteniment).
- Preveure sistemes de maniobra que permetin adaptar els nivells i horaris de funcionament a les necessitats reals de cada situació.
- Preveure els mitjans de mesura i control necessaris per conèixer l'evolució dels consums, les seves desviacions i facilitar la gestió d'ús de les instal·lacions.

L'eficiència energètica es determina amb l'índex d'eficiència energètica present a la normativa del nou Codi Tècnic de l'Edificació. Només a tall d'exemple:

IEE òptimo	2,0
IEE medio	3,5
IEE máximo	4,5

Figura 134: índex d'eficiència energètica en aules
(font: "Guía Técnica: Eficiencia Energética en Iluminación de Centros Docentes" d'IDAE).

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

Essent P: potència total instal·lada en làmpades més equips auxiliars en Watts

S: superfície il·luminada en m²

E_m: il·luminància mitja horitzontal mantinguda en lux

2. Procés

Un projecte d'enllumenat conté les següents fases:

- **Especificacions lumíniques**

Les condicions lumíniques necessàries per a desenvolupar una tasca concreta han de tenir:

- **Fiabilitat:** poder apreciar visualment tots els objectes necessaris.
- **Facilitat:** que el procés visual no condueixi a inconfort i fatiga.
- **Significació:** destacar els aspectes rellevants.

Una bona **anàlisi d'exigències visuals** per a cada finalitat ha de comprendre tres aspectes:

a) **L'observador** implicat en la tasca:

Des del punt de vista de **capacitat visual**, els usuaris d'un sistema d'il·luminació es poden denominar com una "població estadísticament normal", on les normes i reglamentacions són vàlides en general.

En altres casos, com les zones destinades per gent gran, les **especificacions lumíniques**, que abans eren igual per tothom, s'han de modificar augmentant els nivells d'il·luminació i tenint molt en compte l'enlluernament.

Altres aspectes **culturals** o **sociològics** tampoc poden ser oblidats.

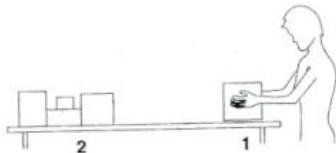
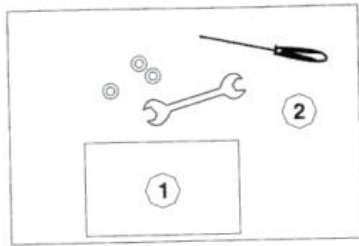
b) **La zona d'activitat**, estudiant:

- Forma i dimensions (sobretot alçada).
- Claredat, colors i textures predominants.
- Centre d'atenció preferents.

Tanmateix, l'anàlisi de la zona ha de comprendre dues consideracions bàsiques.

1. **Local:** entenent el recinte general a il·luminar. Poden haver-hi diferents zones segons els usos com ara zones de treball, d'emmagatzematge, de circulació... En cadascuna d'aquestes el tractament lluminós pot ser diferent.
2. **Lloc de treball:** zona concreta on es desenvolupa la tasca (taules d'oficina, màquina...). Aquest lloc de treball també té dues àrees que s'han de diferenciar:
 - **Àrea de treball** que comprèn la zona concreta on es realitza la feina.

- **Entorn**, que és la zona que envolta l'àrea de treball i que intervé de forma esporàdica en la tasca (recollir eines, endreçar...) però que no necessita



1: AREA DE TRABAJO
2: ENTORNO

l'esforç visual propi de la tasca. Aquí quasi sempre les condicions són menys exigents que a l'àrea de treball.

En nombroses ocasions la tasca no es realitza en el pla horitzontal sinó en el vertical o inclinat (pissarra...).

En aquests casos, les exigències d'il·luminació han d'estar referenciats en aquest pla, i és aquí on s'han de calcular i controlar les condicions d'il·luminació.

Figura ???: il·luminació en el lloc de treball ("Manual de luminotecnica" de OSRAM).

c) **La tasca a realitzar**, considerant principalment els següents aspectes que determinen condicions d'il·luminació més o menys exigents:

- **Mida** dels objectes.
- **Contrast** entre objectes i fons.
- **Dificultat** de la tasca: precisió, complexitat, velocitat.
- **Duració**.

Depenent de les tasques, poden haver-hi **exigències específiques**:

- **Rellevància del color** com en l'estampat tèxtil.
- **Importància del modelat**.

D'aquest anàlisi se'n dedueix els valors i característiques d'il·luminació que facilita la normativa.

- **Selecció del tipus d'enllumenat**

Bàsicament es trien les **làmpades i lluminàries** i la manera **d'implantar-les**. És important tenir les següents especificacions:

- Característiques del color de la llum emesa.
- Gamma de potències disponible.
- Dimensions de l'emissor de llum quan sigui il·luminació accentuada o de projecció.

La tipologia de lluminàries està condicionada per la seva **distribució fotomètrica**.

La **modalitat d'implantació** està condicionada per la prèvia elecció de fonts de llum i lluminàries i per:

- Condicionants dimensionals i constructius (alçada disponible, espais, solidesa de la fixació...).

- L'estructura d'il·luminació desitjada.

- Els condicionats d'ocupació de l'espai per persones, mobiliari, ombres, reflexes...

Sempre solen haver-hi **alternatives** ja que a mesura que el projecte avança van apareixent limitacions.

- **Predimensionat bàsic**

Un cop seleccionat el tipus d'enllumenat, el següent pas del procés és establir les dimensions bàsiques de la instal·lació:

h: alçada d'implantació

a: separació en amplada entre lluminàries

I: separació longitudinal entre lluminàries

w: potència de les làmpades a utilitzar

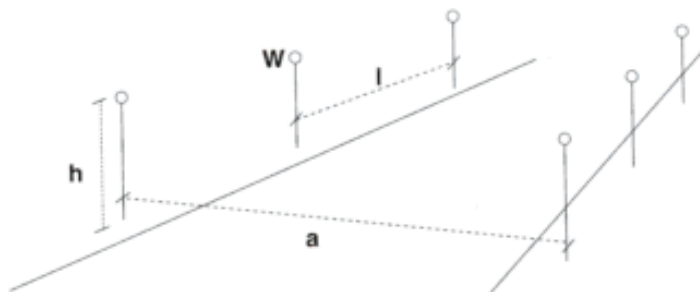


Figura 135: esquema bàsic d'una zona vial (font: "Manual de luminotecnica" d'OSRAM).

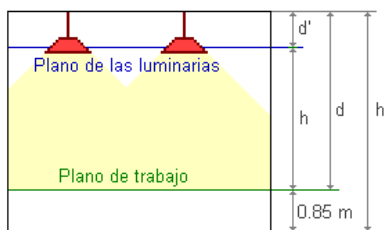
Totes les variables a dimensionar estan relacionades entre sí. El procés de predimensionat pot començar en qualsevol d'elles (la que estigui limitada pel projecte) i avançar cap a les altres establint un sistema de retroalimentació que corregeixi les primeres dimensions en funció de la adequació dels resultats de les últimes.

En instal·lacions exteriors la variable a sol estar limitada, mentre que en disseny interior és l'alçada h que limita.

Agafant aquesta última, **il·luminació per a interiors**, influeix en a i I, ja que per raons d'uniformitat la relació a/h i I/h no pot superar uns certs valors, igualment que

la potència w. Les següents taules i fórmules són tretes de www.edison.upc.edu mostren alguns d'aquests raonaments:

Tipus de lluminària	Alçada del local	Distància màxima entre lluminàries
intensiva	> 10 m	$e \leq 1.2 h$
extensiva	6 - 10 m	$e \leq 1.5 h$
semiextensiva	4 - 6 m	
extensiva	≤ 4 m	$e \leq 1.6 h$
distància paret-lluminària: $e/2$		



h: alçada entre el pla de treball i les lluminàries
h': alçada del local
d: alçada del pla de treball al sostre
d': alçada del sostre a les lluminàries

Figura 136: www.edison.upc.edu.

	Alçada de las lluminàries
Locals d'alçada normal (oficines, vivendes, aules...)	Més altes possibles
Locals amb il·luminació directa, semidirecta i difusa	Mínim: $h = \frac{2}{3} \cdot (h' - 0.85)$ Òptim: $h = \frac{4}{5} \cdot (h' - 0.85)$
Locals con il·luminació indirecta	$d' \approx \frac{1}{4} \cdot (h' - 0.85)$ $h \approx \frac{3}{4} \cdot (h' - 0.85)$

Un dels factors que més interessin al fer el predimensionat és el nombre de punts lluminosos. La fórmula utilitzada de forma general és la següent:

$$\text{Nivell d'il·luminació} = \frac{\text{Flux útil}}{\text{Àrea}}$$

Aquesta mateixa fórmula es pot expressar d'una altra manera, i aquesta és la més utilitzada:

$$E = \frac{\Phi \cdot n \cdot Fu \cdot Fc}{S}$$

Essent Φ : flux total de la lluminària = flux total de la làmpada x nombre de làmpades en una lluminària

E: nivell d'il·luminació desitjat o imposat per normativa

n: nombre de lluminàries (si cada lluminària té una làmpada és equivalent al nombre de làmpades)

Fu: factor d'utilització

Fc: factor de conservació

S: superfície del pla de treball

En el cas de l'esquema d'una zona vial es pot obtenir un altra fórmula semblant, tot i que també es pot aplicar la fórmula anterior, que és el que se sol fer:

$$E = \frac{\Phi_L \cdot n \cdot Fu \cdot Fc}{a \cdot I}$$

Essent Φ_L : flux total de la làmpada

E: nivell d'il·luminació desitjat o imposat per normativa

n: nombre de làmpades per lluminària

Fu: factor d'utilització


Fc: factor de conservació

a i I: separació entre lluminàries

Per tal de resoldre les fórmules anteriors és precís conèixer els **coeficients de conservació** (o manteniment) i **utilització**. Aquests se solen donar per a diferents tipus de lluminàries a través de **taules** i **corbes** en funció de les condicions de l'estudi.

De vegades, per conèixer aquests paràmetres, serà necessari l'ús de l'**índex del local k**. La primera fórmula de la taula següent és la que marca el nou Codi Tècnic de l'Edificació (CTE).

Figura 137: www.edison.upc.edu.

 <p>El diagrama mostra un sistema d'il·luminació amb un pla de treball (Plano de trabajo) i un pla de les lluminàries (Plano de las luminarias). Les dimensions indiquades són: h' (alçada total), h (alçada del pla de les lluminàries), d (distància entre el pla de les lluminàries i el pla de treball), i 0.85m (distància mínima entre el pla de treball i el pla de les lluminàries).</p>	<p>Sistema d'il·luminació</p>	<p>Índex del local</p>
	<p>Il·luminació directa, semidirecta, directa-indirecta i general difusa</p>	$k = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)}$

	Il·luminació indirecta i semi indirecta	$k = \frac{3 \cdot a \cdot b}{2 \cdot (h + 0.85) \cdot (a + b)}$
--	---	--

A més, molt sovint, un cop es té aquest valor també cal conèixer els **factors de reflexió** que de forma senzilla poden ser:

	Color	Factor de reflexió (ρ)
Sostre	Blanc o molt clar	0.7
	Clar	0.5
	Mitjà	0.3
Parets	Clar	0.5
	Mitjà	0.3
	Fosc	0.1
Terra	Clar	0.3
	Fosc	0.1

Un cop es disposa dels factors de reflexió i de l'índex del local alguns fabricants donen una sèrie de taules com la següent per trobar el coeficient d'utilització:

Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización (η)								
		Factor de reflexión del techo								
		0.7	0.5	0.3	Factor de reflexión de las paredes					
		0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1
	1	.28	.22	.16	.25	.22	.16	.26	.22	.16
	1.2	.31	.27	.20	.30	.27	.20	.30	.27	.20
	1.5	.39	.33	.26	.36	.33	.26	.36	.33	.26
	2	.45	.40	.35	.44	.40	.35	.44	.40	.35
	2.5	.52	.46	.41	.49	.46	.41	.49	.46	.41
	3	.54	.50	.45	.53	.50	.45	.53	.50	.45
	4	.61	.56	.52	.60	.56	.52	.60	.56	.52
	5	.63	.60	.56	.63	.60	.56	.62	.60	.56
	6	.68	.63	.60	.66	.63	.60	.65	.63	.60
	8	.71	.67	.64	.69	.67	.64	.68	.67	.64
10	.72	.70	.67	.71	.70	.67	.71	.70	.67	

Si fa falta es pot interpolar.

Figura 138: www.edison.upc.edu.

Finalment, pel **factor de manteniment**, si l'ambient és net s'utilitza **0,8** i si és **brut 0,6**, de forma simplificada.

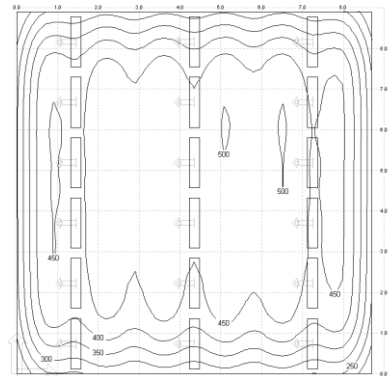
Acabant amb l'exemple, es poden utilitzar les següents fórmules per il·luminació d'interiors per trobar la disposició de les lluminàries un cop s'ha trobat el nombre total d'aquestes, en funció de la llargària i l'amplada total del local:

$$n(\text{ample}) = \sqrt{\frac{n(\text{total})}{\text{llargària}}} \times \text{amplada}$$

$$n(\text{llarg}) = n(\text{ample}) \times \frac{\text{llargària}}{\text{amplada}}$$

Nota: totes aquestes fórmules es poden utilitzar de forma general, però el món luminotècnic és molt complex i cal un bon estudi i fer ús dels actuals **simuladors i programes informàtics de càlcul**, que mitjançant les **dades fotomètriques** i les **dades de la instal·lació** permeten fer tots els càlculs necessaris pel dimensionat. A més, també proporcionen les **corbes isolux** que són molt interessant per veure com es distribueixen els nivells d'il·luminació en el pla de treball o on es desitgi conèixer.

Figura 139: exemple de corbes isolux amb el programa ILUGRAM.



D'aquesta manera es pot determinar el **nivell d'il·luminació** resultant, en el cas d'estar definida la instal·lació, els **paràmetres dimensionals** necessaris per proporcionar el nivell desitjat o el **nombre de lluminàries** necessari per unes dimensions i necessitats lumíniques.

Bibliografía i pàgines web

Bibliografía:

Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación de Centros Docentes. *IDAE*

Manual de luminotecnia. *OSRAM*

Guía Técnica: Aprovechamiento de la luz natural en la iluminación de edificios. *IDAE*

Código Técnico de la Edificación y otras normas relacionadas con el alumbrado.
PHILIPS

Guía Técnica de Iluminación Eficiente. *IDAE*

Catálogo General de Luz 2007. *OSRAM*

El libro del LED. *OSRAM*

Pàgines web:

www.lighteducation.com

www.edison.upc.edu

Llum fluorescent

1. Introducció a la làmpada fluorescent

- **Introducció a la llum:**

Es defineix com a llum la porció de l'espectre electromagnètic visible per l'ull humà. Aquesta és considerada tant una ona perquè compleix que té una determinada longitud (λ) i una determinada freqüència, com al mateix temps, també és considerada una partícula i per tant té una massa i una energia de moviment associada.

L'espectre electromagnètic és el conjunt de totes les ones electromagnètiques, que tenen comportament elèctric i magnètic.

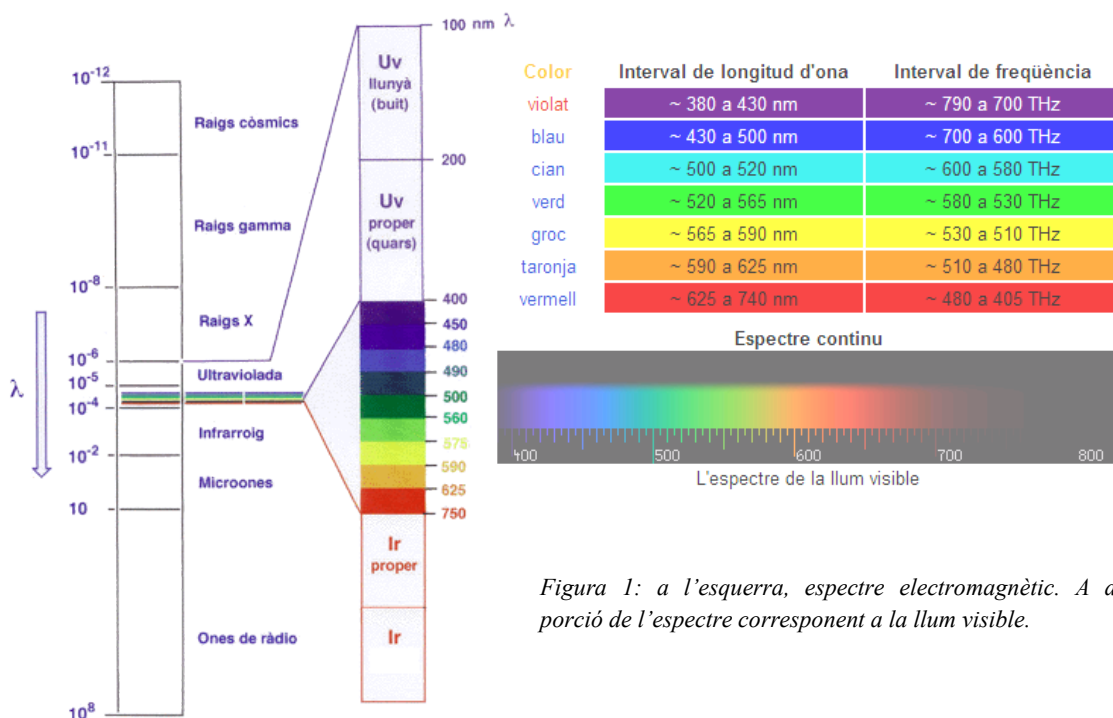


Figura 1: a l'esquerra, espectre electromagnètic. A dalt, porció de l'espectre corresponent a la llum visible.

Per tal d'entendre el comportament de la làmpada fluorescent s'han de definir dos conceptes més abans d'entrar en les parts que integren aquests elements:

Fluorescència: és un fenomen que es basa en la transformació de la llum ultraviolada invisible per l'ull humà a llum visible. Les substàncies fluorescentes només emeten en presència de llum excitadora.

Fosforescència: també es transforma la radiació ultraviolada, amb més energia, a llum visible, però en aquest cas es continua emetent durant un cert temps encara que la radiació excitadora s'hagi apagat.

- **Funcionament bàsic de la làmpada:**

Es tracta d'una làmpada de descàrrega elèctrica la qual cosa significa que la llum es produeix fent passar electricitat entre un vapor metàl·lic o un gas tancat a dins d'un tub.

Quan circula corrent elèctric a l'interior es forma un arc entre dos elèctrodes que passa a través del vapor de mercuri¹.

Aquest vapor ionitzat emet molt poca part de radiació visible i molta part de ultraviolada (2537 Å quan està a baixa pressió). Aquesta última radiació excita a compostos químics fluorescents (fòsfors) que recobreixen la superfície de l'interior del tub. D'aquesta manera els fòsfors i varis tipus de sals diferents emeten llum visible (aproximadament entre 380 i 720 nm)².

- **Interior de la làmpada:**

Entrant més en detall, els dos elèctrodes estan formats per un càtode (signe -), que és l'emissor d'electrons i un ànode (signe +). Tanmateix, aquests dos últims estan formats per un càtode de filament de tungstè enrotllat en espiral i dos ànodes en forma d'antena. Això és degut a que en CA l'elèctrode de cada extrem fa de càtode o d'ànode segons el semicicle elèctric en el qual es troba.

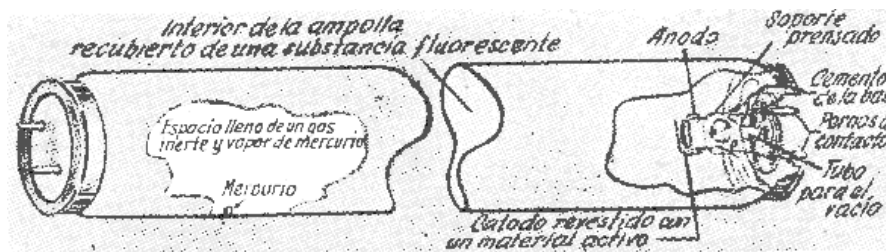


Figura 2: vista interior d'una làmpada fluorescent.

Els passos que es realitzen per muntar aquest element són primerament soldar els elèctrodes en el tub, llavors treure l'aire i finalment posar el gas a la pressió determinada. Aquesta pressió és molt important perquè si n'hi hagués massa costaria

¹ Aquesta explicació es basarà amb el vapor de mercuri però només és per posar un exemple, ja que pot ser vapor de sodi, tot i que el funcionament és lleugerament diferent. Recordar que el símbol del mercuri és Hg i que s'utilitzarà indistintament el símbol o el nom.

² 1 Å = 10⁻¹⁰ m, 1 nm = 10⁻⁹ m.

d'arrencar però donaria bona llum i, en canvi, si fos poca, l'arrencada seria menys costosa però la llum decreixeria molt. El gas està format per uns mil·ligrams de mercuri i una mica d'argó que facilita l'arrencada.

Cal dir que perquè circulin electrons del càtode cap a l'ànode el primer ha d'estar calent, hi ha d'haver el que s'anomena un preescalfament. Un cop calent hi ha pas de flux electrònic i per tant es genera l'arc. Gràcies a l'escalfor que genera aquest es vaporitza el mercuri i és en aquest punt en el qual ja es condueix tot el corrent.

- **Radiació útil de l'arc de mercuri a baixa pressió:**

Els electrons impulsats pel càtode xoquen amb els àtoms de mercuri desplaçant els electrons d'aquests. Quan els propis electrons del metall retornen a l'òrbita han d'alliberar energia perquè han estat excitats i donen radiació en gran part ultraviolada, que es concentra en una banda estreta de longituds d'ona propera a 2537 Å. És important mantenir la temperatura estable perquè no condensi el metall ionitzat o augmenti la pressió a l'interior del tub.

- **Les substàncies fluorescents converteixen radiació ultraviolada (UV) en llum visible:**

Els fòsfors fan la mateixa funció que un transformador elèctric, absorbeixen energia amb una longitud d'ona baixa (UV) i l'emeten en radiació visible. Val a dir, però, que $\frac{1}{4}$ de l'energia total que irradien els fòsfors és en forma infraroja, i per tant se sol transformar en calor³. Tot i així, les làmpades fluorescents s'anomenen fredes perquè en comparació a les d'incandescència fan molta menys calor ja que aquestes últimes es basen en fer escalfar molt un fil de tungstè per tal de que faci llum.

Cal esmentar que quan no hi ha corrent les làmpades solen ser de color blanc. Encara que hi ha una varietat bastant gran de colors en la qual es poden trobar aquestes làmpades.

Fòsforo	Color general	Zona de excitación * (Angstroms)	Sensibilidad máxima (Angstroms)	Zona de emisión (Angstroms)	Máximo de emisión (Angstroms)
Tungstato de calcio...	Azul	2200-3000	2720	3800-7000	4400
Tungstato de magnesio.	Blanco azulado	2200-3200	2850	3800-7200	4800
Silicato de zinc.....	Verde	2200-2960	2537	4500-6200	5250
Silicato de glucinio y zinc	Blanco amarillento	2200-3000	2537	4500-7200	5950
Silicato de cadmio	Rosado amarillento	2200-3200	2400	4300-7200	5950
Borato de cadmio	Rosado	2200-3600	2500	4000-7200	6150

Figura 3: taula on es poden observar els diferents tipus de "fòsfors", que no significa necessàriament que siguin compostos d'aquest àtom.

En la taula anterior es poden veure una mostra de diferents fòsfors, que són les substàncies transformadores de radiacions.

Aquestes radiacions donen lloc a una quantitat de llum emesa, les unitats de la qual són anomenades **lúmens** (lm), que ve a ser la potència útil lluminosa que dona la làmpada. Hi ha altres unitats com el stilb que és per mesurar la brillantor però ja formen part de la superfície a la qual s'il·lumina, no pas solament de la pròpia font lluminosa.

- **Necessitat d'equips auxiliars:**

1. *Preescalfament de càtodes de descàrrega* per permetre el pas inicial de l'arc.
2. *Limitar el corrent elèctric de la làmpada* degut a la resistència negativa i inherent a totes les fonts de descàrrega elèctrica.

El primer motiu se soluciona posant un interruptor d'arrencada o un element que permeti fer el preescalfament. Per tal de facilitar l'explicació es descriuran els sistemes inicials d'arrencada que actualment són diferents. N'hi havia dos de molt importants:

- a) *Interruptor magnètic*: s'obre i es tanca sobtadament el circuit d'escalfament (contactes) del càtode, esdevenint més calent fins a la descàrrega. Llavors la corrent de funcionament produïa a l'electroimant un camp magnètic suficient per mantenir els contactes oberts. Aquest sistema arrancava molt ràpidament però consumia massa potència i tenia massa parts mòbils.

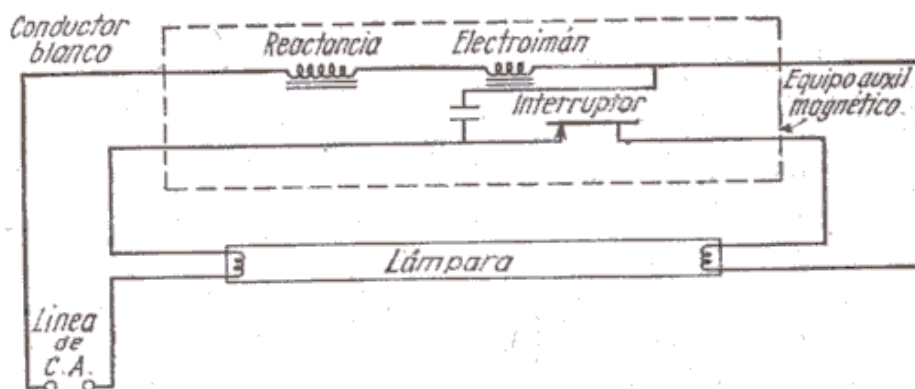


Figura 4: diagrama de connexions per l'equip auxiliar amb interruptor magnètic intern.

- b) *Interruptor tèrmic*: el corrent normal de preescalfament també passa per una petita resistència calefactora i aquesta calor actua sobre una làmina bimetal·lica on estan muntats els contactes. El problema és que necessitava uns segons per rearrencar, fins que els càtodes eren freds.

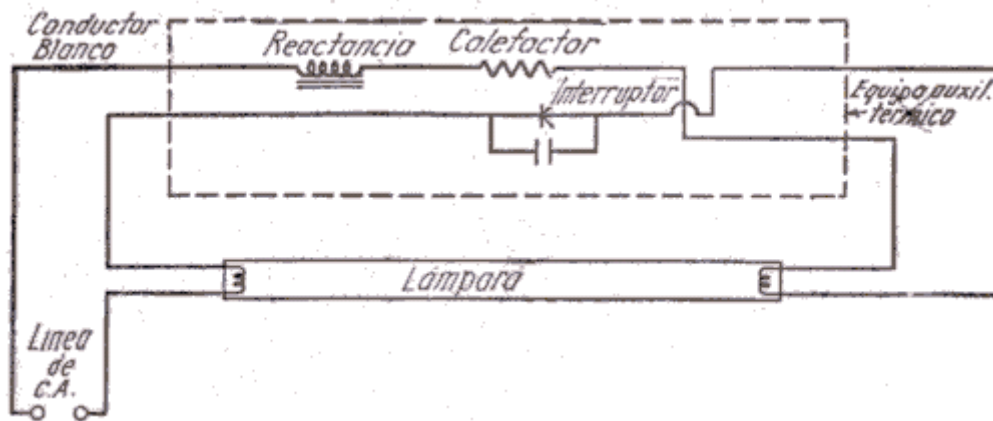


Figura 5: diagrama de connexions per equips auxiliars amb interruptors tèrmics interns.

Aquests dos sistemes varen ser els primers que permetien preescalfar els càtodes corresponents. D'aquí se'n van derivar diferents combinacions i més endavant es va tendir a arrencadors reemplaçables fins al punt que es van abaratir tant els preus que actualment és més econòmic canviar tot el fluorescent que arreglar alguna de les parts.

El segon motiu se soluciona posant el que s'anomena una **reactància** (nucli de ferro amb fil enrotllat, és a dir, bobina) en sèrie amb la làmpada i que permet limitar la corrent de pas a l'interior.

S'ha d'explicar una mica més en detall el perquè de posar una reactància. Si el voltatge que arriba a la línia puja resulta que la intensitat de l'arc també augmenta, però el fet és que la pèrdua de tensió en la làmpada disminueix quan aquesta intensitat puja. Per tant, si el voltatge augmenta lleugerament la mateixa làmpada consumiria més intensitat indefinidament fins que es destruí.

Una reactància ben calculada ha de permetre un cop fet el preescalfament produir el que s'anomena un "cop d'inducció" que subministra el suficient voltatge per arrencar. Llavors aquest mecanisme s'encarrega de mantenir el circuit en equilibri encara que hi hagi sobretensions. A més ha de complir que la pèrdua de potència sigui baixa, que funcioni a una bona temperatura i que el soroll degut als camps magnètics siguin els menors possibles.

La calor produïda per la descàrrega manté els elèctrodes calents i d'aquesta manera se segueix mantenint el pas de corrent.

Per tant, es pot considerar que un circuit fluorescent simple consta de la làmpada, la reactància per limitar el corrent de l'arc i l'interruptor d'arrencada per tenir el càtode calent abans de l'arrencada.

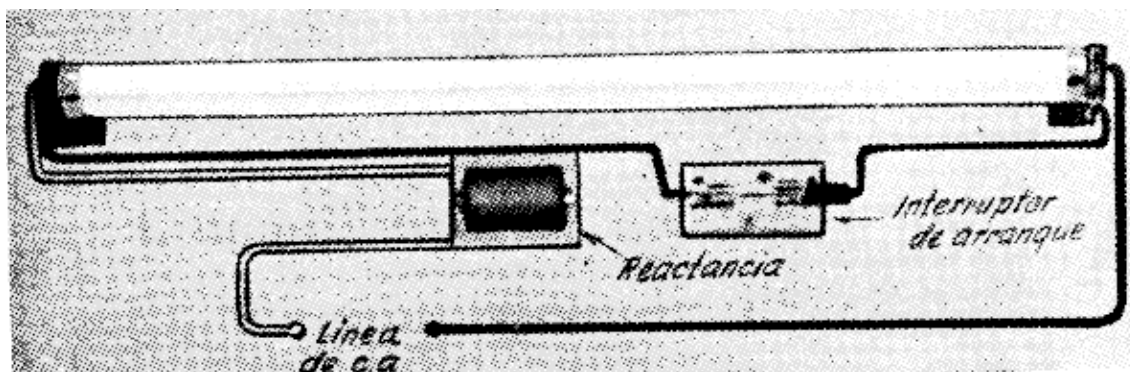


Figura 6: forma simple d'un circuit fluorescent.

Un altre equip auxiliar que es pot tenir és un condensador adequat (o més d'un) per tal de compensar el factor de potència. És necessari aquest element perquè les bobines consumeixen part de l'energia per generar els camps magnètics (o potència reactiva). Per tant, per la línia hi circularà la intensitat que es consumirà en els camps magnètics i la que es consumirà per fer la llum (que en termes de potència és l'activa o útil). Llavors els conductors han d'estar dimensionats pel tota de la intensitat i per tant són majors del que haurien de ser. En canvi, els condensadors es col·loquen junt amb la instal·lació de comportament inductiu i aporten energia reactiva a l'element i així per la línia només ha de circular la intensitat que es destinarà a treball útil.

- **Característiques de funcionament:**

1. Si el voltatge augmenta excessivament hi haurà sobreescalfament a la reactància i si disminueix molt la llum emesa serà inferior, l'arrencada costosa i el funcionament defectuós. El primer fenomen ja s'ha dit com evitar-lo, el segon és més costós perquè depèn directament de la tensió que arriba a la làmpada.
2. Efecte estroboscòpic: cada mig cicle elèctric la llum cau a 0 juntament amb el corrent. Com que la majoria de substàncies són fosforescents s'evita el parpelleig.

3. Efecte de la temperatura ambient: si baixa molt la calor de l'arc no és suficient per produir la temperatura òptima a les parets del bulb, a més condensa part del vapor de mercuri disminuint la radiació UV. En canvi, si la temperatura augmenta excessivament, la pressió del gas augmentarà, i com a conseqüència part de les radiacions poden passar a longituds d'ona majors disminuint així el rendiment dels fòsfors. A més es pot produir un increment de la reabsorció de la radiació de 253,7 nm per part del vapor de mercuri. Se suposa una temperatura exterior bona d'uns 20 a 30 °C.
4. Poden haver-hi vibracions degut als camps magnètics que es poden compensar amb un bon disseny de la làmpada i col·locant materials absorbidors.

- **Diferència de càlculs de potència amb la resta de làmpades:**

Bàsicament n'hi ha una i és que la potència total és la potència de la làmpada pròpiament i la potència que consumeix la reactància. Per tant si es volgués torbar la intensitat total que consumirà una làmpada s'hauria de fer

$$I = \frac{P_{lamp} + P_{react}}{Vx \cos \varphi}$$

- **Motius de fallada d'un fluorescent:**

Anteriorment es buscava quina de les diferents parts podria ser la que estava danyada; en canvi, actualment, surt molt més a compte canviar la làmpada degut a l'abaratiment dels preus d'aquestes tecnologies.

Fins aquest punt s'ha parlat dels principis fisicoquímics en els quals es basen les làmpades fluorescents, les diferents parts que les integren i altres paràmetres molt relacionats amb les pròpies fonts lluminoses, però no s'ha dit res de com poden il·luminar aquests elements segons els tipus de reflectors (elements que acompanyen per dirigir el feix de llum).

2. Elecció dels artefactes d'il·luminació; tria del tipus de font que més interessa

Primerament s'ha de definir un concepte molt important per tal de que la tria d'un determinat focus lluminós no sigui molest.

- **Enlluernament:**

Es pot definir de forma senzilla com una sensació molesta per un excés de llum. N'hi ha degut a dos motius:

1. *Llum directa:* pot ser degut a grans contrastos entre la font lluminosa i els voltants o bé perquè els punts lluminosos estan col·locats a dins del camp de visió de les persones.
2. *Llum reflectida:* es produeix en objectes polits, superfícies brillants, és a dir, en totes les superfícies especulars (semblant als miralls). La llum es reflexa en els ulls amb una brillantor massa elevada.

Els dos aspectes anteriors causen esforços oculars, dificultat de treball, fatiga i pèrdua de visibilitat...

- **Conservació:**

El decreixement del grau de lluminositat es produeix de manera lenta i per tant difícil d'observar si no és per comparació. Hi ha tres causes bàsiques que fan que les instal·lacions d'il·luminació, al cap d'un cert temps, no estiguin com al principi:

1. Depreciació de la llum emesa per la làmpada: fet que no es pot combatre perquè és propi de la font.
2. Acumulació gradual de pols i brutícia en la superfície de la làmpada i els reflectors: s'ha de netejar en moll.
3. Gradual ennegriment de les parets i el sostre: l'única solució és pintat quan faci falta.

- **Il·luminació en el pla horitzontal:**

És molt important en oficines, escoles i llocs on les superfícies a il·luminar siguin horitzontals. Aquesta il·luminació es mesura en lux.

- **Il·luminació en superfícies verticals:**

És important en botigues (aparadors) i en indústries on s'hagi d'observar de forma continuada objectes verticals (manòmetres...).

- **Corbes fotomètriques de distribució de la intensitat lluminosa:**

Són corbes que les donen els fabricants per tal de facilitar la feina dels enginyers. En aquestes es mostra com es distribueix la **intensitat lluminosa** en **candelas** (cd) al voltant de la font lluminosa. Si aquesta no és gaire gran es pot aplicar la llei inversa dels quadrats per saber el nivell d'il·luminació en lux que es disposa. Per

aplicar aquesta llei s'ha de considerar que la font de llum és puntual i no pas contínua. El nivell de cd es manté encara que la superfície s'allunyi del focus, però el nivell de lux disminueix amb el quadrat de

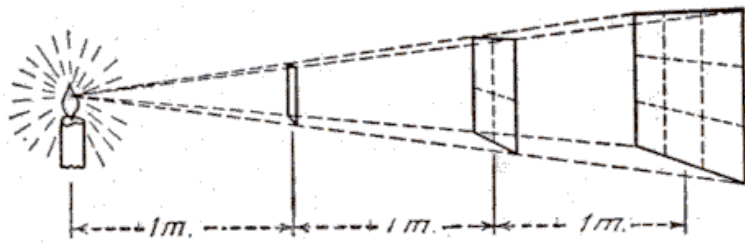


Figura 7: il·lustració sobre la llei inversa dels quadrats.

la distància. Dit d'una altra manera, si tenim una candela a la primera superfície, hi tindrem un lux, però en la segona n'hi tindrem 1/4 i a la tercera 1/9 part de lux. Expressat en termes matemàtics i si es considera el **lux** com la **il·luminància** (E), la **cd** (I) i la distància del focus a la superfície (d) es troba que $E = \frac{I}{d^2}$. Tot i que també es pot dir que el lux en funció del flux lluminós en lúmens (Φ) $E = \frac{\Phi}{A}$ essent A la superfície a il·luminar.

Tot i així, en les làmpades que s'estan estudiant no es compleix aquesta llei perquè són de tamany gran i no es comporten com un punt lluminós, sinó com a molts. Aleshores les corbes fotomètriques s'han d'obtenir mesurant la intensitat lluminosa i posant-la a unes coordenades polars.

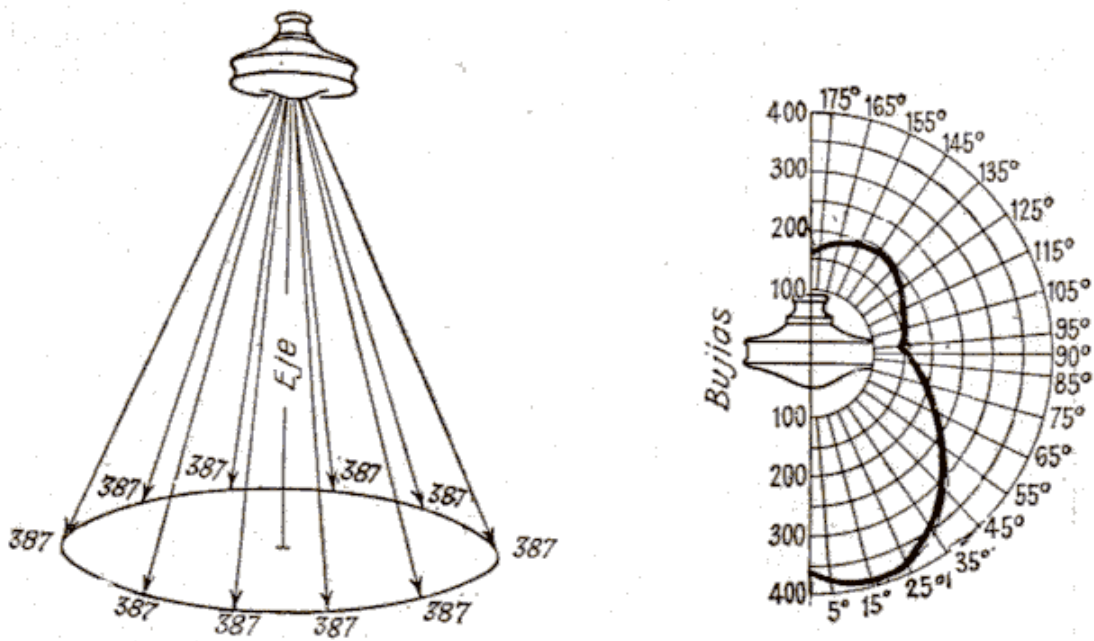


Figura 8: artefacte d'il·luminació de tipus simètric (no fluorescent) que dona la mateixa intensitat si està amb el mateix grau d'inclinació. A la dreta es mostra com es traçaria la corba. S'agafa cada angle i es mesura la intensitat, finalment s'uneix suaument els punts.

Aquesta figura anterior no és com un fluorescent però serveix per mostrar com es tracen les corbes, ja que aquest element és simètric i “escampa” la llum de manera equitativa a tots els costats. En canvi, si es vol

mirar la distribució fotomètrica al voltant d'un fluorescent “nu” sortiria semblant a la de la figura de la dreta. Com que la làmpada, tot i ser simètrica, no és un cos de revolució que giri sobre un eix vertical, són necessàries diferents seccions. Però la que és de major interès és la secció transversal que és la que donen la majoria

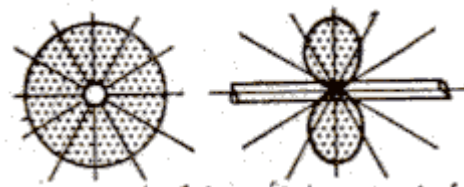


Figura 9: distribució fotomètrica al voltant d'una làmpada nua. A l'esquerra secció transversal i a la dreta longitudinal

de fabricants ja que dona una idea de com s'escampa la llum al llarg de tot el fluorescent i és on es pot veure la intensitat màxima. Òbviament hi ha diferents plans que s'han de tenir en compte però actualment hi ha molts programes informàtics que sabent les corbes fotomètriques subministrades per fabricants ja ens permeten calcular el nivell d'il·luminació o il·luminància en lux de les diferents superfícies.

- **Control de la llum de les làmpades fluorescentes:**

La direcció i amplada del feix de llum es pot controlar segons la forma, el material i el tamany dels reflectors. En la següent figura es pot observar com en funció del material utilitzat es poden aconseguir diferents efectes il·luminatius.

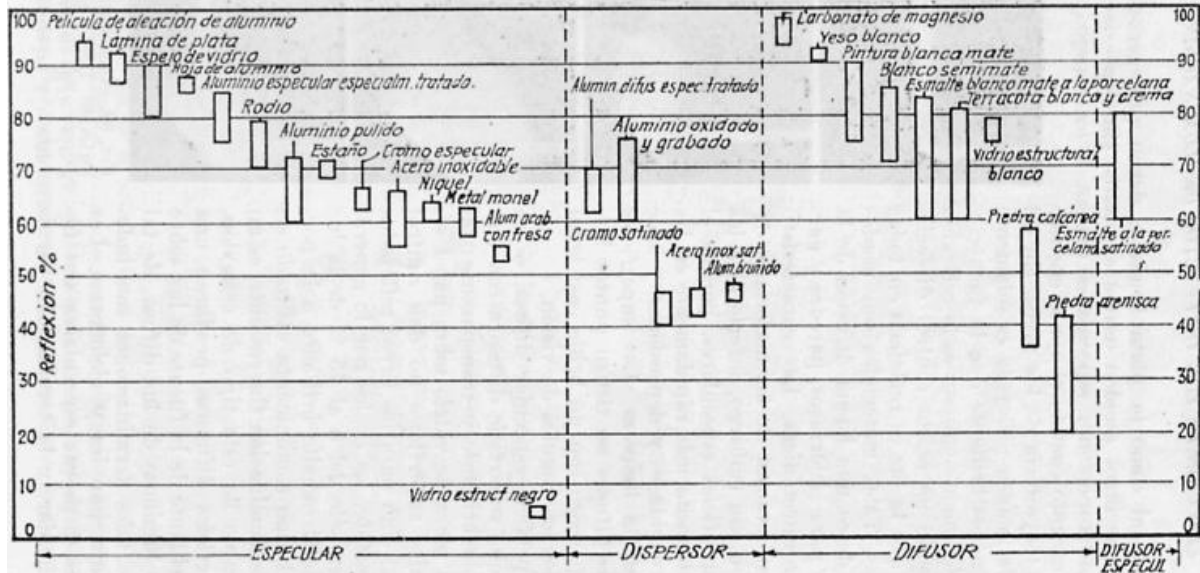


Figura 10: classificació dels materials reflectors i indicació dels seus coeficients de reflexió.

Val a dir que la diferència entre un dispersor i un difusor és que el primer aconsegueix una difusió parcial de la llum, és a dir, que hi ha angles d'observació de la superfície brillant i d'altres foscos.

- **Control de la brillantor per assegurar el confort lluminós:**

Hi ha sis factors que determinen el grau en que s'experimenta l'enlluernament.

1. Brillantor de la font.
2. Quantitat total de llum emesa en direcció a l'ull.
3. Contrast de la brillantor entre la font lluminosa, la superfície de treball i l'ambient.
4. Distància entre la font i l'ull.
5. Proximitat de la font a la línia de visió.
6. Espai de temps en el qual la font d'enlluernament es troba a dins del camp de visió.

Es disposa de dos mètodes per protegir l'ull de la brillantor de les làmpades fluorescentes:

a) *Mitjà difusor*: en la següent figura es pot observar la capacitat de difondre (escampar per igual la llum) que tenen diferents material.

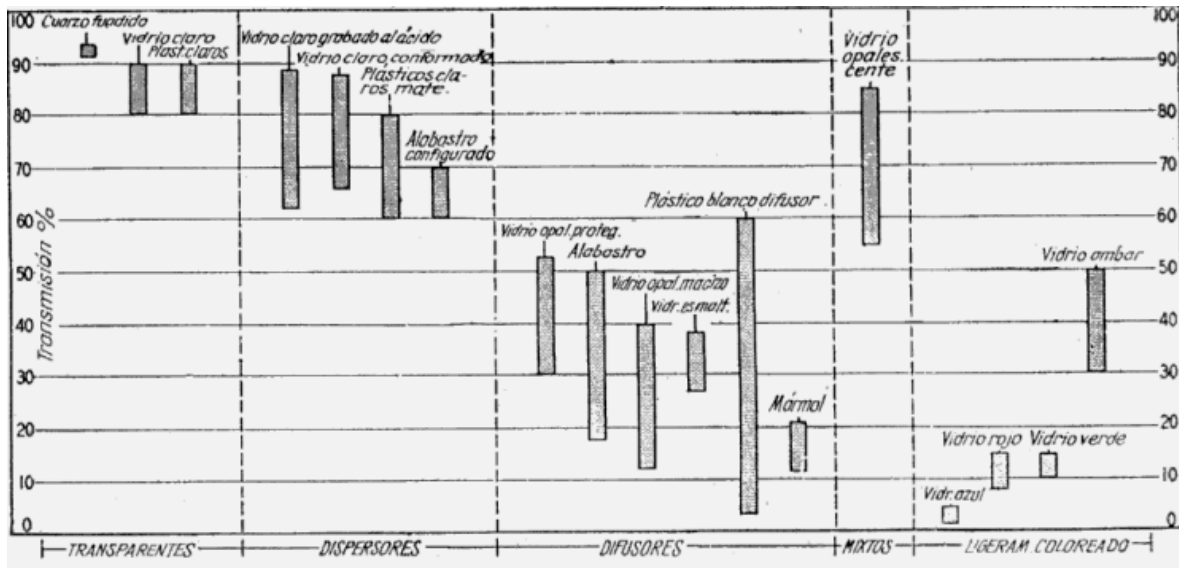


Figura 11: classificació dels materials transmissors.

b) *Envà*: es basa en interceptar la llum en la direcció indesitjada. Han de tenir un factor de reflexió tant alt com es pugui sense que la superfície presenti una brillantor incòmode.

- **Contrasts de brillantor:**

Es tracta d'un factor molt important en la producció d'enlluernament. La següent figura mostra tres exemples d'alts contrastes de brillantor que s'han d'evitar en la mesura del que sigui possible.

A il·lustra el resultat d'una instal·lació fluorescent de làmpades despullades en contacte amb el sostre. Si aquest és molt fosc el contrast és massa gran. B mostra el cas d'un reflector especular sense protecció adequada on aquest és menys brillant que la làmpada. C indica una diferència molt gran entre la làmpada i el costat opac de l'artefacte d'il·luminació.

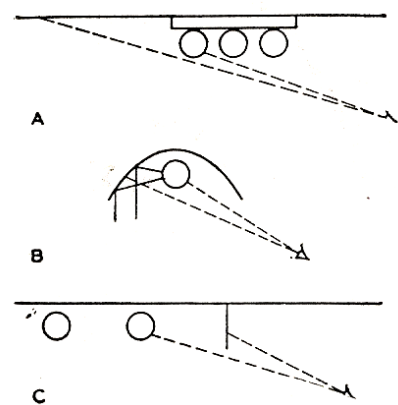


Figura 12: tres exemples de contrastes dolents de brillantor.

• **Angles de protecció recomanats:**

Aquests angles són els que corresponen a la direcció d'observació de l'artefacte en que justament deixa de veure's la làmpada o làmpades. La protecció longitudinal és obtinguda en el pla que conté l'eix de la làmpada, en canvi, la transversal és obtinguda en el pla perpendicular a l'eix de la làmpada, en el qual la brillantor és major.

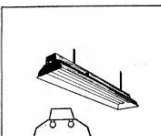
	Protecció longitudinal	Protecció transversal
Oficines	30°	45°
Negocis	25°	40°
Indústria	petita	15°

Figura 13: taula on es resumeix els angles de protecció aproximats.

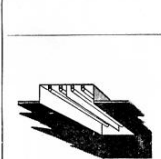
• **Tipus d'artefactes d'il·luminació fluorescent:**

Tot seguit hi ha varis tipus de sistemes d'il·luminació i com, de forma aproximada, es distribueixen les seves corbes fotomètriques. Les següents figures van acompanyades del text del llibre original d'on s'ha extret la majoria d'informació sobre llum fluorescent. A significa bo, B regular i C pobre.

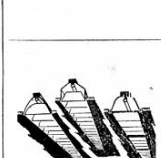
TIPOS DE ARTEFACTOS DE ILUMINACIÓN FLUORESCENTE



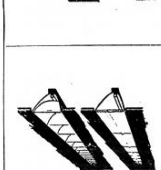
1. Reflector esmaltat a la porcelana para dos lámparas.
Protección contra el deslumbramiento.—Los costados del reflector protegen transversalmente hasta de 15 grados o más por sobre la horizontal. Los extremos cerrados proveen alguna protección longitudinal.
Aplicaciones.—Interiores industriales, almacenes, etc.
Conservación.—Pequeña acumulación de polvo; fácil limpieza y reposición de las lámparas.







2. Cajas abiertas o canaletas suspendidas.
Protección contra el deslumbramiento.—La protección transversal depende de la profundidad de la caja. Si se usan más de dos filas de lámparas, es deseable generalmente el empleo de divisiones longitudinales.
Aplicaciones.—Interiores industriales, almacenes, ciertos tipos de interiores de negocios particularmente angostos, áreas de techo elevado donde predomina la visión longitudinal, corredores, etc.
Conservación.—La parte superior cerrada y la falta de superficies que retengan el polvo, conducen a una buena conservación.



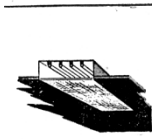
3. Reflectores dispersores o difusores con tabiques y reflector especular con lentes planas.
Protección contra el deslumbramiento.—Los lados del artefacto con tabiques protegen en la dirección transversal (generalmente a 45 grados por sobre la horizontal); los tabiques protegen en la dirección longitudinal (30 grados por sobre la horizontal) lo cual es satisfactorio aun para los labores visuales más importantes. Son preferibles reflectores difusores de aluminio a los blanco-mate, por su reducido contraste con el cielo-rasado. Si los tabiques son opacos, su superficie tendrá características de reflexión difusoras o dispersoras. La protección con lámina de vidrio depende de varios factores. En algunos casos puede desearse la adición de un sistema suplementario para iluminar el cielo-rasado y reducir el desagradable contraste de brillo.
Aplicaciones.—Oficinas, escuelas, industrias, tiendas; para dirigir la luz sobre la superficie de venta y de exhibición.
Conservación.—Las superficies son verticales, y por lo tanto tienden a acumular poco polvo. Pueden ser fácilmente limpiadas; si se proveen dispositivos especiales para quitar los tabiques, el recambio de las lámparas podrá lograrse fácilmente.



4. Control de reflectores especulares asimétricos con los tabiques o lentes planas.
Protección contra el deslumbramiento.—Los lados del reflector y los tabiques proveen adecuada protección para interiores comerciales (30 a 40 grados transversalmente, 15 a 25 grados longitudinalmente, por sobre la horizontal). Los reflectores asimétricos permiten colocar la unidad de manera que el deslumbramiento por luz reflejada sea mínimo cuando la superficie iluminada es de vidrio o está pulida. Los comentarios respecto a la reducción del contraste con el cielo-rasado hechos con respecto al artefacto tipo 3, también pueden aplicarse aquí. El lente ayuda al control y proporciona una adecuada protección longitudinal y transversal.
Aplicaciones.—Las unidades de este tipo proveen un medio excelente para dirigir la luz hacia las superficies de exposición y de venta. También constituyen una solución para problemas similares en iluminación industrial y de oficinas.
Conservación.—Ver tipos 3 y 5.

Distribución transversal aproximada, rendimiento y utilización (para todos los valores de coeficientes de utilización: 75 % al cielo-rasado, 30 % a las paredes)	Factores importantes a considerar				Oficinas y escuelas	Comercio	Industria	Visión momentánea
	Deslumbramiento por luz directa	*	*	A-B	B			
	Deslumbramiento por luz reflejada	*	*	A-B	†			
	Conservación	*	*	A	A			
	Iluminación horizontal	*	*	A	A			
	Iluminación vertical	*	*	A	A			
	Aspecto del local iluminado	*	*	A	B-C			
Rendimiento 75-80 % Utilización: para locales de índice J: 0,50 para locales de índice A: 0,70								
	Deslumbramiento por luz directa	*	B	A-B	B			
	Deslumbramiento por luz reflejada	*	†	A-B	†			
	Conservación	*	A	A	A			
	Iluminación horizontal	*	A	A	A			
	Iluminación vertical	*	A	A-B	A			
	Aspecto del local iluminado	*	B	A	B-C			
Rendimiento 70-75 % Utilización: Local de índice J: 0,50 Local de índice A: 0,65								
	Deslumbramiento por luz directa	A-B	A	A	A			
	Deslumbramiento por luz reflejada	B	†	A-B	†			
	Conservación	A-B	A-B	B	A-B			
	Iluminación horizontal	A	A	A	A			
	Iluminación vertical	A	C	C	A-B			
	Aspecto del local iluminado	A-B	A-B	A	A-B			
Rendimiento 60-65 % Utilización: Local J: 0,30 Local A: 0,60								
	Deslumbramiento por luz directa	∅	A	∅	∅			
	Deslumbramiento por luz reflejada	∅	†	∅	∅			
	Conservación	∅	A-B	∅	∅			
	Iluminación horizontal	∅	A	∅	∅			
	Iluminación vertical	∅	A	∅	∅			
	Aspecto del local iluminado	∅	A	∅	∅			
Rendimiento con tabiques, 70-75 % Con lentes, 60-65 %								

* No recomendado.
† De poca aceptación. En tiendas, sin embargo algunas veces son deseables luces fuertes, particularmente en la exposición de superficies pulidas.
∅ Generalmente no se usan. Aplicables para condiciones especiales.



5. Unidades suspendidas o embutidas a nivel y con paneles refringentes de vidrio.

Protección contra el deslumbramiento.—El brillo a ángulos mayores (deslumbramiento por luz directa) está reducido considerablemente, y con algunos cristales, el brillo a ángulos menores (deslumbramiento por luz reflejada) disminuye también apreciablemente. Los cristales más difusores proveen un control muy bueno del brillo pero reducen el rendimiento. Los centros de las lámparas deben estar a 5 cm o más sobre el cristal, y es conveniente emplear flancos luminosos o algún sistema suplementario para dirigir alguna luz al cielo raso y las paredes para evitar posibles contrastes de brillo.

Aplicaciones.—Negocios, los cristales que proveen una difusión considerable son convenientes para oficinas.

Conservación.—Es inherente a una superficie horizontal la acumulación del polvo; la depreciación, sin embargo, depende de la impermeabilidad de las juntas. El cristal inferior debe ser fácilmente removible mediante goznes o de otra manera, para permitir la fácil limpieza y la reposición de las lámparas.

6. Unidades semidirectas cerradas con vidrios difusores.

Protección contra el deslumbramiento.—Estas unidades presentan grandes superficies brillantes en el campo de visión normal. Este brillo es generalmente satisfactorio en negocios. En general, son menos convenientes para escuelas y oficinas. Son excelentes para combinarlos con elementos arquitectónicos.

Conservación.—Como en el tipo 5. Debe cuidarse que la temperatura de la lámpara no resulte excesiva, y origine una seria reducción en la luz emitida.

7. Unidad semidirecta para montaje en el cielo raso, con flancos translúcidos u opacos y tabiques.

Protección contra el deslumbramiento.—El grado de protección es satisfactorio para oficinas (45 grados transversalmente y 30 grados longitudinalmente sobre la horizontal). Menor protección (30 a 40 grados transversalmente y 15 a 30 grados longitudinalmente) es conveniente para muchos negocios.

Si los flancos y los tabiques son translúcidos, el factor de transmisión puede llegar hasta el 60%. Los flancos luminosos compensan algo las deficiencias en la iluminación de superficies verticales y el contraste con el cielo raso. Si los flancos y los tabiques son opacos, sus superficies deben tener características de reflexión difusoras o dispersoras, nunca especulares.

Distribución.—A mayor recubrimiento corresponde una distribución más concentrada, con lo cual se reduce la iluminación en las superficies verticales.

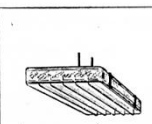
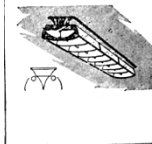
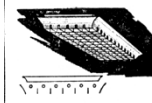
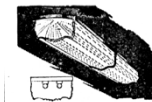
Conservación.—Las superficies verticales permiten una buena conservación. Los tabiques deben colocarse de manera que permitan fácilmente la limpieza y reposición de las lámparas.

8. Unidades semidirectas para montaje en el cielo raso con superficies reflectoras difusoras o transversales.

Protección contra el deslumbramiento.—Los flancos plásticos y la pieza central proporcionan protección para la visión transversal. Los tabiques protegen la visión longitudinal. El diseño de las partes superiores del reflector es tal que se dirige la luz al cielo raso y de este modo se elimina el contraste objetable.

Aplicaciones.—Conveniente para negocios; especialmente con lámparas de 100 watts.

Conservación.—Puede recambiarse por la parte superior. Las superficies verticales conducen a una buena conservación.



9. Unidad suspendida semidirecta con reflectores semiconcentrados, ranurados en la parte superior; flancos opacos o de cristal grabado; divisiones longitudinales de vidrio o metal entre las lámparas.

Protección contra el deslumbramiento.—Los flancos de la unidad y las divisiones entre las lámparas ayudan a proveer suficiente protección transversal para la mayoría de las aplicaciones comerciales.

Distribución.—Se prefieren generalmente los flancos luminosos a los opacos en este artefacto, por el aumento de la cantidad de luz disponible para la iluminación de las superficies verticales.

Aplicaciones.—Interiores comerciales; con tabiques transversales y vidrios se obtiene una difusión considerable y conveniente para oficinas.

Conservación.—Las superficies verticales tienden a una buena conservación. La limpieza y el recambio de lámparas pueden hacerse fácilmente.

10. Unidad suspendida semidirecta con reflectores semiconcentrados, ranurados en la parte superior; flancos opacos o luminosos; fondo de cristal o plástico milicéado.

Protección contra el deslumbramiento.—En general, en este tipo con vidrios puede obtenerse un control satisfactorio del brillo emboscando las lámparas a algunos centímetros sobre el vidrio (5 centímetros o más). El brillo correspondiente a ángulos mayores (deslumbramiento por luz directa) se reduce considerablemente y con algunos cristales, el brillo correspondiente a ángulos menores (deslumbramiento por luz reflejada) también disminuye apreciablemente.

Aplicaciones.—Negocios; los cristales proveen una difusión considerable y muy conveniente para oficinas.

Conservación.—La parte superior abierta y el fondo cerrado tienden a la acumulación del polvo. El fondo de vidrio debe articularse con goznes. Con este tipo de unidad es muy importante seguir un programa regular de conservación.

11. Unidad suspendida semidirecta, con reflectores semiconcentrados, ranurados en la parte superior; flancos opacos o luminosos; fondo con tabiques.

Para comentarios respecto a la protección y aplicaciones, ver los correspondientes al tipo 7.

Conservación.—Deben tomarse algunas providencias para el recambio de las lámparas; probablemente lo más conveniente sea pasarlas a través de la parte superior de los reflectores.

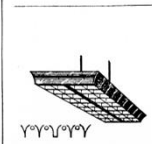
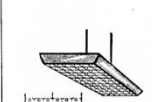
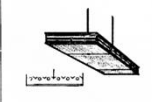
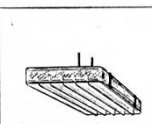
12. Unidad suspendida semidirecta con reflectores elípticos profundos que proveen control y protección transversal, ranurados en la parte superior para proporcionar luz hacia arriba.

Protección contra el deslumbramiento.—Los reflectores están diseñados para producir suficiente protección transversal y los tabiques se colocan para proteger la visión longitudinal. Además, la lámpara se coloca de tal manera con respecto a los reflectores especulares, que ella y su imagen se cortan al mismo ángulo. Esto hace mínimo el común e inconveniente contraste entre la fuente brillante y el reflector oscuro.

Distribución.—El tamaño de las aberturas en la parte superior de los reflectores determina la cantidad de luz hacia arriba. Se obtiene una buena iluminación vertical.

Aplicaciones.—Es conveniente para la iluminación de superficies comerciales y oficinas, según la protección del brillo que provayan.

Conservación.—La reposición de las lámparas se realiza a través de las aberturas de la parte superior del reflector. El fondo abierto permite que la mayor parte del polvo caiga a través de él.

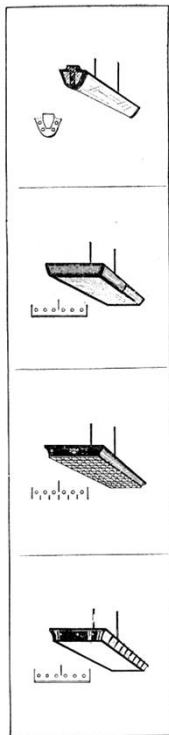


Distribución transversal aproximada, rendimiento y utilización (para todos los valores de coeficientes de utilización: 75 % al cielo raso, 30 % a las paredes)	Factores importantes a considerar	Oficinas y escuelas	Comercio	Industria	Visión momentánea
<p>Rendimiento 50-60 % Utilización: Para locales de índice J: 0,25 Para locales de índice A: 0,50</p>	Deslumbramiento por luz directa	B	A	A	A
	Deslumbramiento por luz reflejada	A-B	†	A	†
	Conservación	B	B	B-C	B
	Iluminación horizontal	B-C	B-C	B-C	B-C
	Iluminación vertical	A	B	B	A
Aspecto del local iluminado	A-B	A-B	A	A-B	
<p>Rendimiento 50-60 % Utilización: Para locales de índice J: 0,20 Para locales de índice A: 0,45</p>	Deslumbramiento por luz directa	C	B	* A	A
	Deslumbramiento por luz reflejada	B	†	* B	†
	Conservación	B	B	* B	B
	Iluminación horizontal	B-C	B-C	* B-C	B-C
	Iluminación vertical	A	A	* A	A
Aspecto del local iluminado	B-C	A-B	A	B	
<p>Rendimiento 62-75 % Utilización: Para locales de índice J: 0,30 Para locales de índice A: 0,60</p>	Deslumbramiento por luz directa	A-B	A	* A	A
	Deslumbramiento por luz reflejada	B	†	* B	†
	Conservación	B	B	* B	B
	Iluminación horizontal	A	A	* A	A
	Iluminación vertical	A	B	* A	A
Aspecto del local iluminado	A-B	A	A	A-B	
<p>Rendimiento 70-75 % Utilización: Para locales de índice J: 0,25 Para locales de índice A: 0,55</p>	Deslumbramiento por luz directa	A-B	A	* A	A
	Deslumbramiento por luz reflejada	B	†	* B	†
	Conservación	A	A	* A	A
	Iluminación horizontal	B	B	* B	B
	Iluminación vertical	A	B	* A	A
Aspecto del local iluminado	A	A	A	A	

* No recomendado.
† De poca aceptación. En tiendas, sin embargo algunas veces son deseables luces fuertes, particularmente en la exposición de superficies pulidas.

Distribución transversal aproximada, rendimiento y utilización (para todos los valores de coeficientes de utilización: 75 % al cielo raso, 30 % a las paredes)	Factores importantes a considerar	Oficinas y escuelas	Comercio	Industria	Visión momentánea
<p>Rendimiento 80-85 % Utilización: Para locales de índice J: 0,30 Para locales de índice A: 0,65</p>	Deslumbramiento por luz directa	B-C	B	.... A	A
	Deslumbramiento por luz reflejada	B	† †	†
	Conservación	A	A	.... A	A
	Iluminación horizontal	A	A	.... A	A
	Iluminación vertical	A	A-B	.... A	A
Aspecto del local iluminado	A-B	A	.... A	A	
<p>Rendimiento 70-75 % Utilización: Para locales de índice J: 0,30 Para locales de índice A: 0,60</p>	Deslumbramiento por luz directa	B	A	.... A	A
	Deslumbramiento por luz reflejada	A-B	† †	†
	Conservación	C	C	.... C	C
	Iluminación horizontal	A	A	.... A	A
	Iluminación vertical	A	B	.... A	A
Aspecto del local iluminado	A	A	.... A	A	
<p>Rendimiento 62-70 % Utilización: Para locales de índice J: 0,25 Para locales de índice A: 0,55</p>	Deslumbramiento por luz directa	A-B	A	.... A	A
	Deslumbramiento por luz reflejada	B	† †	†
	Conservación	B	B	.... B	B
	Iluminación horizontal	B	B	.... B	B
	Iluminación vertical	B	C	.... B	B
Aspecto del local iluminado	A	A	.... A	A	
<p>Rendimiento 75-80 % Utilización: Para locales de índice J: 0,30 Para locales de índice A: 0,60</p>	Deslumbramiento por luz directa	A-B	A	.... A	A
	Deslumbramiento por luz reflejada	B	† †	†
	Conservación	A-B	A-B	.... A-B	A-B
	Iluminación horizontal	A	A	.... A	A
	Iluminación vertical	A	A-B	.... A	A
Aspecto del local iluminado	A	A	.... A	A	

† De poca aceptación. En tiendas, sin embargo algunas veces son deseables luces fuertes, particularmente en la exposición de superficies pulidas.



13. Unidad suspendida o montada en el ciclorsaso, cristal grabado o plástico, con la parte superior abierta.

Protección contra el deslumbramiento.—Las grandes superficies brillantes, que tales unidades presentan en el campo normal de visión, hace que sean poco convenientes para la mayoría de las aplicaciones en escuelas y oficinas. Cuando las lámparas están convenientemente espaciadas detrás del protector de vidrio o de plástico, este brillo resulta generalmente satisfactorio para muchos sujetos, particularmente con superficies pequeñas, y especialmente cuando el eje de la unidad es paralelo a la línea de visión usual.

Conservación.—El polvo se acumula en el interior de la unidad debido a la parte superior abierta. El recambio de las lámparas es ordinariamente más difícil que con los otros tipos, aunque, si la parte inferior de la unidad está articulada, resulta una labor relativamente simple. El volumen de la unidad debe ser lo bastante grande para prevenir temperaturas excesivas de la lámpara y el decremento resultante del rendimiento luminoso.

14. Unidad suspendida semi-indirecta con la parte superior abierta; flancos opacos o luminosos; fondo de vidrio conformado.

Protección contra el deslumbramiento.—Igual como en el tipo 10.

Aplicaciones.—Negocios; también conveniente para oficinas con vidrios que proveen una difusión considerable.

Conservación.—Igual como para el tipo 10, aunque la limpieza y el recambio de lámparas puede lograrse fácilmente desde arriba.

15. Unidad suspendida semi-indirecta con la parte superior abierta; flancos opacos o luminosos; fondo con tabiques.

Protección contra el deslumbramiento.—Se aplican aquí los mismos comentarios hechos respecto a la protección para el tipo 7.

Aplicaciones.—Oficinas, escuelas y negocios.

Conservación.—Acumulación de polvo muy pequeña debido a que el fondo con tabiques está abierto. El recambio de las lámparas generalmente puede lograrse con facilidad desde la parte superior.

16. Unidad suspendida semi-indirecta con la parte superior abierta; flancos opacos o luminosos; fondo de vidrio de alta difusión.

Protección contra el deslumbramiento.—Con las lámparas coloradas a una distancia razonable sobre el vidrio, el fondo difusor provee un control de brillo muy bueno.

Aplicaciones.—Conveniente para aplicaciones en oficinas y escuelas.

Conservación.—Igual que para los tipos 10 y 14.

Distribución transversal aproximada, rendimiento y utilización (para todos los valores de coeficientes de utilización: 75 % al ciclorsaso, 30 % a las paredes)	Factores importantes a considerar				Oficinas y escuelas	Comercio	Industria	Visión momentánea
<p>Rendimiento 65-70 % Utilización: Para locales de índice J: 0,20 Para locales de índice A: 0,50</p>	Deslumbramiento por luz directa	C	B	....	A-B			
	Deslumbramiento por luz reflejada	B	†	....	†		
	Conservación	C	C	....	C			
	Iluminación horizontal	B-C	B-C	....	B-C			
	Iluminación vertical	A	A	....	A			
Aspecto del local iluminado	B-C	A	....	B				
<p>Rendimiento 80-85 % Utilización: Para locales de índice J: 0,25 Para locales de índice A: 0,55</p>	Deslumbramiento por luz directa	B	A	....	A			
	Deslumbramiento por luz reflejada	A-B	†	....	†		
	Conservación	C	C	....	C			
	Iluminación horizontal	B	B	....	B			
	Iluminación vertical	A	B	....	A			
Aspecto del local iluminado	A	A	....	A-B				
<p>Rendimiento 70-75 % Utilización: Para locales de índice J: 0,20 Para locales de índice A: 0,50</p>	Deslumbramiento por luz directa	A-B	A	....	A			
	Deslumbramiento por luz reflejada	B	†	....	†		
	Conservación	A-B	A-B	....	A-B			
	Iluminación horizontal	B-C	B-C	....	B-C			
	Iluminación vertical	A	B	....	A			
Aspecto del local iluminado	A	A	....	A				
<p>Rendimiento 75-80 % Utilización: Para locales de índice J: 0,20 Para locales de índice A: 0,50</p>	Deslumbramiento por luz directa	A	A	....	A			
	Deslumbramiento por luz reflejada	A	†	....	†		
	Conservación	C	C	....	C			
	Iluminación horizontal	B-C	B-C	....	B-C			
	Iluminación vertical	A	B	....	A			
Aspecto del local iluminado	A	A	....	A				

† De poca aceptación. En tiendas, sin embargo, algunas veces son deseables luces fuertes, particularmente en la exposición de superficies pulidas.

Figura 14-21: s'inclouen totes les làmpades, reflectors i difusors que hi havia al manual. Les seccions que figuren en els esquemes són les transversals ja que en aquestes es pot observar la màxima amplitud de la intensitat il·luminosa.

3. Càlcul i factors que s'han de tenir en compte per un projecte d'il·luminació fluorescent

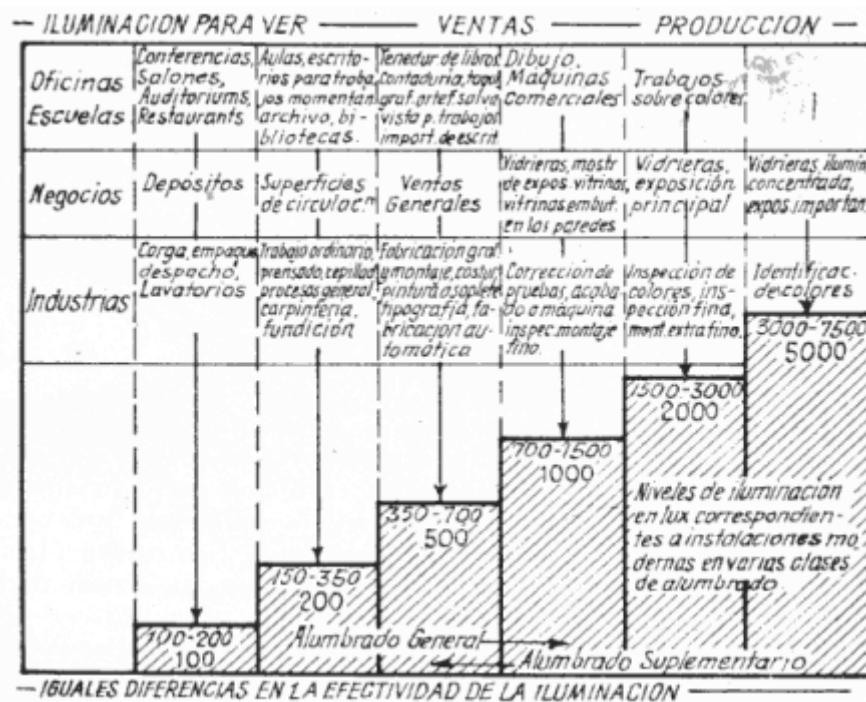
Una il·luminació satisfactòria és aquella ben difusa i que no presenta contrastos entre la superfície que s'observa i els voltants.

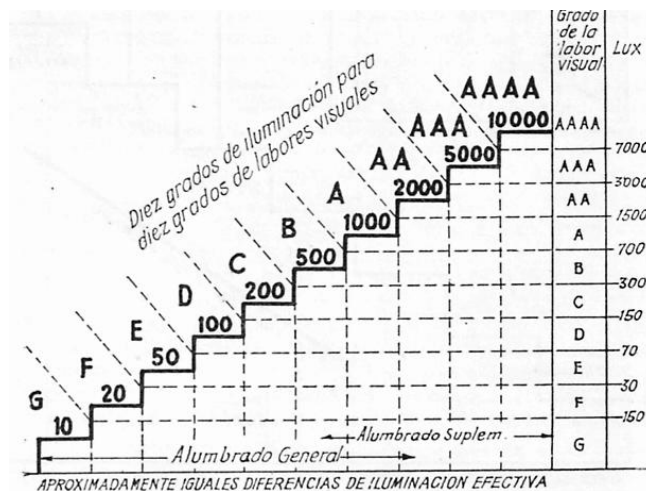
- **Nivells d'il·luminació:**

Es donen en **lux** (lúmens/m²) i són els valors que la normativa i les indicacions tècniques recomanen per tal d'aconseguir una bona il·luminació depenent del recinte que s'hagi d'il·luminar.

Els següents nivells són considerats alts perquè aporten beneficis en diferents camps:

1. Negocis: augmenten les vendes, millora l'aspecte i disminueixen les devolucions.
2. Oficines i escoles: augmenta la precisió per tant disminueixen els errors. Es conserva millor la vista i el treball esdevé més productiu.
3. Fàbriques: augmenta la productivitat i la qualitat perquè la moral dels treballadors és millor, al mateix temps que disminueixen les pèrdues.





Figures 22 i 23: a dalt, un diagrama representatiu dels nivells d'il·luminació recomanats. A l'esquerra, diagrama general que indica els deu graus d'il·luminació corresponents a diferents graus de labors visuals. A baix s'explica cada grau per a una finalitat és.

Grau A (1000 lux): per feines visuals molt exactes i prolongades, com ara treballs fins en màquines, pintura, planxat de teles fosques. En les vitrines de negocis on l'atenció al mostrador sigui molt important.

Grau B (500 lux): per feines visuals severes i prolongades, com ara treballs normals en maquinària, acabat de fusteria, dibuix i correcció de proves. Per vidrieres en negocis i en petites ciutats.

Grau C (200 lux): per feines visuals moderadament prolongades, com treballs poc fins en màquines, pintat i acabat a mà, planxat de teles clares. Per superfícies de circulació en negocis.

Grau D (100 lux): per treballs de control visual en els quals la visió és important però no constant. Processos de fabricació gens fins.

Grup E (50 lux): per interiors on es verifica intermitentment feines manuals ordinàries com polvoritzar productes d'argila o ciment, triturar pedres, tancs de coccio en plantes químiques. Per la reunió i moviment segur en llocs públics. Per treballs actius en superfícies exteriors, tals com molls de càrrega.

Grup F (20 lux): per treballs ordinaris a l'exterior com en canteres de pedra. En superfícies destinades al públic en baseball o boxa i altres esports a l'aire lliure.

Grup G (10 lux): per dissipar l'obscuritat en zones exteriors com platges balneàries, estacionament d'automòbils, magatzems de coses velles.

Grup AA (2000 lux): per inspecció extrafina, com fabricació de joies i instruments de precisió. Vidrieres corresponents en zones comercials secundàries de grans ciutats.

Grup AAA (5000 lux): per exposició comercial destacada en vidrieres de zones comercials de major importància a les ciutats. Per identificació de colors a les indústries.

Grup AAAA (10000 lux): per fotografies, sales d'operacions i il·luminació de vidrieres durant el dia.

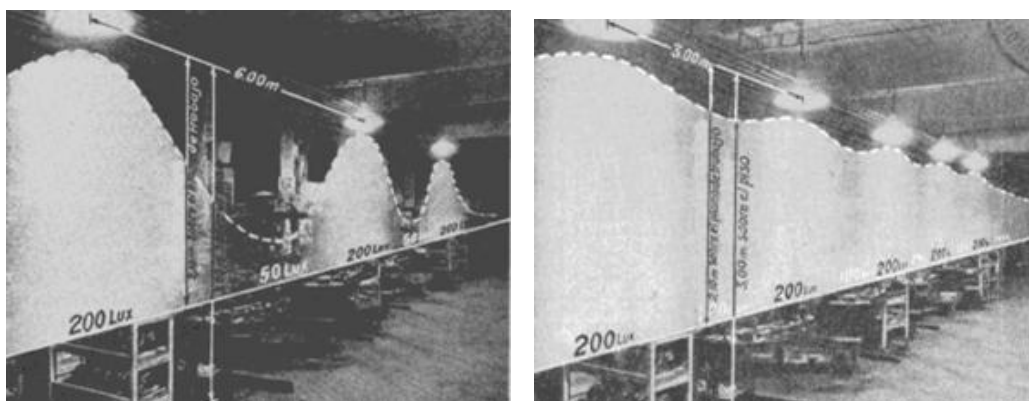
- **Projecte d'enllumenat:**

El procediment per tal de dur a terme un projecte d'aquest tipus amb làmpades fluorescents és el següent:

1. Saber el nivell d'il·luminació.
2. Càlcul del tamany i del nombre de làmpades amb els reflectors adequats.
3. Distribució de les fonts lluminoses.
4. Instal·lació elèctrica.

- **Separació entre els artefactes d'il·luminació fluorescent:**

Degut a que l'emissió de llum no és idèntica a l'eix longitudinal que el transversal s'han de posar propers per evitar el que succeeix a la següent figura:



Figures 24 i 25: la primera a l'esquerra es mostra com es distribueixen els lux si els fluorescents estan molt separats; al costat es mostra com que la distribució si estan més a prop.

Hi ha quatre tipus d'il·luminació segons la direcció del feix de llum que s'han de definir ja que la separació entre els artefactes (fonts lluminoses) van en funció d'aquests:

1. *Il·luminació indirecta*: la llum va amunt i es reflexa difusivament i no hi ha enlluernament. Dit d'una altra manera, entre el 90 i el 100% de l'emissió de l'artefacte va cap al sostre.
2. *Il·luminació semi-indirecta*: entre el 5 i el 25% de la llum va cap a vall, o bé entre el 60 i el 90% de l'emissió de l'artefacte va cap amunt.
3. *Il·luminació semi-directa*: al revés que l'anterior.
4. *Il·luminació directa*: la majoria de llum va avall, entre el 90 i el 100%.

(Todas las dimensiones en metros)

Altura de montaje de los artefactos; altura del cielo raso para los artefactos indirectos y semi-indirectos	Tipos de distribución					
	Indirecta o semi-indirecta			Directa o semi-directa		
	Separación máxima entre unidades	Distancia a las paredes *	Largo de la suspensión	Separación normal entre unidades	Separación máxima entre unidades	Distancia a las paredes *
2,40	2,70	0,90	0,30-0,90	2,10	2,25	0,90
2,70	2,85	0,90	0,45-0,90	2,40	2,40	0,90
3	3,15	1,05	0,60-0,90	2,70	2,70	1,05
3,30	3,60	1,05		3	3,15	1,05
3,60	4,20	1,20	0,75-1,20	3-3,60	3,60	1,20
3,90	4,50	1,20	0,90-1,20	3-3,60	3,90	1,20
4,20	5,10	1,50		3-3,90	4,50	1,50
4,50	5,70	1,50		3-3,90	5,10	1,50
4,80	6,30	1,80	1,20-1,50	3-3,90	5,70	1,80
5,40	6,90	1,80		3-6	6,30	1,80

Figura 26: taula on es resumeixen les separacions entre artefactes d'il·luminació. On hi ha * significa que les distàncies s'apliquen quan els escriptoris i bancs estan a prop de les parets, sinó és satisfactòria la meitat d'aquests valors entre unitats.

• **Índex del local:**

Paràmetre que té molta utilitat per càlculs il·luminatius en funció de les dimensions dels locals. Un temps enrere es donava mitjançant taules amb lletres equivalents. Actualment es calcula amb fórmula.

(Clasificación de los locales de acuerdo a sus proporciones)

Para iluminación semi-indirecta e indirecta		Altura del cielorraso (metros)										
		2,70	3	3,60	4,20	5,10	6,30	7,5	9,30	11,10		
		2,85	3,45	4,05	4,95	6	7,20	9	10,80	15		
Para iluminación semi-directa y directa		Altura de montaje sobre el piso (metros)										
		2,10	2,40	2,70	3	3,60	4,20	5,10	6,30	7,5	9,30	11,10
		2,25	2,55	2,85	3,45	4,05	4,95	6	7,20	9	10,80	15
Ancho del local (metros)	Longitud del local (metros)	Índice del local										
2,70 (2,55-2,70)	2,40-3	H	I	J	J							
	3-4,20	H	I	J	J							
	4,20-6	G	H	I	J	J						
	6-9	G	H	I	J	J						
3 (2,80-3,15)	9-12,60	F	G	H	I	J	J					
	12,60-18	F	G	H	I	J	J					
	18 o más	E	F	G	H	I	J	J				
	3-4,20	G	H	I	J	J						
3,60 (3,30-3,75)	4,20-6	F	G	H	I	J	J					
	6-9	F	G	H	I	J	J					
	9-12,60	E	F	G	H	I	J	J				
	12,60-18	E	F	G	H	I	J	J				
4,20 (3,90-4,65)	18 o más	E	F	G	H	I	J	J				
	4,20-6	F	G	H	I	J	J					
	6-9	F	G	H	I	J	J					
	9-12,60	E	F	G	H	I	J	J				
5,10 (4,80-5,55)	12,60-18	D	E	F	G	H	I	J	J			
	18-33	D	E	F	G	H	I	J	J			
	33 o más	C	D	E	F	G	H	I	J	J		
	6-9	D	E	F	G	H	I	J	J			
6 (5,70-6,45)	9-12,60	D	E	F	G	H	I	J	J			
	12,60-18	C	D	E	F	G	H	I	J	J		
	18-37	C	D	E	F	G	H	I	J	J		
	37-42	C	D	E	F	G	H	I	J	J		
7,50 (6,60-7,80)	42 o más	C	D	E	F	G	H	I	J	J		
	6-9	D	E	F	G	H	I	J	J			
	9-12,60	C	D	E	F	G	H	I	J	J		
	12,60-18	C	D	E	F	G	H	I	J	J		

(Clasificación de los locales de acuerdo a sus proporciones)

Para iluminación semi-indirecta e indirecta		Altura del cielorraso (metros)										
		2,70	3	3,60	4,20	5,10	6,30	7,5	9,30	11,10		
		2,85	3,45	4,05	4,95	6	7,20	9	10,80	15		
Para iluminación directa y semi-directa		Altura de montaje sobre el piso (metros)										
		2,10	2,40	2,70	3	3,60	4,20	5,10	6,30	7,5	9,30	11,10
		2,25	2,55	2,85	3,45	4,05	4,95	6	7,20	9	10,80	15
Ancho del local (metros)	Longitud del local (metros)	Índice del local										
2,70 (2,55-2,70)	9-12,60	C	D	D	E	F	G	H	I	J	J	
	12,60-18	C	D	D	E	F	G	H	I	J	J	
	18-37	B	C	C	D	E	F	G	H	I	J	
	37-42	B	C	C	D	E	F	G	H	I	J	
3 (2,80-3,15)	42-60	B	C	C	D	E	F	G	H	I	J	
	60 o más	B	C	C	D	E	F	G	H	I	J	
	9-12,60	B	C	C	D	E	F	G	H	I	J	
	12,60-18	B	C	C	D	E	F	G	H	I	J	
10,80 (10,20-11,70)	18-37	A	B	C	C	D	E	F	G	H	I	
	37-42	A	B	C	C	D	E	F	G	H	I	
	42-60	A	B	C	C	D	E	F	G	H	I	
	60 o más	A	B	C	C	D	E	F	G	H	I	
12,60 (12-13,50)	9-12,60	A	B	C	C	D	E	F	G	H	I	
	12,60-18	A	B	C	C	D	E	F	G	H	I	
	18-37	A	B	C	C	D	E	F	G	H	I	
	37-42	A	B	C	C	D	E	F	G	H	I	
15 (13,80-16,50)	42-60	A	B	C	C	D	E	F	G	H	I	
	60 o más	A	B	C	C	D	E	F	G	H	I	
	12,60-18	A	B	C	C	D	E	F	G	H	I	
	18-37	A	B	C	C	D	E	F	G	H	I	
18 (16,80-20,10)	37-42	A	B	C	C	D	E	F	G	H	I	
	42-60	A	B	C	C	D	E	F	G	H	I	
	60 o más	A	B	C	C	D	E	F	G	H	I	
	18-37	A	B	C	C	D	E	F	G	H	I	
22,50 (20,40-27)	37-42	A	B	C	C	D	E	F	G	H	I	
	42-60	A	B	C	C	D	E	F	G	H	I	
	60 o más	A	B	C	C	D	E	F	G	H	I	
	18-37	A	B	C	C	D	E	F	G	H	I	
27 o más	37-42	A	B	C	C	D	E	F	G	H	I	
	42-60	A	B	C	C	D	E	F	G	H	I	
	60 o más	A	B	C	C	D	E	F	G	H	I	
	18-37	A	B	C	C	D	E	F	G	H	I	

Tabla 28.—EQUIVALENCIA ENTRE EL ÍNDICE DEL LOCAL Y LA RELACIÓN DEL LOCAL

Relación del local	Índice del local equivalente
0,6	J
0,8	I
1,0	H
1,25	G
1,5	F
2,0	E
2,5	D
3,0	C
4,0	B
5,0	A

Figures 27-29: a dalt es pot veure la classificació del local en funció de les mides que té i a l'esquerra l'equivalència en valor numèrics de l'índex del local.

La fórmula de càlcul en l'actualitat és la següent: $K = \frac{L \cdot A}{H \cdot (L + A)}$ essent L la

longitud del local, A l'amplada i H l'alçada (tot en metres).

• **Coefficient d'utilització:**

Es pot definir com la relació que hi ha entre la quantitat de lúmens que arriben al pla de treball i la quantitat de lúmens emesos per la font. Se suposa el pla de treball a

una alçada de 76 cm. Per trobar aquest valor es necessita l'índex del local i en els següents exemples generals es pot veure.

Artefactos de iluminación fluorescente	Forma de la curva de distribución fotométrica	Luz (lx)	75 %						50 %						30 %						
			Paredes		Cielo		Suelo		Paredes		Cielo		Suelo		Paredes		Cielo		Suelo		
			50%	10%	10%	50%	10%	10%	50%	10%	10%	50%	10%	10%	50%	10%	10%	50%	10%	10%	
Coeficiente de utilización																					
	F.C. = 0,75	0%	hacia arriba		70% hacia abajo		J	0,40	0,38	0,36	0,34	0,32	0,30	0,28	0,26	0,24	0,22	0,20	0,18	0,16	0,14
	F.C. = 0,75	0%	hacia arriba		70% hacia abajo		J	0,40	0,38	0,36	0,34	0,32	0,30	0,28	0,26	0,24	0,22	0,20	0,18	0,16	0,14
	F.C. = 0,75	0%	hacia arriba		70% hacia abajo		J	0,40	0,38	0,36	0,34	0,32	0,30	0,28	0,26	0,24	0,22	0,20	0,18	0,16	0,14
	F.C. = 0,75	0%	hacia arriba		65% hacia abajo		J	0,37	0,35	0,33	0,31	0,29	0,27	0,25	0,23	0,21	0,19	0,17	0,15	0,13	0,11
	F.C. = 0,70	0%	hacia arriba		56% hacia abajo		J	0,38	0,35	0,33	0,31	0,29	0,27	0,25	0,23	0,21	0,19	0,17	0,15	0,13	0,11
	F.C. = 0,70	22%	hacia arriba		50% hacia abajo		J	0,36	0,33	0,31	0,29	0,27	0,25	0,23	0,21	0,19	0,17	0,15	0,13	0,11	0,09

• Factor de conservació o manteniment:

Marge de depreciació de les làmpades, reflectors i superfícies reflectores degut a

la mateixa làmpada o a la pols i brutícia.

Artefactos de iluminación fluorescente	Forma de la curva de distribución fotométrica	Luz (lx)	75 %						50 %						30 %						
			Paredes		Cielo		Suelo		Paredes		Cielo		Suelo		Paredes		Cielo		Suelo		
			50%	10%	10%	50%	10%	10%	50%	10%	10%	50%	10%	10%	50%	10%	10%	50%	10%	10%	
Coeficiente de utilización																					
	F.C. = 0,70	20%	hacia arriba		43% hacia abajo		J	0,74	0,30	0,18	0,22	0,19	0,16	0,13	0,11	0,09	0,07	0,06	0,05	0,04	0,03
	F.C. = 0,70	33%	hacia arriba		48% hacia abajo		J	0,41	0,29	0,27	0,25	0,23	0,21	0,19	0,17	0,15	0,13	0,11	0,09	0,07	0,05
	F.C. = 0,70	45%	hacia arriba		25% hacia abajo		J	0,29	0,20	0,18	0,19	0,17	0,16	0,14	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08	0,07	0,06
	F.C. = 0,70	35%	hacia arriba		42% hacia abajo		J	0,34	0,26	0,24	0,22	0,20	0,19	0,17	0,15	0,13	0,11	0,09	0,07	0,05	0,04
	F.C. = 0,70	27%	hacia arriba		46% hacia abajo		J	0,39	0,27	0,25	0,23	0,21	0,20	0,18	0,16	0,14	0,12	0,10	0,08	0,06	0,04
	F.C. = 0,70	18%	hacia arriba		54% hacia abajo		J	0,30	0,21	0,19	0,18	0,16	0,14	0,12	0,10	0,08	0,06	0,04	0,03	0,02	0,01

Figures 30-32: es pot observar a partir de l'índex del local i dels coeficients de reflexió del sostre i de les parets es pot determinar el coeficient d'utilització. Aquestes taules són de forma general però s'ha de tenir en compte que cada fabricant pot tenir la seves taules que poden diferir lleugerament d'aquestes encara que l'artefacte sigui semblant. També es poden observar els factors de conservació (F.C.) i les corbes de distribució de la intensitat lluminosa en la secció transversal de la làmpada. A sota de les corbes fotomètriques hi apareix el percentatge de llum que fa cap amunt i cap avall, fet que pot ser de gran utilitat a l'hora de fer el disseny del projecte.

• Fórmules bàsiques:

1. *Mètode de lúmens*: és el mètode més utilitzat per instal·lacions on la precisió no sigui molt important.

lúmens en pla de treball = lúmens de la làmpada x coeficient d'utilització x coeficient de conservació

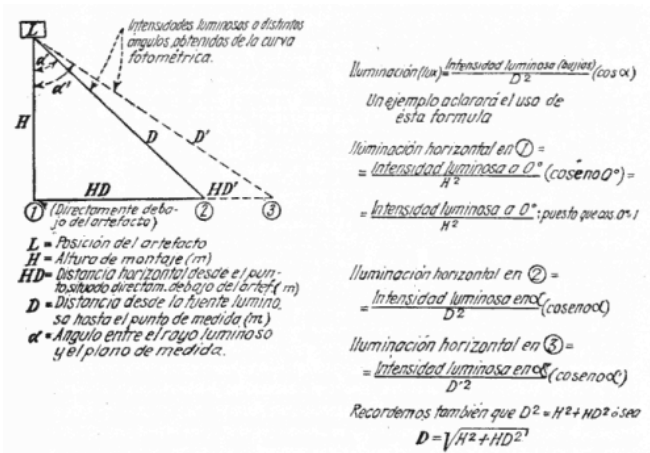
il·luminació en lux = lúmens en pla de treball / superfície en m²

m² per artefacte = lúmens de la làmpada x nº de làmpades x coef. d'utilització x coef. de conservació / lux

Un cop realitzada la instal·lació s'ha de fer mesures amb un luxímetre (fotòmetre) en varis punts de la superfície de treball per comprovar que el nivell d'il·luminació sigui el desitjat. Als inicis aquests aparells mesuraven la intensitat lluminosa sobre una superfície i la comparaven amb una intensitat produïda per una font patró. Actualment es basen en l'efecte fotoelèctric en el qual un dispositiu transforma la llum en energia elèctrica mitjançant determinats metalls i òxids que en contacte amb la radiació emeten electrons.

Dins d'aquest apartat hi ha fabricant que dona el que s'anomena *mètodes de projecte simplificats* que no és res més que els m²/làmpada o els m²/artefacte.

2. *Mètode del càlcul punt a punt*: aquest s'utilitza quan hi ha poca reflexió des dels voltants i quan la distància de la font és gran comparada amb el seu tamany. També per instal·lacions molt personalitzades. En la següent figura hi figura la fórmula necessària que és $Lux = \frac{I(cd)}{D^2} \cos \alpha$



sobre d'una superfície horitzontal. Si es desitjés sobre una superfície vertical $Lux = \frac{I(cd) \sin \alpha}{D^2}$. En el cas de la superfície horitzontal ja s'observa que si l'angle és 0° queda la llei inversa dels quadrats.

Figura 33: exemple d'utilització de la fórmula en el pla horitzontal.

- **Elements lluminosos:**

La fórmula bàsica per calcular la brillantor, esplendor o lluïssor és la següent:

$$\text{nit} = \text{cd} / \text{m}^2 = \text{lm} \times \text{rendiment de l'element} \times \text{factor de conservació} / \text{superfície lluminosa en m}^2$$

El nit és la unitat del sistema internacional. I s'ha de recordar que la candela és la intensitat lluminosa en una sola direcció (o angle sòlid).

- **Qualitat del color:**

L'energia radiant que produeixen les làmpades fluorescents es pot classifica estudiant l'espectre electromagnètic, ja que, com que es comporten com a ones, tenen una determinada longitud d'ona i freqüència. Com a dada addicional cal dir que la radiació electromagnètica viatja a 300000 km/s i que 1 any-llum = 9450000000000 km.

Unidad y símbolo	Metro	Centímetro	Milímetro	Micrón	Milimicrón	Angstrom	Pulgada
Metro (m)	1	100 10 ²	1000 10 ³	1 000 000 10 ⁶	1 000 000 000 10 ⁹	10 000 000 000 10 ¹⁰	39,37
Centímetro (cm)	0,01	1	10	10 000 10 ⁴	10 000 000 10 ⁷	100 000 000 10 ⁸	0,3937
Milímetro (mm)	0,001 10 ⁻³	0,1 10 ⁻¹	1	1000 10 ³	1 000 000 10 ⁶	10 000 000 10 ⁷	0,03937
Micrón (μ)	0,000001 10 ⁻⁶	0,001 10 ⁻⁴	0,001 10 ⁻³	1	1000 10 ³	10 000 10 ⁴	0,00003937
Milimicrón (mμ)	0,000000001 10 ⁻⁹	0,0000001 10 ⁻⁷	0,000001 10 ⁻⁶	0,001 10 ⁻³	1	10	0,0000003937
Angstrom (Å) .	0,0000000001 10 ⁻¹⁰	0,00000001 10 ⁻⁸	0,0000001 10 ⁻⁷	0,0001 10 ⁻⁴	0,1 10 ⁻¹	1	0,00000003937
Pulgada (") ...	0,0254	2,54	25,4	25 400	25 400 000	254 000 000	1

Figura 34: taula on es relacionen les diferents magnituds físiques de longitud.

La següent imatge mostra la corba de sensibilitat espectral de l'ull. Això significa que l'ull capta millor l'energia lluminosa en certes longituds d'ona. Dit d'una altra manera, la mateixa quantitat d'energia en diferents longituds no produiran a l'ull la mateixa sensació lluminosa.

L'espectre electromagnètic està format per ones de diferent longitud, i que interessa separar en funció d'aquesta longitud per tal d'esbrinar d'alguna manera l'energia associada que porten.

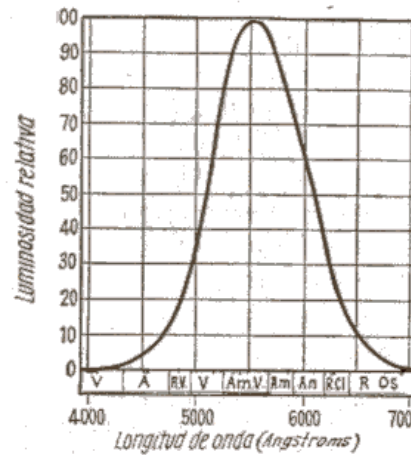
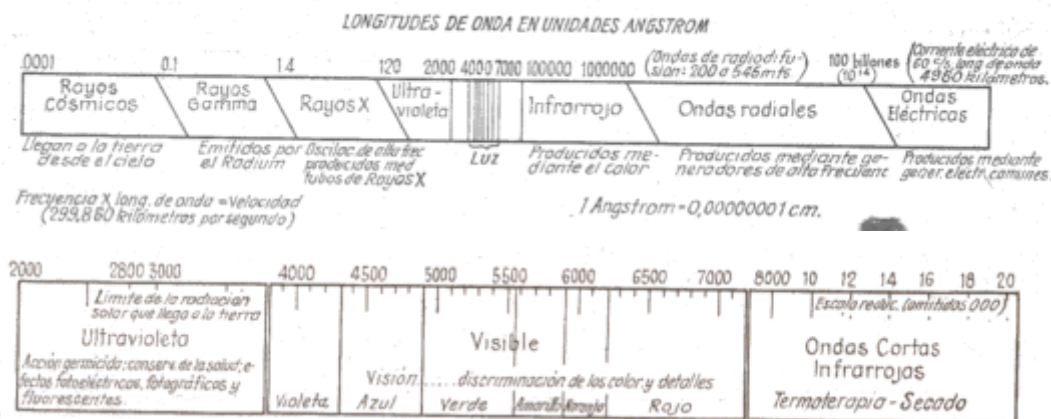


Figura 37: corba de la sensibilitat normal de l'ull.



Figures 35 i 36: a dalt, ubicació de la llum visible en l'espectre electromagnètic. A baix, vista ampliada de l'espectre electromagnètic en UV, VIS i IR.

- **Obtenció de les corbes de distribució espectral:**

S'utilitza un aparell anomenat espectrofotòmetre, que mitjançant un prisma, permet separar el feix de llum blanca en tots els colors de l'arc iris. Es pot mirar l'energia espectral per comparació o amb un mesurador d'energia en watts o microwatts. Segons el tipus de làmpada fluorescent hi ha algunes bandes, porcions de l'espectre, més brillants (amb més energia).

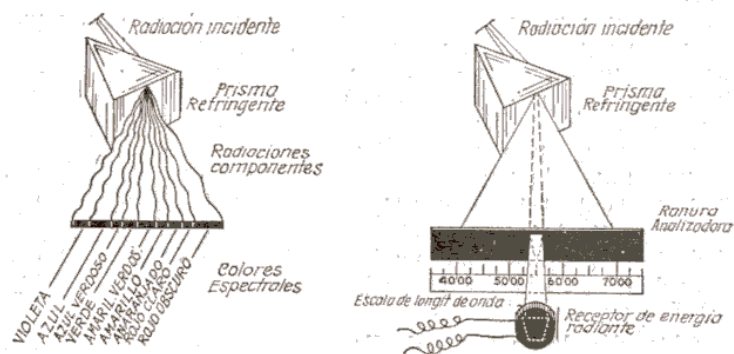
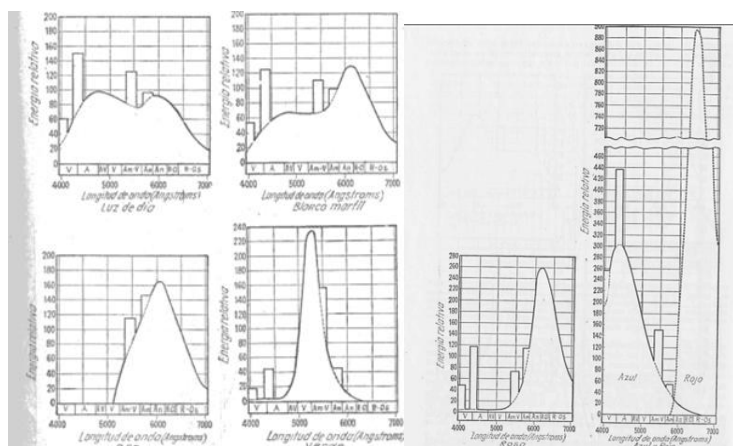


Figura 38: prisma a l'esquerra i espectrofotòmetre a la dreta.

Cal esmentar que les làmpades d'un color determinat arriben a un màxim en la regió del seu color. Això es pot apreciar en les següents figures:



Figures 39-44: diferents corbes de distribució espectral en funció del color de la làmpada. A l'esquerra del tot hi ha llum de dia a dalt i or a baix. Al mig blanc marfil a dalt i verd a baix. A la dreta del tot blau i vermell i abans d'aquesta rosa.

- **Coefficients de reflexió:**

Es pot definir la lluminositat d'un color com la relació que hi ha entre la llum que reflecta aquest color i la llum reflectada pel blanc. Tot i així, un aspecte és la llum i un altre és l'energia. Un mateix material pot tenir diferents coeficients de reflexió en funció de l'element il·luminatiu. Per tant, l'energia aprofitable reflectada depèn molt de la font que il·lumina, de la longitud d'ona de les radiacions.

- **Comparació entre l'aspecte dels materials acolorits sota il·luminació incandescent i fluorescent:**

Les làmpades fluorescentes emeten menys radiació energètica en l'extrem vermell de l'espectre. En canvi, són més riques en les radiacions blavoses o radiacions monocromàtiques del mercuri. Per aquest motiu, les làmpades de filament incandescent donen un color més càlid ja que emeten en la zona roja de l'espectre.

Fluorescente luz de día	Incandescente (de filamento, 60 watts)	Fluorescente blanca	Fluorescente blanco marfil
(C) amarillo verdoso grisáceo (T) marfil (azulado)	amarillo dorado (libre de tonos verdes) marfil oscuro	amarillo grisáceo (ligera-mente verdoso) marfil (amarillento)	ladrillo amarillento. marfil (rosado)
(C) azul mediano (T) azul pálido	azul púrpura, muy grisáceo blanco *	azul ligeramente púrpura gris azulado pálido.	azul púrpura claro púrpura azulado pálido
(C) marrón mediano (frio) (T) rosa muy pálido	marrón mediano (ligera-mente anaranjado) rojo ladrillo pálido	marrón mediano (ligera-mente más cálido) ladrillo rosado pálido	marrón medio (ligera-mente rosado) rosa púrpura grisáceo
(C) Púrpura oscuro (azulado) (T) púrpura azulado pálido	púrpura oscuro (marrón rojizo) rojo amarillento pálido	púrpura oscuro (menos azulado) púrpura rojizo grisáceo	púrpura oscuro (rojizo) púrpura rojizo medio
(C) azul verdoso mediano (T) azul muy pálido	verde azulado mediano blanco *	azul medio grisáceo gris azulado pálido	azul medio grisáceo (ligera-mente púrpura) blanco purpúreo muy pálido
(C) verde obscuro muy grisáceo (T) azul verdoso muy pálido	verde amarillo grisáceo marfil mediano	verde grisáceo (ligera-mente amarillento) ladrillo pálido	verde grisáceo (ligera-mente marrón) gris púrpura muy pálido
(C) rosa oscuro (T) rosa claro (ligera-mente purpurino)	rojo mediano rojo amarillento (muy pálido).	rojo medio grisáceo. rosa claro más cálido	rosa mediano rosa claro (más rojo)

(C) Color.
(T) Tinte.

Figura 45: aspecte d'algunes superfícies pintades de color sota diferents làmpades. Els colors citats en primer lloc corresponen a les mostres tal i com apareixen sota les làmpades llum de dia que són les que s'assemblen més a la llum natural. Els noms dels altres colors, llegint d'esquerra a dreta, per cada color i tint, estan relacionats el millor possible amb aquells de la primera columna de l'esquerra.

- **Obtenció llum de dia:**

S'ha de tenir una font de llum artificial amb una corba de distribució d'energia relativa igual a la distribució espectral d'un cel totalment cobert de dia. Per aquest tipus de llum són millors les làmpades fluorescentes.

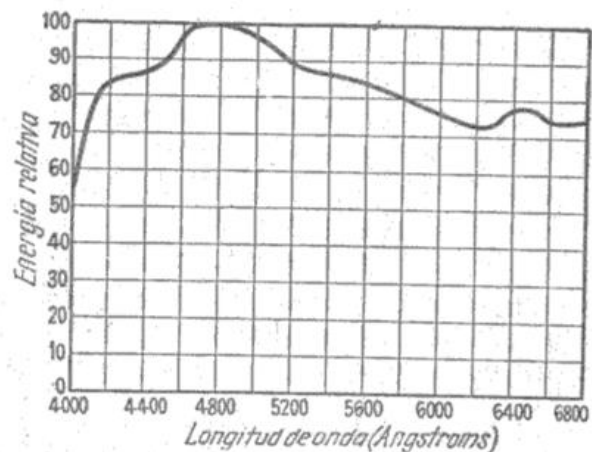


Figura 46: corba de distribució espectral corresponent a la llum del cel núvol: té una temperatura de color de 6500°K.

- **Diagrames escalonats simplificats:**

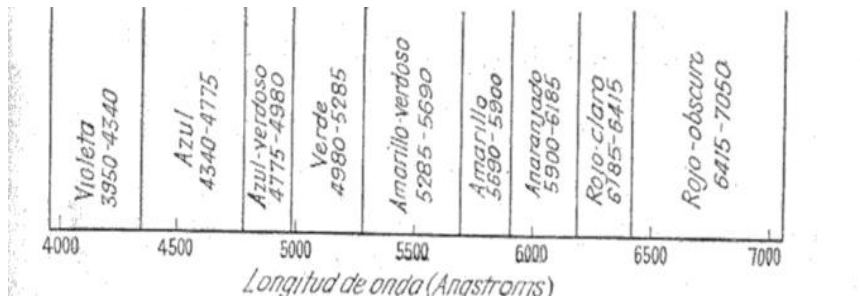


Figura 48: divisió de l'espectre en nou colors. Utilitzada per la simplificació dels diagrames escalonats.

- **Aplicacions de la llum fluorescent:**

Actualment s'usa a pertot i ningú posa en dubte la seva eficàcia. Des de indústries, oficines, escoles, botigues fins a la il·luminació decorativa i altres. Als inicis empré una forta utilització degut a dos motius: el primer, que era una font considerada freda (feia molta menys calor que la làmpada d'incandescència); el segon, que tenia un rendiment lluminós molt més alt. S'entén com a rendiment lluminós la potència útil lluminosa en lúmens entre la potència elèctrica consumida per la làmpada en watts⁵.

- **Costos:**

Per analitzar bé els costos d'una instal·lació d'aquest tipus cal saber el cost anual total (energia, làmpades...) i s'ha de dividir entre el nivell d'il·luminació mitjà en lux. D'aquesta manera és fàcilment comparable amb altres sistemes d'il·luminació.

⁵ 1 watt-llum a 555 nm = 683 lm.

- **Bibliografia i pàgines web:**

NOTA: totes les figures d'aquest annex excepte les de la primera pàgina s'han extret del Manual de Luz Fluorescente. La de la primera pàgina s'ha extret de www.quimica.urv.es i www.educaplus.org .

Bibliografia:

Manual de Luz Fluorescente

Enciclopèdia Salvat Català

Documento Básico HE (nou codi tècnic de l'edificació)

Pàgines web:

www.quimica.urv.es

www.educaplus.org

Annex B.2 Normativa

UNE-EN 12464-1:2003

Introducció

El grau de visibilitat i confort que necessita un lloc determinat va en funció de les activitats que s'hi realitzen. La norma UNE-EN 12464 estipula les necessitats mínimes de confort tant quantitativa (confort visual) com qualitativament (rendiment de colors). Aquesta només és vàlida per llocs de treball en interiors, però no en mineria en el subsòl.

Altres normes que poden ésser útils en il·luminació són:

EN 12193 – *Iluminación. Iluminación de instalaciones deportivas.*

EN 12665:2002 – *Iluminación. Términos básicos y criterios para la especificación de los requisitos de alumbrado.*

prEN 13032-1 – *Iluminación. Medición y presentación de los datos fotométricos de lámparas y luminarias. Parte 1: Medición.*

CIE 117:1995 – *Deslumbramiento molesto en alumbrado de interiores.*

Definicions importants

Per tal de conèixer i entendre la normativa, cal conèixer una nomenclatura específica pròpia de l'argot luminotècnic.

- **Tasca visual:** elements visuals del treball que s'està realitzant. Aquests solen ser la mida de l'estructura, la seva luminància, el seu contrast contra el fons i la seva durada.
- **Àrea de la tasca:** àrea parcial on es desenvolupa la tasca. Si aquesta és desconeguda s'ha de tenir en compte tots els possibles llocs on es pot desenvolupar.
- **Àrea circumdant immediata:** indret amb un ample com a mínim de 0,5 metres que envolta la tasca dins del camp de visió.
- **Il·luminància mantinguda (\overline{E}_m):** valor per sota del qual no es permet que caigui la il·luminància mitja en la superfície especificada. Per tal de mantenir-la s'ha de dur a terme un bon manteniment.
- **Angle d'apantallament:** angle entre el pla horitzontal i la primera línia de visió en la que són directament visibles les parts lluminoses de les làmpades a la lluminària.
- **Equip amb pantalla de visualització (EPV):** pantalla de visualització alfanumèrica o gràfica, independent del procés de visualització utilitzat [90/270/CEE].
- **Uniformitat d'il·luminància:** quocient entre la il·luminància mínima i la mitja sobre una superfície.

Críteris de disseny d'il·luminació

1. Ambient lluminós

Hi ha tres necessitats humanes bàsiques que determinen la il·luminació:

- **Confort visual:** els treballadors tenen la sensació de benestar, per tant, es millora indirectament la productivitat.
- **Prestacions visuals:** els treballadors són capaços de realitzar les seves tasques, incloent situacions difícils i durant llargs períodes de temps.
- **Seguretat.**

Els paràmetres més importants que determinen l'ambient o entorn lluminós són: distribució de luminàncies, il·luminància, enlluernament, direcció de la llum, rendiment dels colors i aparença del color de la llum, flicker, llum natural o diürna. Tots aquests paràmetres són tractats a continuació.

2. Distribució de luminàncies

Aquest paràmetre controla el nivell d'adaptació dels ulls per realitzar la tasca correctament. Es necessita una luminància d'adaptació ben equilibrada per:

- **Agudesia visual.**
- **Sensibilitat al contrast:** discriminació de diferents luminàncies relativament petites).
- **Eficiència de les funcions oculars.**

Es necessita evitar el següent:

- **Luminàncies elevades:** poden donar lloc a enlluernament.
- **Contrasts d'il·luminància massa elevats:** causarien fatiga degut a la readaptació constant dels ulls.
- **Luminàncies baixes i contrastos de luminàncies massa petits:** ambient de treball monòton i poc estimulant.

Les luminàncies en una superfície estan determinades per la reflectància d'aquesta i la il·luminància.

Els marges de reflectància útils en superfícies interiors són:

Sostre:	de 0,6 a 0,9
Parets:	de 0,3 a 0,8
Plans de treball:	de 0,2 a 0,6
Terra:	de 0,1 a 0,5

3. Il·luminància

Aquest paràmetre i la seva distribució repercuteixen en la manera, la seguretat i el confort a l'hora de realitzar una tasca.

a) **Il·luminàncies recomanades a l'àrea de treball:** independentment de l'estat o edat de la instal·lació, la il·luminància mitja mai ha de caure per sota dels valors normalitzats. Les superfícies de treball poden ser inclinades, horitzontals (més comuns) i verticals. Els valors són vàlids per condicions visuals normals i tenen en compte els següents factors:

- **Aspectes psico-fisiològics:** confort visual i benestar.
- **Requisits per tasques visuals.**
- **Ergonomia visual.**
- **Seguretat.**
- **Economia.**

L'escala d'il·luminàncies recomanada és la següent (tenint en compte que 20 lux és el mínim per discernir les característiques de la cara humana):

20-30-50-75-100-150-200-300-500-750-1000-1500-2000-3000-5000

La il·luminància mantinguda hauria de ser augmentada quan:

- **El treball visual és crític.**
- **Els errors són costosos de rectificar.**
- **L'exactitud o la productivitat són de gran importància.**
- **La capacitat visual del treballador està per sota del que és normal.**
- **Els detalls de la tasca són de mida inusualment petita o de baix contrast.**
- **La tasca es desenvolupa durant un temps molt llarg.**

La il·luminància mantinguda pot ser disminuïda quan:

- **Els detalls de la tasca són inusualment grans o amb un elevat contrast.**

- **La tasca es realitza en un temps molt curt.**

En àrees ocupades contínuament, la il·luminància mantinguda no ha de ser menor a 200 lux.

Cal diferenciar dos conceptes de il·luminàncies:

- I. **Il·luminància mitja en el pla horitzontal (E):** il·luminància promig sobre la superfície especificada. El nombre mínim de punts a considerar està en funció de l'índex del local (K) i de la obtenció d'una quadricula simètrica.

Segons el nou codi tècnic de l'edificació:

$$K = \frac{L \times A}{H \times (L + A)}$$

On:

A: amplada del local.

L: longitud del local.

H: alçada del pla de treball a les lluminàries.

4 punts si $K < 1$

9 punts si $2 > K \geq 1$

16 punts si $3 > K \geq 2$

25 punts si $K \geq 3$

- II. **Il·luminància mitja horitzontal mantinguda (E_m):** indica el nivell mitjà mínim del local. Quan es realitza un projecte inicialment el nivell d'il·luminació és superior a E_m degut a que es té en compte la depreciació del flux lluminós de les làmpades per culpa d'embrutiments, decoloració de parets...

- b) **Il·luminàncies d'àrees circumdants immediates:** han d'estar relacionades amb les de l'àrea de treball i haurien de proporcionar una distribució de luminàncies equilibrada en el camp de visió. La il·luminància en els voltants pot ser inferior a la de la tasca però mai inferior a les que diu la taula següent:

Taula 1: uniformitats i relació entre il·luminàncies d'àrees circumdants immediates a l'àrea de treball.

Il·luminància de la tasca en lux	Il·luminància de les àrees circumdants en lux
≥ 750	500
500	300
300	200
≤ 200	Il·luminància de la tasca
Uniformitat $\geq 0,7$	Uniformitat $\geq 0,5$

c) **Uniformitat:** la superfície de treball ha d'estar il·luminada uniformement i els voltant també. En la taula 1 figuren els valors. Se sol calcular com a Emínim/Emitjana

4. Enlluernament

És la sensació produïda per àrees brillants a dins del camp de visió i pot ser experimentat com a enlluernament molest o pertorbador. El causat per reflexions en superfícies especulars és usualment conegut com a reflexions “de velo” o enlluernament reflectit. Si es limita l'enlluernament, es limita la fatiga, accidents i errors.

En interiors, l'enlluernament molest pot produir-se directament a partir de lluminàries brillants i finestres. Si es satisfan els límits d'enlluernament molest, el pertorbador no sol ser un problema. És necessari evitar l'enlluernament quan la direcció de visió està per sobre de la horitzontal.

a) **Enlluernament molest:** l'índex d'enlluernament molest procedent directament de les lluminàries d'una instal·lació interior ha de ser determinat utilitzant el mètode de tabulació de l'Índex d'Enlluernament Unificat de la CIE (UGR, Unified Glare Rating), basat en la següent fórmula:

$$UGR = 8 \log_{10} \left(\frac{0,25}{L_b} \sum \frac{L^2 \omega}{p^2} \right)$$

On:

L_b és la luminància de fons en $\text{cd} \times \text{m}^{-2}$, calculada com $E_{\text{ind}} \times \pi^{-1}$, en la que E_{ind} és la il·luminància indirecta vertical a l'ull de l'observador.

L és la luminància de les parts lluminoses de cada lluminària en la direcció de l'ull de l'observador en $\text{cd} \times \text{m}^{-2}$.

ω és l'angle sòlid en estereoradians de les parts lluminoses de cada lluminària a l'ull de l'observador.

p és l'índex de posició de Guth per cada lluminària individual que es refereix al seu desplaçament de la línia de visió.

Aquest paràmetre sol prendre valors del 10 al 31 i permet determinar el tipus de lluminària adequada en cada indret. 10 és una lluminària que no produeix cap tipus d'enlluernament. Òbviament, avui dia tots aquests valors es calculen amb programes informàtics.

Si el valor màxim d'UGR a la sala és major al límit UGR de les taules, pot ser necessari tenir informació sobre les posicions apropiades per llocs de treball amb pantalles situades dins de la sala. Es poden utilitzar diferents posicions de l'observador.

Anteriorment a aquest mètode, hi havia el de les **corbes de luminància o sistema Söllner**. Era un mètode empíric investigat per a varis models d'oficines a escales 1:3, on es podia simular molt plausiblement la realitat, sempre per a lluminàries fluorescents. Söllner arribà a la conclusió que el grau d'enlluernament depenia de la luminància mitja de les fonts de llum en direcció a l'observador, de les dimensions de la sala i del nivell mitjà d'il·luminació existent.

De tots aquests estudis se'n despreguà el familiar diagrama de **Corba de Luminància**.

Si es comparen els dos mètodes, l'UGR ofereix una referència directa del grau d'enlluernament que s'espera d'una instal·lació d'il·luminació; en canvi, el sistema Söllner només és una eina de selecció de lluminàries, aplicant un procés d'interpolació entre varies corbes de limitació. Dit d'una altra manera, el mètode UGR no s'elabora inicialment per seleccionar lluminàries, sinó que el que s'ha fet és desenvolupar un sistema, basat en l'índex UGR, que permet seleccionar de forma ràpida i fàcil les lluminàries basant-se en les seves característiques d'enlluernament. Tot això implica l'ús de diagrames calculats a partir de dades fotomètriques de la lluminària en qüestió, i

facilitant els valors UGR per a una sala definida per les seves dimensions i els seus coeficients de reflexió. Cada diagrama representa les àrees a les que s'aplica un valor UGR particular, amb direccions visuals paral·leles i perpendiculars a les lluminàries. Utilitzant aquests diagrames, el dissenyador pot saber immediatament si una lluminària concreta és apta o no per a una aplicació particular.

L'enlluernament degut a les finestres és encara motiu d'investigació.

b) **Apantallament contra l'enlluernament:** es pot evitar apantallant les làmpades o posant cortines adequades a les finestres. En la següent taula es troben els apantallaments recomanats sense tenir en compte lluminàries que il·luminen indirectament o les que il·luminen per sota del nivell normal de l'ull.

Taula 2: angles mínims d'apantallament per luminàncies de làmpada especificades.

Luminància de làmpada en $\text{kcd} \times \text{m}^{-2}$	Angle d'apantallament mínim
20 a < 50	15°
50 a < 500	20°
≥ 500	30°

c) **Reflexions “de velo” i enlluernament reflectit:** aquestes poden ser reduïdes notablement amb les següents mesures:

- **Disposició de lluminàries i llocs de treball.**
- **Acabat de les superfícies:** superfícies “mates”.
- **Limitació de luminància de lluminàries.**
- **Àrea lluminosa augmentada de la lluminària.**
- **Sostre brillant i parets brillants.**

5. Il·luminació direccional

S'utilitza per ressaltar objectes, millorar aparença de persones... De tot això se'n diu el “modelat”.

a) **Modelat:** equilibri entre la llum difusa i la direccional. La forma i textura de persones i objectes s'han de veure de forma clara i agradable. Això passa quan la llum ve d'una direcció predominant, formant així ombres ben definides per un bon modelat. En resum, la il·luminació no pot ser molt direccional per no ser agressiva (ombres dures) ni massa difusa donant lloc a un ambient monòton.

b) **Il·luminació direccional de tasques visuals:** dins d'un espai, hi pot haver una zona realçada per tal de fer la tasca més fàcil. No obstant, sempre s'ha d'evitar reflexions "de velo" i enlluernament reflectit.

6. Aspectes del color

Les qualitats de color d'una làmpada pròxima al blanc estan caracteritzades per dos atributs:

- **Aparença de color** de la pròpia làmpada.
- **Rendiment dels colors** que afecten a l'aparença de color d'objectes i persones il·luminats amb la làmpada.

a) **Aparença de color:** color aparent (cromaticitat) de la llum emesa. És quantificada com a **temperatura de color correlacionada (T_{cp})**.

Taula 3: grups d'aparença de color de làmpades.

Aparença de color	Temperatura de color correlacionada T_{cp} (K)
Càlida	Inferior a 3300 K
Intermèdia	3300 K a 5300 K
Freda	Superior a 5300 K

L'elecció de l'aparença de color és una qüestió estètica, psicològica... Em climes càlids se sol preferir una aparença de color freda i al revés.

b) **Rendiment dels colors:** és important que objectes, persones, aliments i altres estiguin il·luminats de tal manera que es reproduïxin els seus colors de forma natural. **L'índex de rendiment dels colors R_a o I.R.C.**, amb un màxim de 100, indica objectivament les propietats de color d'una font de llum. S'obté com una nota que és el resultat sobre la comparació de 8 o 14 colors mostra. Com a mínim, per a treballs prolongats, el rendiment hauria de ser de 80.

- $R_a < 60$ Pobre
 $60 < R_a < 80$ Bo
 $80 < R_a < 90$ Molt bo
 $R_a > 90$ Excel·lent

Cal remarcar que els colors de seguretat sempre han de ser reconeguts com a tal (ISO 3864).

7. Flicker i efectes estroboscòpics

El parpelleig (efecte “flicker”) degut a les oscil·lacions del corrent altern i els efectes estroboscòpics on, per exemple en fluorescents, dona la sensació que la llum giri, poden ser causants d'afectes psicològics com mal de cap. Els últims són molt perillosos quan es treballa amb màquines giratòries.

Les solucions són en làmpades d'incandescència treballar amb corrent continu o amb altes freqüències (30kHz). Aquesta última també és vàlida per a làmpades de descàrrega.

8. Factor de manteniment

Depèn de les característiques de manteniment de la làmpada i de l'equip elèctric, la lluminària, l'ambient i el programa de manteniment. És important tenir en compte la depreciació del flux lluminós al llarg del temps perquè d'aquesta manera la il·luminància no caigui mai per sota dels valors recomanats.

L'instal·lador ha de:

- Establir un factor de manteniment i anotar totes les suposicions fetes per tenir en compte aquest valor.
- Especificar l'equip d'il·luminació adequat per l'ambient d'aplicació.
- Preparar un programa de manteniment complet, que inclogui quan s'ha de canviar la làmpada, la neteja de lluminàries (mètode, temps...)...

9. Consideracions sobre l'energia

Considerant els sistemes d'enllumenat, equips i controls apropiats i l'ús de llum natural disponible es pot estalviar moltíssima energia, sense mai comprometre els aspectes visuals.

10. Llum natural

Pot proporcionar una part o la totalitat de la il·luminació per determinades tasques visuals. Varia de nivell i de composició espectral amb el temps i per això provoca una variació de llum a l'interior. La llum natural pot crear un modelat específic

i una distribució de luminàncies degut al seu flux lluminós quasi horitzontal procedent de les finestres laterals.

Normalment se sol preferir el contacte amb el món exterior que dona les finestres. On n'hi ha de laterals, la llum natural disponible disminueix ràpidament amb la distància a aquestes. Llavors és quan entren en joc els elements de regulació del flux lluminós (manuales o automàtics) per assegurar una bona integració entre llum natural i elèctrica. És necessari sistemes d'apantallament o cortines translúcides per disminuir l'enlluernament degut a la radiació provinent de les finestres.

11. Il·luminació de llocs de treball amb Equips amb Pantalla e Visualització (EPV) incloses Unitats de Presentació Visual

És necessari evitar al màxim reflexions d'alta brillantor en EPV, per això s'ha de seleccionar correctament les lluminàries i col·locar-les molt ben distribuïdes.

La següent taula proporciona els límits de la luminància mitja de la lluminària en angles d'elevació de 65° i per sobre de la vertical cap a baix, radialment al voltant de les lluminàries i per llocs de treball en els que s'usen pantalles de presentació, que són verticals o estan inclinades amb 15°:

Taula 4: límits de luminància en lluminàries que poden ser reflectides en la pantalla.

Classes de pantalles segons la Norma ISO 9241-7	I	II	III
Qualitat de la pantalla	Bona	Mitja	Pobra
Luminàncies mitges de les lluminàries	$\leq 1000 \text{ cd x m}^{-2}$		$\leq 200 \text{ cd x m}^{-2}$

Taules on figuren els valors de referència que s'han de prendre UNE-EN 12464-1:2003: il·luminació de llocs de treball en interiors

Columna 1: nombre de referència per a cada àrea interior, tasca o activitat.

Columna 2: recull les àrees interiors, tasques o activitats, per les que estan donats els requisits específics. Si l'activitat o àrea no hi és present, s'haurien d'adoptar els valors de situacions similars, comparables.

Columna 3: **il·luminància mantinguda E_m** a la superfície de referència per a la tasca donada a la columna 2. Independentment de l'edat o estat de la instal·lació, la il·luminància mitja no ha de caure per sota d'aquest valor.

Columna 4: límits de l'**índex UGR** per a la situació de la columna 2.

Columna 5: **rendiment de colors** mínim per a la situació de la columna 2.

Columna 6: altres avisos.

Nota: totes les taules següents són tretes de normativa UNE-EN 12464-1:2003 del llibre d'OSRAM "Iluminación de los Lugares de Trabajo. Parte 1: Lugares de Trabajo en Interiores", per la qual cosa no s'ha canviat l'idioma ni l'ordre en el qual apareixen.

1. Zona de trànsit i àrees comuns d'edificis

Aquest tipus d'estances van molt relacionades amb les oficines. La nova normativa regula l'efecte parpelleig obligant a instal·lar sistemes electrònics a les làmpades fluorescents i que aquestes tinguin un Ra de com a mínim 80.

2. Activitats industrials i artesanals

Utilitzar compostos químics, eines de tall, forns... Tots aquests i molts més són els motius pels quals aquest tipus d'instal·lacions han d'estar correctament il·luminades. D'aquesta manera es pot reduir la sinistralitat laboral i millorar la salut visual del treballador. A més, la productivitat d'una persona que s'hi vegi com cal serà sempre superior a la mateixa si no s'hi veu correctament.

3. Oficines

És important que hi hagi diferents atmosferes, degut a les diferents funcions que s'hi realitzen avui dia en aquests indrets. A més, amb una bona il·luminació, es millora substancialment la productivitat dels treballadors i disminueix la seva fatiga. Tot això està corroborat per estudis científics, on es demostra que la productivitat dels oficinistes augmenta si disposen d'un confort lluminós adequat.

A més, també es recomana la utilització d'equips electrònics per disminuir els parpellejos de les làmpades fluorescents.

A la llarga, els efectes de la millora en la productivitat causats per una bona il·luminació es noten en la millora de la motivació dels treballadors, en l'atenció i disminució d'errors i accidents, i finalment la sensació de benestar que farà disminuir l'absentisme laboral.

4. Establiments minoristes

L'aspecte del comerç és la primera atracció que sent el client per comprar o no. Dit d'una altra manera, una bona il·luminació, en aquests casos, pot fer el producte molt més atractiu.

Tot i així, no és bo invertir en un aparador espectacular i deixar el dins pobre. Tot ha d'estar en harmonia en funció de la tasca que s'hi ha de realitzar.

Encara que la mercaderia estigui molt ben cuidada, no s'ha de menystenir el personal de vendes, ja que també és important la seva salut.

5. Llocs de pública concurrència

La Norma Europea té molt més en compte l'índex de Reproducció Cromàtica en aquests indrets que la resta de paràmetres.

Molt sovint, llocs molt grans com halls, salons o guarda-robes queden descuidats, i, encara que la resta estigui correctament il·luminat, la sensació és pobra en conjunt.

Altres llocs on passa això són en fires molt grans. La il·luminació exagerada dels stands és desproporcionada enfront del nivell moltes vegades paupèrrim dels passadissos.

Un altre indret on es descuida molt sovint les necessitats lumíniques és a les biblioteques, anant en detriment de la qualitat de lectura i de la salut del lector.

6. Establiments educatius

Tenint en compte criteris d'eficiència energètica, s'ha de buscar un entorn confortable i adequat, mitjançant un bon disseny i manteniment.

Una bona il·luminació proporciona als estudiants i al professorat un ambient estimulants i agradable, reduint la fatiga i els mals de cap.

En una instal·lació d'enllumenat educatiu es poden trobar problemes concrets:

- Llumínaries que produeixen enlluernaments directes o indirectes.
- Làmpades que per la seva temperatura de color i potència inadequades, per defecte o excés, poden fer indesxifrable les notes en un quadern. El color de la llum té un efecte molt important en l'aprofitament escolar. Les làmpades de llum freda proporcionen un ambient semblant a l'aire lliure, que ajuden a l'alumnat a no sentir-se tancats. Les làmpades de llum càlida, proporcionen ambients més sociables i relaxats.

Problemes de visió poden donar lloc a fracassos escolars considerables.

Per altra banda, igual que en la majoria dels indrets, cal buscar làmpades d'elevada eficiència (lumen/watt), la regulació i el control per tal d'aprofitar les fonts naturals de llum.

7. Establiments sanitaris

En aquest tipus d'establiments, s'han de complir dos requisits indispensables: garantir les condicions idònies per a la tasca a desenvolupar i mantenir una atmosfera agradable al pacient.

Per tal de millorar l'eficiència energètica d'aquestes instal·lacions s'ha de buscar làmpades d'alta eficàcia lluminosa i sistemes de regulació i control que adequin es necessitats lluminoses a cada moment. Tot això tenint en compte que si el pacient se sent com a casa, millorarà més ràpidament

8. Àrees de transport

Cada dia més les persones es desplacen en diferents mitjans de transport. Per aquest motiu cal que, per exemple, en un aeroport (mostradors de passaports, torre de control...) es puguin discernir els diferents punts d'interès. Precisament per això cal que hi hagi un Índex de Reproducció Cromàtica de com a mínim 80, variant els nivells d'il·luminància i la Temperatura de Color.

Un altre exemple és en estacions de ferrocarrils i metros, on a les sales d'espera i oficines de bitllets es recomana un Ra de 80 i, en canvi, a les andanes i passos subterranis n'hi ha prou amb 40.

Tabla 5.1
Zonas de tráfico y áreas comunes dentro de edificios

3.1 Zonas de tráfico

N° ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_{in} lux	UGR _e	R _a	Observaciones
1.1.1	Áreas de circulación y pasillos	100	28	40	1 Iluminancia al nivel del suelo 2 R _a y UGR similares a áreas adyacentes 3 150 lux si hay vehículos en el recorrido 4 El alumbrado de salidas y entradas debe proporcionar una zona de transición para evitar cambios repentinos en iluminancia entre interior y exterior de día o de noche 5 Debería tenerse cuidado para evitar el deslumbramiento de conductor y peatones
1.1.2	Escaleras, escaleras automáticas, cintas transportadoras	150	25	40	
1.1.3	Rampas/tramos de carga	150	25	40	

3.2 Salas de descanso, sanitarias y de primeros auxilios

N° ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_{in} lux	UGR _e	R _a	Observaciones
1.2.1	Cantinas, despensas	200	22	80	
1.2.2	Salas de descanso	100	22	80	
1.2.3	Salas para ejercicio físico	300	22	80	
1.2.4	Vestuarios, salas de lavado, cuartos de baño, servicios	200	25	80	
1.2.5	Enfermería	500	19	80	
1.2.6	Salas para atención médica	500	16	90	T _{CR} ≥ 4.000 K

3.3 Salas de control

N° ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_{in} lux	UGR _e	R _a	Observaciones
1.3.1	Salas de material, salas de mecanismos	200	25	60	
1.3.2	Sala de fax, correos, cuadro de contadores	500	19	80	

3.4 Salas de almacenamiento, almacenes fríos

N° ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_{in} lux	UGR _e	R _a	Observaciones
1.4.1	Almacenes y cuarto de almacén	100	25	60	200 lux si está ocupado en continuo
1.4.2	Áreas de manipulación de paquetes y de expedición	300	25	60	

Tabla 5.1 (Fin)
Zonas de tráfico y áreas comunes dentro de edificios

1.5 Área de almacenamiento con estanterías

N° ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_{in} lux	UGR _e	R _a	Observaciones
1.5.1	Pasillos; sin guardarropas	20	-	40	Iluminancia al nivel del suelo
1.5.2	Pasillos; guardarropas	150	22	60	Iluminancia al nivel del suelo
1.5.3	Estaciones de control	150	22	60	

Tabla 5.2
Actividades industriales y artesanales

2.1 Agricultura

N° ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_{in} lux	UGR _e	R _a	Observaciones
2.1.1	Carga y operaciones con artículos, equipo de manipulación y maquinaria	200	25	80	
2.1.2	Edificios para ganadería	50	-	40	
2.1.3	Sala de veterinaria, establos para partir	200	25	80	
2.1.4	Preparación de alimentos; vaquería; lavado de utensilios	200	25	80	

2.2 Panaderías

N° ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_{in} lux	UGR _e	R _a	Observaciones
2.2.1	Preparación y hornos de cocción	300	22	80	
2.2.2	Acabado, hornado, decoración	500	22	80	

2.3 Cemento, artículos de cemento, hormigón, ladrillos

N° ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_{in} lux	UGR _e	R _a	Observaciones
2.3.1	Secado	50	28	20	Se deben reconocer los colores de seguridad
2.3.2	Preparación de materiales, trabajo en hornos y mezcladores	200	28	40	
2.3.3	Trabajo en máquinas en general	300	25	80	Para grandes alturas: véase el apartado 4.6.2
2.3.4	Encofrado	300	25	80	Para grandes alturas: véase el apartado 4.6.2

Tabla 5.2 (Continúa)
Actividades industriales y artesanales

Nº ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_m lux	UGR ₀	R ₀	Observaciones
2.6.1	Fabricación de cable e hilos	300	25	80	Para grandes alturas: véase el apartado 4.6.2
2.6.2	Bobinado: - bobinas grandes - bobinas de tamaño medio - bobinas pequeñas	300 500 750	25 22 19	80 80 80	Para grandes alturas: véase el apartado 4.6.2 Para grandes alturas: véase el apartado 4.6.2 Para grandes alturas: véase el apartado 4.6.2
2.6.3	Impregnación de bobinas	300	25	80	Para grandes alturas: véase el apartado 4.6.2
2.6.4	Galvanización	300	25	80	Para grandes alturas: véase el apartado 4.6.2
2.6.5	Trabajo de ensamblaje: - bulto, por ejemplo transformadores grandes - medio, por ejemplo cuadro de contadores - fino, por ejemplo teléfonos	300 500 750	25 22 19	80 80 80	Para grandes alturas: véase el apartado 4.6.2 Para grandes alturas: véase el apartado 4.6.2 Para grandes alturas: véase el apartado 4.6.2
2.6.6	Talleres de electrónica, ensayos, puesta a punto	1 000 1 500	16 16	80 80	

2.7 Productos alimenticios e industria de alimentos de lujo

Nº ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_m lux	UGR ₀	R ₀	Observaciones
2.7.1	Puestos de trabajo y zonas en: - fábricas de cerveza, malta - para lavado, llenado de barriles, limpieza, tamizado, desecarado - cocción en fábricas de conservas y chocolates - puestos de trabajo y zonas en azucareras - para secar y fermentar el tabaco en rama, caeva de fermentación	200	25	80	
2.7.2	Clasificación y lavado de productos; molienda, mezclado, envasado	300	25	80	
2.7.3	Puestos de trabajo y zonas críticas en mataheros, carnicerías, molinos de queserías, o zonas de filtrado en refineries de azúcar	500	25	80	
2.7.4	Corte y clasificación de frutas y vegetales	300	25	80	
2.7.5	Fabricación de alimentos de delicatessen, trabajo en cocinas, fabricación de puros y cigarrillos	500	22	80	
2.7.6	Inspección de vidrios y botellas, control de productos, desbarbadura, clasificación, decoración	500	22	80	
2.7.7	Laboratorios	500	19	80	
2.7.8	Inspección de colores	1 000	16	90	T _{CP} ≥ 4 000 K

Tabla 5.2 (Continúa)
Actividades industriales y artesanales

Nº ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_m lux	UGR ₀	R ₀	Observaciones
2.4	Cerámicas, fajos, vidrio, artículos de vidrio				
2.4.1	Secado	50	28	20	Se deben reconocer los colores de seguridad
2.4.2	Preparación, trabajo en máquinas en general	300	25	80	Para grandes alturas: véase el apartado 4.6.2
2.4.3	Esmaltado, laminado, prensado, conformado de piezas sencillas, hornado, soplado de vidrio	300	25	80	Para grandes alturas: véase el apartado 4.6.2
2.4.4	Amolado, grabado, pulido de vidrio, conformado de piezas de precisión, fabricación de instrumentos de vidrio	750	19	80	Para grandes alturas: véase el apartado 4.6.2
2.4.5	Amolado de vidrio óptico, cristal, molienda a mano y grabado	750	16	80	
2.4.6	Trabajo de precisión, por ejemplo amolado decorativo, pintura a mano	1 000	16	90	T _{CP} ≥ 4 000 K
2.4.7	Fabricación de piedras preciosas sintéticas	1 500	16	90	T _{CP} ≥ 4 000 K

2.5 Industria química, de plásticos y de caucho

Nº ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_m lux	UGR ₀	R ₀	Observaciones
2.5.1	Instalaciones de tratamiento manijada por control remoto	50	-	20	Se deben reconocer los colores de seguridad
2.5.2	Instalaciones de tratamiento con intervención manual limitada	150	28	40	
2.5.3	Puestos de trabajo constantemente protegidos en instalaciones de tratamiento	300	25	80	
2.5.4	Salas de medidas de precisión, laboratorios	500	19	80	
2.5.5	Producción farmacéutica	500	22	80	
2.5.6	Producción de neumáticos	500	22	80	
2.5.7	Inspección de colores	1 000	16	90	T _{CP} ≥ 4 000 K
2.5.8	Corte, acabado, inspección	750	19	80	

Tabla 5.2 (Continúa)
Actividades industriales y artesanales

2.8 Fundiciones y colada de metales				
N° ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_m lux	UGR _R	R _a Observaciones
2.8.1	Fosos tamaño hombre, cuevas, etc.	50	-	-
2.8.2	Plataformas	100	25	40
2.8.3	Preparación de arena	200	25	80
2.8.4	Vestuario	200	25	80
2.8.5	Puestos de trabajo en cúpula y mezclador	200	25	80
2.8.6	Nave de colada	200	25	80
2.8.7	Áreas de sacudida por vibración	200	25	80
2.8.8	Moldeo en máquina	200	25	80
2.8.9	Moldeo a mano y moldeo de núcleos	300	25	80
2.8.10	Moldeo a presión	300	25	80
2.8.11	Construcción de modelos	500	22	80
2.9 Peluquerías				
N° ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_m lux	UGR _R	R _a Observaciones
2.9.1	Trabajo de peluquería	500	19	90
2.10 Fabricación de joyas				
N° ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_m lux	UGR _R	R _a Observaciones
2.10.1	Trabajo con piedras preciosas	1 500	16	90
2.10.2	Fabricación de joyas	1 000	16	90
2.10.3	Relojería (manual)	1 500	16	80
2.10.4	Relojería (automática)	500	19	80
2.11 Lavanderías y limpieza en seco				
N° ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_m lux	UGR _R	R _a Observaciones
2.11.1	Marcado y clasificación de artículos	300	25	80
2.11.2	Lavado y limpieza en seco	300	25	80
2.11.3	Planchado, planchado a vapor	300	25	80
2.11.4	Inspección y reparaciones	750	19	80

Tabla 5.2 (Continúa)
Actividades industriales y artesanales

2.12 Cuero y artículos de cuero				
N° ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_m lux	UGR _R	R _a Observaciones
2.12.1	Trabajo en tintas, bueñiles y pozos	200	25	40
2.12.2	Descarnado, adelgazado, frizado, limpieza en tambor de pieles	300	25	80
2.12.3	Curtido, fabricación de zapatos: cosido, pulido, abornado, corte, punzonado, perforación	500	22	80
2.12.4	Clasificación	500	22	90
2.12.5	Tendido de cuero (máquina)	500	22	80
2.12.6	Control de calidad	1 000	19	80
2.12.7	Inspección de colores	1 000	16	90
2.12.8	Fabricación de zapatos	500	22	80
2.12.9	Fabricación de guantes	500	22	80
2.12.10	Fabricación de artículos de cuero	500	22	80
2.12.11	Inspección de calidad	1 000	19	80
2.12.12	Inspección de colores	1 000	16	90
2.12.13	Fabricación de artículos de cuero	500	22	80
2.12.14	Fabricación de guantes	500	22	80
2.13 Trabajo y tratamiento de metales				
N° ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_m lux	UGR _R	R _a Observaciones
2.13.1	Foja en troquel abierto	200	25	60
2.13.2	Escampación en caliente	300	25	60
2.13.3	Soldadura	300	25	60
2.13.4	Mecanización hasta y media: tolerancias $\geq 0,1$ mm	300	22	60
2.13.5	Mecanización de precisión: pulido: tolerancias $\leq 0,1$ mm	500	19	60
2.13.6	Trazado, inspección	750	19	60
2.13.7	Talleres de estirado de hilos y tubos; conformado en frío	300	25	60
2.13.8	Mecanización de chapas: espesor ≥ 5 mm	200	25	60
2.13.9	Chapistería: espesor ≤ 5 mm	300	22	60
2.13.10	Fabricación de herramientas; fabricación de equipo de corte	750	19	60
2.13.11	Montaje: - basto - medio - fino - precisión	200 300 500 750	25 25 22 19	80 80 80 80
2.13.12	Galvanización	300	25	80
2.13.13	Preparación de superficies y pintura	750	25	80
2.13.14	Fabricación de herramientas, patrones, mecánica de precisión, micro-mecánica	1 000	19	80

Tabla 5.2 (Continúa)
Actividades industriales y artesanales

2.14 Papel y artículos de papel				
N° ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_{in} lux	UGR _i	R _s Observaciones
2.14.1	Molino vertical, molinos de pulpa	200	25	80 Para grandes alturas: véase el apartado 4.6.2
2.14.2	Fabricación y tratamiento de papel, máquinas de papel y ondulación, fabricación de cartón	300	25	80 Para grandes alturas: véase el apartado 4.6.2
2.14.3	Encauadrado estándar, por ejemplo, plegado clasificación, entablado, corte, grabado, cosido	500	22	80
2.15 Centros de energía eléctrica				
N° ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_{in} lux	UGR _i	R _s Observaciones
2.15.1	Planta de suministro de combustible	50	20	20 Se deben reconocer los colores de seguridad
2.15.2	Alojamiento caldera	100	28	40
2.15.3	Salas de máquinas	200	25	80 Para grandes alturas: véase el apartado 4.6.2
2.15.4	Salas laterales, por ejemplo salas de bombas, salas de condensadores, etc.; cuadros de control (dentro de edificios)	200	25	60
2.15.5	Salas de control	500	16	80 1 Los paneles de control están a menudo en vertical 2 Puede requerirse regulación de flujo luminoso 3 Para trabajo en EPV véase el apartado 4.11
2.15.6	Aparatos de comunicación exterior	20	-	20 Se deben reconocer los colores de seguridad
2.16 Imprentas				
N° ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_{in} lux	UGR _i	R _s Observaciones
2.16.1	Corte, grabado, tipografía, grabado de clichés, trabajo en placas y mármol, máquinas de impresión, fabricación de matrices	500	19	80
2.16.2	Clasificación de papel e impresión a mano	500	19	80
2.16.3	Ajuste de tipos, retoques, litografía	1 000	19	80
2.16.4	Inspección de colores en impresión, multicolor	1 500	16	90 T _{cr} ≥ 5 000 K
2.16.5	Grabado en acero y cobre	2 000	16	80 Para direccionalidad, véase el apartado 4.5.2

Tabla 5.2 (Continúa)
Actividades industriales y artesanales

2.17 Laminación, instalaciones sifonográficas				
N° ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_{in} lux	UGR _i	R _s Observaciones
2.17.1	Instalaciones de producción sin intervención manual	50	-	20 Se deben reconocer los colores de seguridad
2.17.2	Instalaciones de producción con intervención manual ocasional	150	28	40
2.17.3	Instalaciones de producción con intervención manual continua	200	25	80 Para grandes alturas: véase el apartado 4.6.2
2.17.4	Almácenes de placas de metal	50	-	20 Se deben reconocer los colores de seguridad
2.17.5	Hornos	200	25	20 Se deben reconocer los colores de seguridad
2.17.6	Tren de laminación, bobinadora, línea de corte	300	22	40
2.17.7	Plataformas de control; paneles de control	300	22	80
2.17.8	Ensayos, medición e inspección	500	22	80
2.17.9	Fosos de tamaño de hombre, secciones de cintas, cuevas, etc.	50	-	20 Se deben reconocer los colores de seguridad
2.18 Industria textil				
N° ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_{in} lux	UGR _i	R _s Observaciones
2.18.1	Puestos de trabajo y zonas en baños, apertura de bolas o fardos	200	25	60
2.18.2	Cardado, lavado, planchado, máquinas de deshilachar, dibujado, peinado, dimensionado, corte de cardado, pre-hilado, hilado de yute bobinado	300	22	80
2.18.3	Hilado, plegado, enrollado, bobinado	500	22	80 Impedir efecto estroboscópico
2.18.4	Urdimbre, tejido, trenzado, trecciado	500	22	80 Impedir efecto estroboscópico
2.18.5	Cosido, tejido de punto, costuras	750	22	80
2.18.6	Diseño manual, patrones	750	22	90 T _{cr} ≥ 4 000 K
2.18.7	Acabado, tejido	500	22	80
2.18.8	Sala de secado	100	28	60
2.18.9	Impresión automática de tejidos	500	25	80
2.18.10	Desmontado, inserción de la trama, recortes	1 000	19	80
2.18.11	Inspección de colores, control de tejidos	1 000	16	90 T _{cr} ≥ 4 000 K
2.18.12	Zarcido invisible	1 500	19	90 T _{cr} ≥ 4 000 K
2.18.13	Fabricación de sombreros	500	22	80

Tabla 5.2 (Fin)
Actividades industriales y artesanales

Nº ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_m lux	UGR _L	R _a	R _s	Observaciones
2.19.1	Carnicería y mortaje	500	22	80	-	
2.19.2	Pintura, cámara, pulverización, cámara de polvo	750	22	80	-	
2.19.3	Pintura: retoque, inspección	1 000	19	90	T _{CP} ≥ 4 000 K	
2.19.4	Fabricación de tapicería	1 000	19	80	-	
2.19.5	Inspección final	1 000	19	80	-	

2.20 Industria maderera y su tratamiento

Nº ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_m lux	UGR _L	R _a	R _s	Observaciones
2.20.1	Tratamiento automático, por ejemplo, secado, fabricación de tablero	50	28	40	-	
2.20.2	Tratamientos con vapor	150	28	40	-	
2.20.3	Basidior de aserrado	300	25	60	Impedir efecto estroboscópico	
2.20.4	Trabajo en uniones, encolado, mortaje	300	25	80	-	
2.20.5	Pulido, pintura, ensamblaje finos	750	22	80	-	
2.20.6	Trabajo en máquinas para trabajar madera, por ejemplo, torneado, estrado, enderezado, rebatido, ramurado corte, aserrado, perforado	500	19	80	Impedir efecto estroboscópico	
2.20.7	Selección de maderas de placas	750	22	90	T _{CP} ≥ 4 000 K	
2.20.8	Marquetería, incrustación en madera	750	22	90	T _{CP} ≥ 4 000 K	
2.20.9	Control de calidad, inspección	1 000	19	90	T _{CP} ≥ 4 000 K	

Tabla 5.3
Oficinas

Nº ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_m lux	UGR _L	R _a	R _s	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; véase el apartado 4.11	
3.3	Diseño técnico	750	16	80	-	
3.4	Puestos de trabajo de CAD	500	19	80	Trabajo en EPV; véase el apartado 4.11	
3.5	Salas de conferencias y reuniones	500	19	80	La iluminación debería ser controlable	
3.6	Mostrador de recepción	300	22	80	-	
3.7	Archivos	200	25	80	-	

Tabla 5.4
Establecimientos minoristas

Nº ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_m lux	UGR _L	R _a	R _s	Observaciones
4.1	Área de ventas	300	22	80	-	Los requisitos tanto de iluminación como de UGR vienen determinados por el tipo de tienda
4.2	Área de cajas	500	19	80	-	
4.3	Mesa de envolver	500	19	80	-	

Tabla 5.5
Lugares de pública concurrencia

5.1. Áreas comunes						
Nº ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_m lux	UGR _L	R _a	R _s	Observaciones
5.1.1	Halls de entrada	100	22	80	-	UGR sólo si es aplicable
5.1.2	Guardarropas	200	25	80	-	
5.1.3	Salones	200	22	80	-	
5.1.4	Oficinas de taquillas	300	22	80	-	
5.2. Restaurantes y hoteles						
Nº ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_m lux	UGR _L	R _a	R _s	Observaciones
5.2.1	Recepción/caja, conserjería	300	22	80	-	
5.2.2	Cocinas	500	22	80	-	Debería haber una zona de transición entre cocina y restaurante
5.2.3	Restaurante, comedor, salas de reuniones	-	-	80	-	El alumbrado debería ser diseñado para crear la atmósfera apropiada
5.2.4	Restaurante auto-servicio	200	22	80	-	
5.2.5	Buffet	300	22	80	-	
5.2.6	Sala de conferencias	500	19	80	-	El alumbrado debería ser controlable
5.2.7	Pasillos	100	25	80	-	Durante la noche son aceptables niveles inferiores
5.3. Teatros, salas de conciertos, salas de cine						
Nº ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_m lux	UGR _L	R _a	R _s	Observaciones
5.3.1	Salas de ensayos, camerinos	300	22	80	-	La iluminación de espejos para maquillaje debe estar libre de deslumbramientos

Tabla 5.5 (Fin)
Lugares de pública concurrencia

Nº ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_m lux	UGR _L	R _a	Observaciones
5.4.1	Alumbrado general	300	22	80	
5.5 Museos					
Nº ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_m lux	UGR _L	R _a	Observaciones
5.5.1	Otras exhibidas insensibles a la luz				La iluminación es determinada por los requisitos de presentación
5.5.2	Otras exhibidas sensibles a la luz				1 La iluminación es determinada por los requisitos de presentación 2 La protección contra radiación dañina es imprescindible
5.6 Bibliotecas					
Nº ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_m lux	UGR _L	R _a	Observaciones
5.6.1	Estanterías	200	19	80	
5.6.2	Área de lectura	500	19	80	
5.6.3	Puestos de servicio al público	500	19	80	
5.7 Aparcamientos de vehículos públicos (interior)					
Nº ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_m lux	UGR _L	R _a	Observaciones
5.7.1	Rampas de acceso o salida (de día)	300	25	20	1 Iluminancias a nivel del suelo 2 Se deben reconocer los colores de seguridad
5.7.2	Rampas de acceso o salida (de noche)	75	25	20	1 Iluminancias a nivel del suelo 2 Se deben reconocer los colores de seguridad
5.7.3	Calles de circulación	75	25	20	1 Iluminancias a nivel del suelo 2 Se deben reconocer los colores de seguridad
5.7.4	Áreas de aparcamiento	75	-	20	1 Iluminancias a nivel del suelo 2 Se deben reconocer los colores de seguridad 3 Una elevada iluminación vertical aumenta el reconocimiento de las caras de las personas y por ello la sensación de seguridad
5.7.5	Caja	300	19	80	1 Evitar reflejos en las ventanas 2 Impedir el deslumbramiento desde el exterior

Tabla 5.6
Establecimientos educativos

6.1 Jardines de infancia, guarderías					
Nº ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_m lux	UGR _L	R _a	Observaciones
6.1.1	Sala de juegos	300	19	80	
6.1.2	Guardería	300	19	80	
6.1.3	Sala de manualidades	300	19	80	
6.2 Edificios educativos					
Nº ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_m lux	UGR _L	R _a	Observaciones
6.2.1	Aulas, aulas de tutoría	300	19	80	La iluminación debería ser controlable
6.2.2	Aulas para clases nocturnas y educación de adultos	500	19	80	La iluminación debería ser controlable
6.2.3	Sala de lectura	500	19	80	La iluminación debería ser controlable
6.2.4	Pizarra	500	19	80	Evitar reflexiones especulares
6.2.5	Mesa de demostraciones	500	19	80	En salas de lectura 750 lux
6.2.6	Aulas de arte	500	19	80	
6.2.7	Aulas de arte en escuelas de arte	750	19	90	T _{cr} ≥ 5 000 K
6.2.8	Aulas de dibujo técnico	750	16	80	
6.2.9	Aulas de prácticas y laboratorios	500	19	80	
6.2.10	Aulas de manualidades	500	19	80	
6.2.11	Talleres de ensamblaje	500	19	80	
6.2.12	Aulas de prácticas de música	300	19	80	
6.2.13	Aulas de prácticas de informática	300	19	80	Trabajo con EPV; véase el apartado 4.1.1
6.2.14	Laboratorio de lenguas	300	19	80	
6.2.15	Aulas de preparación y talleres	500	22	80	
6.2.16	Halls de entrada	200	22	80	
6.2.17	Áreas de circulación, pasillos	100	25	80	
6.2.18	Escaleras	150	25	80	
6.2.19	Aulas comunes de estudio y aulas de reunión	200	22	80	
6.2.20	Salas de profesores	300	19	80	
6.2.21	Biblioteca: estanterías	200	19	80	
6.2.22	Biblioteca: salas de lectura	500	19	80	
6.2.23	Almacenes de material de profesores	100	25	80	
6.2.24	Salas de deportes, gimnasios, piscinas (uso general)	300	22	80	Para actividades más específicas, se deben usar los requisitos de la Norma EN 12193
6.2.25	Cantinas escolares	200	22	80	
6.2.26	Cocina	500	22	80	

Tabla 5.7
Establecimientos sanitarios

7.1. Salas para uso general					
N° ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_m lux	UGR _L	R _a	Observaciones
7.1.1	Salas de espera	200	22	80	
7.1.2	Pasillos, durante el día	200	22	80	
7.1.3	Pasillos, durante la noche	50	22	80	Todas las iluminancias a nivel del suelo
7.1.4	Salas de día	200	22	80	
7.2. Salas de personal					
N° ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_m lux	UGR _L	R _a	Observaciones
7.2.1	Oficina de personal	500	19	80	
7.2.2	Salas de personal	300	19	80	
7.3. Salas de guardia, salas de maternidad					
N° ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_m lux	UGR _L	R _a	Observaciones
7.3.1	Alumbrado general	100	19	80	
7.3.2	Alumbrado de lectura	300	19	80	
7.3.3	Exámenes simples	300	19	80	Deben impedirse iluminancias demasiado elevadas en el campo de visión de los pacientes
7.3.4	Examen y tratamiento	1 000	19	90	Iluminancia a nivel del suelo
7.3.5	Alumbrado nocturno, alumbrado de observación	5	-	80	
7.3.6	Cuartos de baño y servicios para pacientes	200	22	80	
7.4. Salas de examen (general)					
N° ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_m lux	UGR _L	R _a	Observaciones
7.4.1	Alumbrado general	500	19	90	
7.4.2	Examen y tratamiento	1 000	19	90	

Tabla 5.7 (Continúa)
Establecimientos sanitarios

7.5. Salas de examen ocular					
N° ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_m lux	UGR _L	R _a	Observaciones
7.5.1	Alumbrado general	300	19	80	
7.5.2	Examen ocular externo	1 000	-	90	
7.5.3	Pruebas de lectura y visión cromática con diagramas de visión	500	16	90	
7.6. Salas de examen auditivo					
N° ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_m lux	UGR _L	R _a	Observaciones
7.6.1	Alumbrado general	300	19	80	
7.6.2	Examen auditivo	1 000	-	90	
7.7. Salas de escalier					
N° ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_m lux	UGR _L	R _a	Observaciones
7.7.1	Alumbrado general	300	19	80	
7.7.2	Escaliers con mejoradores de imágenes y sistemas de TV	50	19	80	Trabajo con EPV; véase el apartado 4.1.1
7.8. Salas de parto					
N° ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_m lux	UGR _L	R _a	Observaciones
7.8.1	Alumbrado general	300	19	80	
7.8.2	Examen y tratamiento	1 000	19	80	
7.9. Salas de tratamiento (general)					
N° ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_m lux	UGR _L	R _a	Observaciones
7.9.1	Dialisis	500	19	80	La iluminación debe ser controlable
7.9.2	Dermatología	500	19	90	
7.9.3	Salas de endoscopia	300	19	80	
7.9.4	Salas de yesos	500	19	80	
7.9.5	Baños médicos	300	19	80	
7.9.6	Masaje y radioterapia	300	19	80	

Tabla 5.7 (Continúa)
Establecimientos sanitarios

7.10 Áreas de operación					
N° ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_{in} lux	UGR _s	R _s	Observaciones
7.10.1	Salas preoperatorias y de recuperación	500	19	90	
7.10.2	Salas de operación	1 000	19	90	
7.10.3	Quirófanos				\bar{E}_{in} : 10 000 a 100 000 lux
7.11 Unidad de cuidados intensivos					
N° ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_{in} lux	UGR _s	R _s	Observaciones
7.11.1	Alumbrado general	100	19	90	A nivel del suelo
7.11.2	Exámenes simples	300	19	90	A nivel de cama
7.11.3	Examen y tratamiento	1 000	19	90	A nivel de cama
7.11.4	Vigilancia nocturna	20	19	90	
7.12 Dentistas					
N° ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_{in} lux	UGR _s	R _s	Observaciones
7.12.1	Alumbrado general	500	19	90	El alumbrado debe estar libre de deslumbramiento para el paciente
7.12.2	En el paciente	1 000	-	90	
7.12.3	Quirófano	5 000	-	90	Pueden ser necesarios valores mayores de 5 000 lux
7.12.4	Emparejado del blanco dental	5 000	-	90	$T_{cr} \geq 6 000$ K
7.13 Laboratorios y farmacias					
N° ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_{in} lux	UGR _s	R _s	Observaciones
7.13.1	Alumbrado general	500	19	80	
7.13.2	Inspección de colores	1 000	19	90	$T_{cr} \geq 6 000$ K
7.14 Salas de descontaminación					
N° ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_{in} lux	UGR _s	R _s	Observaciones
7.14.1	Salas de esterilización	300	22	80	
7.14.2	Salas de desinfección	300	22	80	

Tabla 5.7 (Fin)
Establecimientos sanitarios

7.15 Sala de autopsias y depósitos mortuorios					
N° ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_{in} lux	UGR _s	R _s	Observaciones
7.15.1	Alumbrado general	500	19	90	
7.15.2	Mesa de autopsia y mesa de disección	5 000	-	90	Pueden ser necesarios valores mayores de 5 000 lux

Tabla 5.8 Áreas de transporte					
8.1 Aeropuertos					
N° ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_{in} lux	UGR _s	R _s	Observaciones
8.1.1	Salas de llegada y salida, recogida de equipajes	200	22	80	Para grandes alturas: véase el apartado 4.6.2
8.1.2	Áreas de conexión, escaleras mecánicas, cintas transportadoras	150	22	80	
8.1.3	Mostradores de información, facturación	500	19	80	Trabajo con EPV: véase el apartado 4.11
8.1.4	Aduanas y mostradores de control de pasaportes	500	19	80	La iluminación vertical es importante
8.1.5	Áreas de espera	200	22	80	
8.1.6	Salas de consigna	200	25	80	
8.1.7	Áreas de control y de seguridad	300	19	80	Trabajo con EPV: véase el apartado 4.11
8.1.8	Torre de control de tráfico aéreo	500	16	80	1 El alumbrado debe ser regulable 2 Para trabajos con EPV, véase el apartado 4.11 3 Se debe evitar el deslumbramiento de luz natural 4 Evitar reflejos en ventanas, especialmente de noche
8.1.9	Hangares de reparación y ensayo	500	22	80	Para grandes alturas: véase el apartado 4.6.2
8.1.10	Áreas de ensayo de motores	500	22	80	Para grandes alturas: véase el apartado 4.6.2
8.1.11	Áreas de medición en hangares	500	22	80	Para grandes alturas: véase el apartado 4.6.2
8.2 Instalaciones ferroviarias					
N° ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_{in} lux	UGR _s	R _s	Observaciones
8.2.1	Andenes cubiertos y pasos subterráneos de pasajeros	50	28	40	
8.2.2	Sala de taquillas y vestíbulo	200	28	40	
8.2.3	Oficinas de billetes, de equipajes y de contadores	300	19	80	
8.2.4	Salas de espera	200	22	80	

RAEE: Real Decret sobre aparells elèctrics i electrònics i gestió de residus

Amb el Real Decret 208/2005 del 25 de febrer del 2005, sobre aparells elèctrics i electrònics i la gestió dels seus residus, es pretén millorar el comportament mediambiental dels productors, distribuïdors i usuaris d'aquests.

Bàsicament es tracta de limitar substàncies perilloses en la fabricació d'aquests productes que són fabricats a partir de l'1 de juny del 2006.

La norma aprovada estableix que els últims posseïdors d'aquests aparells poden retornar-los sense costos als distribuïdors o a les entitats locals. Llavors, els productors se n'han de fer càrrec i procedir a la correcta gestió, sigui directament o mitjançant gestors autoritzats (qui contamina paga).

A més, s'indiquen les operacions de tractament adequades a les tècniques disponibles.

Llavors, tots els fabricants d'aquests residus hauran d'informar a l'usuari de l'increment dels preus degut al tractament. Tot això apareix a la factura des del 13 d'agost del 2005.

Els productors poden desenvolupar el seu propi sistema de recollida, reciclat i valorització o realitzar aquest servei a través d'un Sistema Integrat de Gestió (S.I.G.).

RoHS: restriccions a la utilització de determinades substàncies perilloses en aparells elèctrics

Complementa la directiva RAEE reduint les quantitats de materials potencialment perillosos continguts en productes elèctrics i electrònics i és aplicable des de l'1 de juliol del 2006.

Es prohibeixen les següents substàncies en làmpades i equips:

- Plom (Pb).
- Mercuri (Hg).
- Crom hexavalent (CrVI).
- Cadmi (Cd).
- Bifenils polibromats (PBB).
- Difenilèters polibromats (PBDE).

La directiva RoHS no sols afecta a les làmpades sinó també als equips. Tot i així, hi ha excepcions ja que hi ha una sèrie de làmpades de descàrrega de gas que necessiten una mica de mercuri per funcionar eficientment.

Taula 5: excepcions en il·luminació de la directiva RoHS.

Substància	Aplicacions	Màxim valor
Mercuri	Compactes Integrades i No integrades	< 5 mg
	Làmpades fluorescents rectes (fins generals)	< 10 mg
	Halofosfats (làmpades estàndard)	< 5 mg
	Trifosfats vida normal (Gamma 80)	< 8 mg
	Trifosfats de vida prolongada	Exempt
	Fluorescents per finalitats especials	Exempt
	Làmpades HID (compactes)	Exempt
Plom	Vidre d'arrencadors i tubs fluorescents	Exempt
	Soldadures d'alta temperatura de fusió (Pb > 85%)	Exempt
	Peces ceràmiques electròniques (en excitadors)	Exempt

Real Decret 838/2002: Requisits d'eficiència energètica dels balasts de làmpades fluorescents

El Real Decret 838/2002 del 2 d'agost fa referència a la Directiva 2000/55/CE que va ser aprovada en el Parlament Europeu el 18 de setembre. Aquesta regula els requisits d'eficiència energètica dels balasts de làmpades fluorescents.

D'aquesta manera es vol reduir el consum dels balasts de fluorescència. Estan exclosos d'aquesta Directiva els balasts integrats en làmpades, balasts que s'hagin d'instal·lar en mobles i balasts destinats a l'exportació a fora de la comunitat.

Els balasts han d'anar amb una etiqueta amb el símbol CE visible tant en ells com al seu embalatge.

Hi ha 7 índex d'eficiència energètica de balasts, de millor a pitjor són:

- A1: electrònics regulables.
- A2: electrònics de baixes pèrdues.
- A3: electrònics estàndard.
- B1: electromagnètics de molt baixes pèrdues.
- B2: electromagnètics de baixes pèrdues.
- C: electromagnètics de pèrdues moderades (actualment en desús).
- D: electromagnètics d'altres pèrdues (actualment en desús).

La potència màxima d'entrada dels circuits balast-làmpada per a un tipus de balast determinat es defineix com la potència màxima del circuit amb diferents nivells per a cada potència de làmpada i per a cada tipus de balast.

Per a calcular la potència màxima d'entrada dels circuits balast-làmpada d'un tipus determinat de balast, s'haurà de situar-lo en la categoria adequada de la llista següent extreta de "Código Técnico de la Edificación y otras normas relacionadas con el alumbrado":

Categoría	Descripción
1	Balasto para lámpara tubular
2	Balasto para lámpara compacta de 2 tubos
3	Balasto para lámpara compacta plana de 4 tubos
4	Balasto para lámpara compacta de 4 tubos
5	Balasto para lámpara compacta de 6 tubos
6	Balasto para lámpara compacta de tipo 2 D

Potencia de lámpara (W)			CLASE						
	50 Hz.	HF	A1	A2	A3	B1	B2	C	D
Grupo 1	15	13,5	9	16	18	21	23	25	>25
	18	16	10,5	19	21	24	26	28	>28
	30	24	16,5	31	33	36	38	40	>40
	36	32	19	36	38	41	43	45	>45
	38	32	20	38	40	43	45	47	>47
	58	50	29,5	55	59	64	67	70	>70
	70	60	36	68	72	77	80	83	>83
Grupo 2	18	16	10,5	19	21	24	26	28	>28
	24	22	13,5	25	27	30	32	34	>34
	36	32	19	36	38	41	43	45	>45
Grupo 3	18	16	10,5	19	21	24	26	28	>28
	24	22	13,5	25	27	30	32	34	>34
	36	32	19	36	38	41	43	45	>45
Grupo 4	10	9,5	6,5	11	13	14	16	18	>18
	13	12,5	8	14	16	17	19	21	>21
	18	16,5	10,5	19	21	24	26	28	>28
	26	24	14,5	27	29	32	34	36	>36
Grupo 5	18	16	10,5	19	21	24	26	28	>28
	26	24	14,5	27	29	32	34	36	>36
Grupo 6	10	9	6,5	11	13	14	16	18	>18
	16	14	8,5	17	19	21	23	25	>25
	21	19	12	22	24	27	29	31	>31
	28	25	15,5	29	31	34	36	38	>38
	38	34	20	38	40	43	45	47	>47

La primera columna indica el tipus de làmpada. Les dos següents indiquen el consum si està treballant a 50 Hz a alta freqüència. Les columnes amb diferents classes de balast indiquen la potència total en W consumida pel conjunt làmpada-balast. Pels balast A1, A2 i A3 es pren com a potència de la làmpada les dades de la columna HF, per a la resta les de la columna de 50 Hz.

Aplicació del nou Codi Tècnic de l'Edificació (CTE) en instal·lacions d'enllumenat

Introducció

El Consell de Ministres mitjançant el Real Decret 314/2006, del 17 de març de 2006, aprovà el Codi Tècnic de l'Edificació. Aquest és el marc que estableix les normes i exigències bàsiques de qualitat, seguretat i habitabilitat dels edificis i de les seves instal·lacions.

Les exigències bàsiques són per:

- Seguretat estructural (SE).
- Seguretat en cas d'incendi (SI).
- Seguretat d'utilització (SU).
- Salubritat: "higiene, salut i protecció del medi ambient" (HS).
- Estalvi d'energia (HE).

Aquesta legislació afecta a la il·luminació d'edificis en varis aspectes que es recullen en les següents seccions del codi:

- SU 4 – Seguretat davant del risc derivat d'una il·luminació inadequada: es limita aquest risc en zones de circulació dels edificis (interiors i exteriors), inclòs en cas d'emergència o fallada de l'enllumenat normal.

- HE 3 – Eficàcia energètica en instal·lacions d'il·luminació: els edificis han de disposar d'instal·lacions d'il·luminació adequades a les necessitats dels usuaris d'una manera eficaç energèticament, disposant d'un sistema de control que permeti ajustar l'encesa a l'ocupació real de la zona; a més, un sistema de regulació que optimitzi l'aprofitament de llum natural.

Es consideren les exigències mínimes a complir el que figura a les següents normatives:

- UNE 12464 – 1 d'il·luminació dels llocs de treball en interiors.
- Guia tècnica per la avaluació i prevenció de riscos laborals.
- UNE 12193: il·luminació d'instal·lacions esportives.
- HE 5 – Aportació fotovoltaica mínima d'energia elèctrica: preveu que en aquells edificis on no es pot instal·lar un sistema de captació d'energia solar per procediments fotovoltaics, s'hagi de proveir a l'edifici d'un mitjà alternatiu d'estalvi energètic

equivalent a la potència fotovoltaica que s'hauria d'instal·lar. Entre altres maneres indicades al CTE, la gestió de l'enllumenat es considera com una forma d'aconseguir-ho.

Totes les següents explicacions i taules estan extretes i resumides del text oficial del B.O.E. Les taules i esquemes s'han copiat literalment perquè no hi pugui haver cap possible malentès.

Secció SU4: seguretat davant del risc causat per il·luminació inadequada

1. Enllumenat normal en zones de circulació

- 1) Mesurat a nivell del terra, el nivell d'il·luminació ha de ser com a mínim el següent:

Zona		Iluminación mínima lux.
Exterior	Exclusiva para personas Escaleras	10
	Para vehículos o mixtas Resto de zonas	5
Interior	Exclusiva para personas Escaleras	75
	Resto de zonas	50
	Para vehículos o mixtas	50

El factor de uniformidad media será del 40% como mínimo.

- 2) En les zones dels establiments d'ús Pública Concurrencia en les que l'activitat es desenvolupa sota d'un nivell baix d'il·luminació es disposarà d'algun sistema lluminós a les rampes i en cadascun dels esglaons de les escales.

2. Enllumenat d'emergència

Es basa en els requeriments especificats en el Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió, dins de la ICT-BT-28, incloent la següent consideració: els nivells d'il·luminació establerts han de considerar nul el factor de reflexió sobre les parets i sostres, tenint en compte el factor de manteniment per envelliment de la làmpada i brutícia a la lluminària.

• 2.1 Dotació

- 1) Els edificis disposaran d'enllumenat d'emergència que, en cas de fallada del normal, subministri il·luminació per facilitar la sortida de l'edifici als usuaris, evitant situacions de pànic i facilitant la visió de senyals i equips de protecció existents.

Comptaran amb enllumenat d'emergència les zones i els elements següents:

- a) Tot recinte amb una ocupació major a 100 persones.
- b) Tot recorregut d'evacuació, tal com es defineixen a l'Annex A de DB SI.

- c) Els aparcaments tancats o coberts la superfície dels quals excedeixi de 100 m², inclosos passadissos i escales que condueixin fins l'exterior o fins a zones generals de l'edifici.
- d) Els locals que tinguin equips generals de les instal·lacions de protecció contra incendis i els de risc especial indicats en DB-SI I.
- e) Els lavabos generals de planta en edificis d'ús públic.
- f) Els llocs on s'ubica quadres de distribució o d'accionament de la instal·lació d'enllumenat de les zones abans citades.
- g) Les senyals de seguretat.

- **2.2 Posició i característiques de les lluminàries**

- 1) Amb la finalitat de subministrar la il·luminació adequada les lluminàries compliran les següents condicions:
 - a) Se situaran almenys 2 metres per sobre del nivell del terra.
 - b) Se'n col·locarà una a cada porta de sortida i en posicions de les que sigui necessari destacar un perill potencial o l'emplaçament d'un equip de seguretat. Com a mínim se'n disposaran en els següents punts:
 - i. En les portes existents en els recorreguts d'evacuació.
 - ii. A les escales, de manera que cada tram rebi il·luminació directa.
 - iii. En qualsevol altre canvi de nivell.
 - iv. En els canvis de direcció i en les interseccions de passadissos.

- **2.3 Característiques de la instal·lació**

- 1) La instal·lació serà fixa, estarà proveïda de font pròpia d'energia i ha d'entrar automàticament en funcionament al produir-se una fallada d'alimentació en la instal·lació d'enllumenat normal en les zones cobertes per l'enllumenat d'emergència.
- 2) L'enllumenat d'emergència de les vies d'evacuació ha d'arribar al menys al 50% del nivell d'il·luminació requerit al cap de 5 segons i el 100% als 60 segons.
- 3) La instal·lació complirà les condicions de servei que s'indiquen a continuació durant una hora, com a mínim, a partir de l'instant en que tingui lloc la fallada:
 - a) En les vies d'evacuació l'ampada de les quals no excedeixi de 2 metres, la il·luminància horitzontal en el terra, com a mínim, haurà de ser d'1 lux al llarg de l'eix central i de 0,5 lx en la banda central que comprèn al menys la meitat de l'amplada de la via. Les vies d'evacuació amb

amplada superior a 2 metres poden ser tractades com vàries bandes de 2 metres d'amplada, com a màxim.

- b) En els punts on hi hagi equips de seguretat, les instal·lacions de protecció contra incendis d'utilització manual i les quadres de distribució d'enllumenat, la il·luminància horitzontal serà de 5 lux, com a mínim.
- c) Al llarg de la línia central d'una via d'evacuació, la relació entre la il·luminància màxima i la mínima no ha de ser major que 40:1.
- d) Els nivells d'il·luminació establerts han d'obtenir-se considerant nul el factor de reflexió sobre les parets i sostres i contemplant un factor de manteniment que englobi la reducció del rendiment lluminós degut a la brutícia de les lluminàries i a l'envelliment de les làmpades.
- e) Amb la finalitat d'identificar els colors de seguretat de les senyals, el valor mínim de l'Índex de Reproducció Cromàtic R_a de les làmpades serà de 40.

- **2.4 Il·luminació de les senyals de seguretat**

- 1) La il·luminació de les senyals d'evacuació indicatives de les sortides i de les senyals indicatives dels mitjans manuals de protecció contra incendis i dels primers auxilis, han de complir els següents requeriments:
 - a) La luminància de qualsevol àrea de color de seguretat de la senyal ha de ser al menys de 2 cd/m^2 en totes les direccions de visió importants.
 - b) La relació de la luminància màxima a la mínima dins del color blanc o de seguretat no ha de ser major de 10:1, havent d'evitar variacions importants entre punts adjacents.
 - c) La relació entre la luminància L_{blanca} , i la luminància $L_{\text{color}} > 10$, no serà menor que 5:1, ni major que 15:1.
 - d) Les senyals de seguretat han d'estar il·luminats al menys al 50% de la il·luminància requerida, al cap de 5 segons, i al 100% al cap de 60 segons.

Secció HE3: eficiència energètica de les instal·lacions d'il·luminació

1. Generalitats

- **1.1 Àmbit d'aplicació**

1) Aquesta secció és d'aplicació a les instal·lacions d'il·luminació interiors en:

- a) Edificis de nova construcció.
- b) Rehabilitació d'edificis existents amb una superfície útil superior a 1000 m², on es renovi més del 25% de la superfície il·luminada.
- c) Reformes de locals comercials i d'edificis d'ús administratiu en els que es renovi la instal·lació d'il·luminació.

2) S'exclouen de l'àmbit d'aplicació:

- a) Edificis o monuments amb valor històric reconegut, quan el compliment de les exigències d'aquesta secció pogués alterar de manera inacceptable el seu caràcter o aspecte.
- b) Construccions provisionals amb 2 anys o menys temps d'utilització prevista.
- c) Instal·lacions industrials, tallers i edificis agrícoles no residencials.
- d) Edificis independents amb una superfície útil total inferior a 50 m².
- e) Interiors de vivendes.

3) En els casos exclosos en el punt anterior, en el projecte es justificaran les solucions adoptades, en el seu cas, per a l'estalvi energètic en la instal·lació d'il·luminació.

4) S'exclouen també, els enllumenats d'emergència.

- **1.2 Procediment de verificació**

1) Per a l'aplicació d'aquesta secció ha de seguir-se la seqüència de verificacions que s'exposa a continuació:

- a) Càlcul del valor d'eficiència energètica de la instal·lació VEEI en cada zona, constatant que no se superi els valor límits de la taula 2.1 de l'apartat 2.1.

- b) Comprovació de l'existència d'un sistema de control i, en el seu cas, de regulació que optimitzi l'aprofitament de la llum natural, complint el que diu l'apartat 2.2.
- c) Verificació de l'existència d'un pla de manteniment, que compleixi amb el que diu l'apartat 5.

- **1.3 Documentació justificativa**

- 1) En la memòria del projecte per a cada zona figuraran juntament amb els càlculs justificatius al menys:
 - a) L'índex del local (K) utilitzat en el càlcul.
 - b) El nombre de punts considerats en el projecte.
 - c) El factor de manteniment (F_m) previst.
 - d) La il·luminància mitja horitzontal (E_m) obtinguda.
 - e) L'índex d'enlluernament unificat (UGR) obtingut.
 - f) Els límits de rendiment de color (R_a) de les làmpades seleccionades.
 - g) El valor d'eficiència energètica de la instal·lació (VEEI) resultant en el càlcul.
 - h) Les potències dels conjunts, làmpada més equip auxiliar.
- 2) Així mateix, s'ha de justificar a la memòria del projecte per a cada zona el sistema de control i regulació que correspongui.

2. Caracterització i quantificació de les exigències

- **2.1 Valor d'Eficiència Energètica de la Instal·lació**

- 1) VEEI en W/m^2 per cada 100 lux és el que indica si un zona és eficient energèticament o no i es calcula:

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

essent P: potència total instal·lada en làmpades més equips auxiliars en W.

S: superfície il·luminada en m^2 .

E_m : il·luminància mitja horitzontal mantinguda en lux.

- 2) Hi ha dos tipus de zones en il·luminació per tal d'establir els límits d'eficiència energètica:
 - a) Grup I: zones de no representació o espais en els que el criteri de disseny, la imatge o l'estat anímic que es desitja transmetre a l'usuari

amb la il·luminació, queda a segon pla enfront de criteris com el nivell d'il·luminació, confort visual, seguretat i l'eficiència energètica.

b) Grup II: zones de representació o espais en que l'eficiència energètica queda en segon terme. És més important criteris de disseny, imatge o estat anímic de l'usuari.

3) En la següent taula hi ha els valors d'eficiència energètica límit en recintes interiors d'un edifici. Aquests inclouen la il·luminació general i la d'accentuació però no aparadors i zones expositives.

Tabla 2.1 Valores límite de eficiencia energética de la instalación

grupo	Zonas de actividad diferenciada	VEEI límite
1 zonas de no representación	administrativo en general	3,5
	andenes de estaciones de transporte	3,5
	salas de diagnóstico ⁽⁴⁾	3,5
	pabellones de exposición o ferias	3,5
	aulas y laboratorios ⁽²⁾	4,0
	habitaciones de hospital ⁽³⁾	4,5
	zonas comunes ⁽¹⁾	4,5
	almacenes, archivos, salas técnicas y cocinas	5
	aparcamientos	5
	espacios deportivos ⁽⁵⁾	5
recintos interiores asimilables a grupo 1 no descritos en la lista anterior	4,5	
2 zonas de representación	administrativo en general	8
	estaciones de transporte ⁽⁶⁾	8
	supermercados, hipermercados y grandes almacenes	8
	bibliotecas, museos y galerías de arte	8
	zonas comunes en edificios residenciales	7,5
	centros comerciales (excluidas tiendas) ⁽⁸⁾	8
	hostelería y restauración ⁽⁸⁾	10
	religioso en general	10
	salones de actos, auditorios y salas de usos múltiples y convenciones, salas de ocio o espectáculo, salas de reuniones y salas de conferencias ⁽⁷⁾	10
	tiendas y pequeño comercio	10
	zonas comunes ⁽¹⁾	10
habitaciones de hoteles, hostales, etc.	12	
recintos interiores asimilables a grupo 2 no descritos en la lista anterior	10	

(1) Espais utilitzats per qualsevol persona o usuari, com la recepció, vestíbuls, passadissos, escales, espais de trànsit de persones, lavabos públics...

(2) Inclou la instal·lació d'il·luminació de l'aula i les pissarres de les aules d'ensenyança, aules de pràctica d'ordinador, música, laboratoris de llenguatge, aules de dibuix tècnic, aules de pràctiques i laboratoris, manualitats, tallers d'ensenyança i aules d'art. Aules de preparació i tallers, aules comuns d'estudi i aules de reunió, aules de classes nocturnes i educació d'adults, sales de lectura, guarderies, sales de jocs de guarderies i sala de manualitats.

(3) Inclou la instal·lació d'il·luminació interior de l'habitació i bany, formada per il·luminació general, il·luminació de lectura i il·luminació per exàmens simples.

(4) Inclou la instal·lació d'il·luminació general de sales com sales d'examen en general, sales d'emergència, sales d'escàner radiològic, sales d'examen ocular i auditiu i sales de tractament. No obstant, queden exclosos locals com les sales d'operació, quiròfans, unitats de cures intensives, dentista, sales de descontaminació, sales d'autòpsies i mortuoris i altres sales que per la seva activitat es puguin considerar sales especials.

(5) Inclou les instal·lacions d'il·luminació del terreny de joc i graderies d'espais esportius, tant per activitats d'entrenament i competició, però no s'inclouen les instal·lacions d'il·luminació necessàries per les retransmissions televisades. Les graderies són assimilables a les zones comuns del grup I.

(6) Espais destinats al trànsit de viatgers com recepcions de terminals, sales d'arribada i sortida de passatgers, sales de recollida d'equipatges, àrees de connexió, d'ascensors, àrees de mostradors de taquilles, facturació i informació, àrees d'espera, sales de consigna...

(7) Inclou la instal·lació d'il·luminació general i d'accent. En el cas de cinemes, teatres, sales de concerts, etc. s'exclouen la il·luminació amb finalitats d'espectacle, incloent la representació i l'escenari.

(8) Inclou els espais destinats a les activitats pròpies del servei al públic com la recepció, restaurant, bar, menjador, auto-servei o buffet, escales, passadissos, vestuaris, serveis, lavabos...

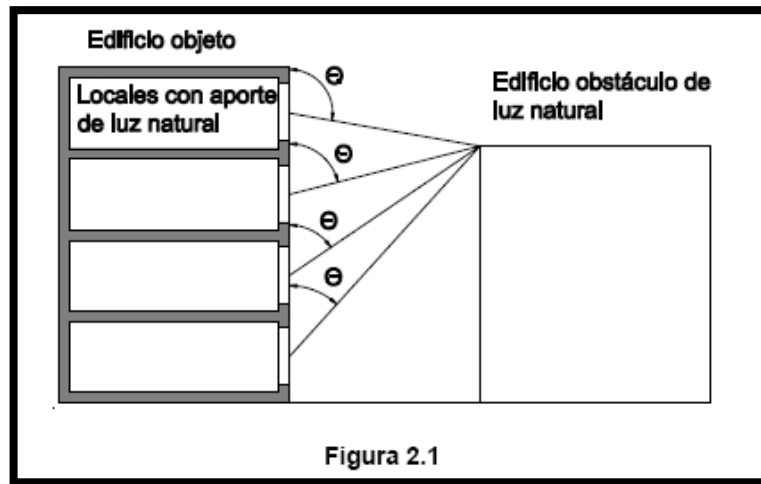
(9) Inclou la instal·lació d'il·luminació general i d'accentuació de la recepció, passadissos, escales, vestuaris i lavabos dels centres comercials.

- **2.2 Sistemes de control i regulació**

1) Les instal·lacions d'il·luminació disposaran, per a cada zona, d'un sistema de regulació i control amb les següents condicions:

- a) Tota zona disposarà almenys d'un sistema d'encesa i apagada manual, quan no es disposi d'un altre sistema de control, no acceptant els sistemes d'encesa i apagada en quadres elèctrics com únic sistema de control. Les zones d'ús esporàdic disposaran d'un control d'encesa i apagada per sistema de detecció de presència o sistema de temporització.
- b) S'instal·laran sistemes d'aprofitament de llum natural, que regulin el nivell d'il·luminació en funció de l'aportació de llum natural, en la primera línia paral·lela de lluminàries situades a una distància inferior a 3 metres de la finestres, i en totes les situades sota un lucernari, en els següents casos:

- i. Zones dels grups 1 i 2 que comptin amb tancaments envidriats a l'exterior, quan aquestes compleixin simultàniament les següents condicions:



- que l'angle θ sigui superior a 65° , essent θ l'angle des del punt mitjà de l'envidriament fins a la cota màxima de l'edifici obstacle, mesurat en graus sexagesimals.

- que es compleixi l'expressió: $T(A_w/A) > 0,07$ essent:

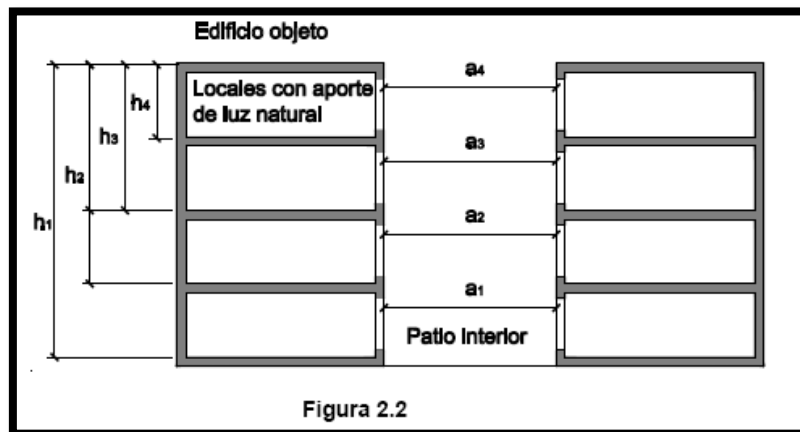
T: coeficient de transmissió lluminosa del vidre de la finestra en tant per 1.

A_w : àrea de l'envidriament de la finestra de la zona en m^2 .

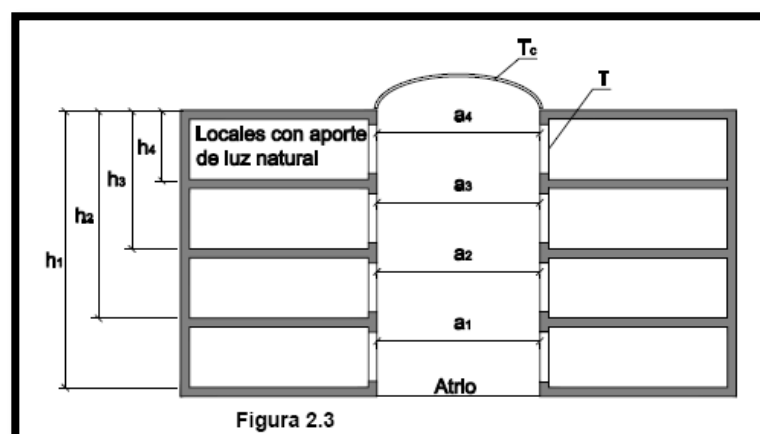
A: àrea total de les superfícies interiors del local (terra + sostres + parets + finestres) en m^2 .

- ii. En totes les zones dels grups 1 i 2 que comptin amb tancaments envidriats a patis o atris, quan aquests compleixin simultàniament les següents condicions:

- En el cas de patis no coberts quan aquests tinguin una amplada (a_i) superior a 2 vegades la distància (h_i), essent h_i la distància entre el terra de la planta on es troba la zona en estudi, i la coberta de l'edifici.



- En el cas de patis coberts per envidriaments quan la seva amplada (a_i) sigui superior a $2/T_c$ vegades la distància (h_i), essent h_i la distància entre la planta on es troba el local en estudi i la coberta de l'edifici, i essent T_c el coeficient de transmissió lluminosa del vidre de tancament del pati, expressat en tant per 1.



- que es compleixi l'expressió: $T(A_w/A) > 0,07$ essent:

T : coeficient de transmissió lluminosa del vidre de la finestra en tant per 1.

A_w : àrea de l'envidriament de la finestra de la zona en m^2 .

A: àrea total de les superfícies interiors del local (terra + sostres + parets + finestres) en m².

Queden excloses de complir les exigències dels punts i. i ii. anteriors, les següents zones de la taula 2.1:

- Zones comuns en edificis residencials.
- Habitacions d'hospital.
- Habitacions d'hotels, hostals...
- Botigues i petit comerç.

3. Càlcul

- **3.1 Dades prèvies**

1) Per a determinar el càlcul i les solucions luminotècniques de les instal·lacions d'il·luminació interior, es tindrà en compte paràmetres com:

- a) L'ús de la zona a il·luminar.
- b) El tipus de tasca visual a realitzar.
- c) Les necessitats de llum i de l'usuari del local.
- d) L'índex K del local o dimensions de l'espai (longitud, amplada i alçada útil).
- e) Les reflectàncies de parets, sostre i terra de la sala.
- f) Les característiques i el tipus de sostre.
- g) Les condicions de llum natural.
- h) El tipus d'acabat i decoració.
- i) El mobiliari previst.

2) Es podrà utilitzar qualsevol mètode de càlcul que compleixi les exigències d'aquesta Secció, els paràmetres d'il·luminació i les recomanacions pel càlcul contingudes en les zones de referència (veure UNE-EN 12464 i altres).

- **3.2 Mètode de càlcul**

1) El mètode de càlcul quedarà establert a la memòria del projecte, serà adequat pel compliment de les exigències d'aquesta secció i utilitzarà com a dades i paràmetres de partida, al menys, els consignats a l'apartat 3.1, així com els derivats dels materials adoptats en les solucions proposades, tals com làmpades, equips auxiliars i lluminàries.

2) S'obtidran com a mínim els següents resultats per a cada zona:

- a) Valor d'eficiència energètica de la instal·lació VEEI.
 - b) Il·luminància mitja horitzontal mantinguda E_m en el pla de treball.
 - c) Índex d'enlluernament unificat UGR per l'observador.
 - d) A més, s'inclouen l'índex de rendiment de color (Ra) i les potències dels conjunts làmpada més equip auxiliar utilitzats en el càlcul.
- 3) El mètode de càlcul es formalitzarà bé manualment o a través d'un programa informàtic, que executarà els càlculs obtenint com a mínim les resultats mencionats en el punt 2 anterior. Aquests programes informàtics podran establir-se com a Documents Reconeguts.

4. Productes de construcció

- **4.1 Equips**

- 1) Les làmpades, equips auxiliars, lluminàries i resta de dispositius compliran l'especificat en la normativa per cada tipus de material. Particularment, les làmpades fluorescents compliran amb els valors admesos pel Real Decret 838/2002, de 2 d'agost, pel que s'estableixen els requeriments d'eficiència energètica dels balasts de làmpades fluorescents.
- 2) Excepte justificació, les làmpades utilitzades en la instal·lació d'il·luminació de cada zona tindran limitades les pèrdues dels seus equips auxiliars, pel que la potència del conjunt làmpada més equip auxiliar no superarà els valors indicats a les taules 3.1 i 3.2.

Potencia nominal de lámpara (W)	Potencia total del conjunto (W)		
	Vapor de mercurio	Vapor de sodio alta presión	Vapor halogenuros metálicos
50	60	62	--
70	--	84	84
80	92	--	--
100	--	116	116
125	139	--	--
150	--	171	171
250	270	277	270 (2,15A) 277(3A)
400	425	435	425 (3,5A) 435 (4,6A)

NOTA: Estos valores no se aplicarán a los balastos de ejecución especial tales como secciones reducidas o reactancias de doble nivel.

Potencia nominal de lámpara (W)	Potencia total del conjunto (W)
35	43
50	60
2x35	85
3x25	125
2x50	120

- **4.2 Control de recepció en obra de productes**

- 1) Es comprovarà que els conjunts de les làmpades i els seus equips auxiliars disposin d'un certificat del fabricant que acrediti la seva potència total,

5. Manteniment i conservació

- 1) Per garantir en el transcurs del temps el manteniment dels paràmetres luminotècnics adequats i la eficiència energètica de la instal·lació VEEI, s'elaborarà en el projecte un pla de manteniment de les instal·lacions d'il·luminació que contemplarà, entre altres accions, les operacions de substitució de làmpades amb la freqüència de reemplaçament, la neteja de lluminàries amb la metodologia prevista i la neteja de la zona il·luminada, incloent en ambdós la periodicitat necessària. Aquest pla també haurà de tenir en compte els sistemes de regulació i control utilitzats en les diferents zones.

6. Paràmetres d'il·luminació

- 1) Per tal de complir les exigències d'aquesta secció, es consideren acceptables els valors dels diferents paràmetres d'il·luminació que defineixen la qualitat de les instal·lacions d'il·luminació interior, presents en la següent normativa:

- a) UNE 12464-1:2003. Iluminación- Iluminación de los lugares de trabajo. Parte I: Lugares de trabajo en interiores.
- b) Guia Tècnica per a l'avaluació i prevenció dels riscos relatius a la utilització de llocs de treball, que adopta lanorma UNE 12464 i ha estat elaborada en virtut del present a l'article 5 del real Decreto 39/1997, del 17 de gener i en la disposició final primera del Real Decreto 486/1997, del 14 d'abril, que desenvolupen la Ley 31/1995, del 8 de novembre, de Prevenció de Riscos Laborals.
- c) Norma UNE 12193: Iluminación de instalaciones deportivas.

7. Recomanacions

- 1) UNE 72 112 Tareas visuales. Clasificación.
- 2) UNE 72 163 Niveles de iluminación. Asignación de Tareas.

Secció HE5: contribució fotovoltaica mínima d'energia elèctrica

El nou CTE estableix que per alguns tipus d'edificacions és obligatori instal·lar un sistema de captació i transformació d'energia solar per procediments fotovoltaics. En el cas que l'edifici no tingui espai o hi hagi alguna altra raó perquè no pugui aprofitar l'energia solar, cal justificar en el projecte altres mesures que suposin un estalvi energètic equivalent a la potència que aportaria la instal·lació fotovoltaica.

El que interessa saber és com pot afectar aquesta normativa a la il·luminació.

1. Generalitats

- **1.1 Àmbit d'aplicació**

- 1) Quan es superin els límits d'aplicació exposats a la següent taula, els edificis hauran de tenir sistemes de captació i transformació d'energia solar per procediments fotovoltaics.

Tipo de uso	Límite de aplicación
Hipermercado	5.000 m ² construidos
Multitienda y centros de ocio	3.000 m ² construidos
Nave de almacenamiento	10.000 m ² construidos
Administrativos	4.000 m ² construidos
Hoteles y hostales	100 plazas
Hospitales y clínicas	100 camas
Pabellones de recintos feriales	10.000 m ² construidos

- 2) La potència mínima determinada en aquesta Secció, es podrà disminuir o augmentar justificadament, en els següents casos:
 - a) Quan es cobreixi la producció elèctrica estimada que correspondria a la potència mínima mitjançant l'aprofitament d'altres fonts d'energia renovables.
 - b) Quan l'emplaçament no compte amb suficient accés al sol per barreres externes al mateix i no es puguin aplicar solucions alternatives.
 - c) En rehabilitació d'edificis, quan existeixin limitacions no suplantables derivades de la configuració prèvia de l'edifici existent o de la normativa urbanística aplicable.

- d) En edificis de nova planta, quan existeixin limitacions no suplantables derivades de la normativa urbanística aplicable que impossibilitin de forma evident la disposició de la superfície de captació necessària.
 - e) Quan així ho determini l'òrgan competent que hagi de dictaminar en matèria de protecció historicoartística.
- 3) En edificis en els quals siguin d'aplicació els casos b), c), d) es justificarà, en el projecte, els elements alternatius que produeixin un estalvi energètic equivalent a la producció que s'obtingria amb la instal·lació solar mitjançant millores en instal·lacions consumidores d'energia elèctrica com ara la il·luminació, regulació de motors o equips més eficients.

- **1.2 Procediment de verificació**

- 1) S'ha de seguir la seqüència que s'exposa a continuació:
 - a) Càlcul de la potència a instal·lar en funció de la zona climàtica complint el que s'estableix a l'apartat 2.2.
 - b) Comprovació que les pèrdues degudes a l'orientació i inclinació de les plaques i les ombres sobre elles no superen els límits establerts a la taula 2.2.
 - c) Compliment de les condicions de càlcul i dimensionat de l'apartat 3.
 - d) Compliment de les condicions de manteniment de l'apartat 4.

2. Caracterització i quantificació de les exigències

- **2.1 Potència elèctrica mínima**

- 1) Les potències elèctriques mínimes poden ser ampliades voluntàriament pel promotor o com a conseqüència de disposicions dictades per les administracions competents.

- **2.2 Determinació de la potència a instal·lar**

- 1) La potència pic a instal·lar es calcularà mitjançant la següent fórmula:

$$P = C \cdot (A \cdot S + B)$$

Essent P: potència pic a instal·lar (kW_p).

A i B: coeficients definits a la taula 2.1 en funció de l'ús de l'edifici.

C: coeficient definit a la taula 2.2 en funció de la zona climàtica establerta en l'apartat 3.1.

S: superfície construïda de l'edifici (m²).

Tipo de uso	A	B
Hipermercado	0,001875	-3,13
Multitienda y centros de ocio	0,004688	-7,81
Nave de almacenamiento	0,001406	-7,81
Administrativo	0,001223	1,36
Hoteles y hostales	0,003516	-7,81
Hospitales y clínicas privadas	0,000740	3,29
Pabellones de recintos feriales	0,001406	-7,81

Zona climática	C
I	1
II	1,1
III	1,2
IV	1,3
V	1,4

- 2) En qualsevol cas, la potència pic mínima a instal·lar serà de 6,25 kW_p. L'inversor tindrà una potència mínima de 5 kW.
- 3) La superfície S a considerar pel cas d'edificis executats dins d'un mateix recinte serà:
- 4) La disposició dels mòduls es farà de tal manera que les pèrdues degudes a l'orientació i inclinació del sistema i les ombres sobre el mateix siguin inferiors als límits de la taula 2.2.

Caso	Orientación e inclinación	Sombras	Total
General	10 %	10 %	15 %
Superposición	20 %	15 %	30 %
Integración arquitectónica	40 %	20 %	50 %

- 5) En la taula 2.2 es consideren tres casos: general, superposició i integració arquitectònica. Es considera que existeix integració arquitectònica quan els mòduls compleixen una doble funció energètica i arquitectònica i a més substitueixen elements constructius convencionals o són elements constituents de la composició arquitectònica. Es considera que existeix superposició

arquitectònica quan la col·locació dels captadors es realitza paral·lela al voltant de l'edifici, no acceptant-se en aquets concepte la disposició horitzontal amb la finalitat d'afavorir l'autoneteja dels mòduls. Una norma fonamental a seguir per aconseguir la integració o superposició de les instal·lacions solars és la de mantenir, dins del possible, la alineació amb els eixos principals de la edificació.

- 6) En tots els casos, s'han de complir les tres condicions: pèrdues per orientació i inclinació, pèrdues per ombres i pèrdues totals inferiors als límits establerts respecte als valors obtinguts amb orientació i inclinació òptims i sense cap ombra. Es considerarà com a orientació òptima el dus i la inclinació òptima la latitud del lloc menys 10°.
- 7) Sense excepcions, s'han d'avaluar les pèrdues per orientació i inclinació i ombres del sistema generador d'acord amb el que s'estipula en els apartats 3.3 i 3.4. Quan, per raons arquitectòniques excepcionals no es pugui instal·lar tot la potència exigida complint els requeriments indicats a la taula 2.2, es justificarà aquesta impossibilitat analitzant les diferents alternatives de configuració de l'edifici i d'ubicació de la instal·lació, havent d'optar per aquella solució que més s'aproximi a les condicions de màxima producció.

Tabla 3.1 Radiación solar Global

Zona climática	MJ/m ²	kWh/m ²
I	H < 13,7	H < 3,8
II	13,7 ≤ H < 15,1	3,8 ≤ H < 4,2
III	15,1 ≤ H < 16,6	4,2 ≤ H < 4,6
IV	16,6 ≤ H < 18,0	4,6 ≤ H < 5,0
V	H ≥ 18,0	H ≥ 5,0

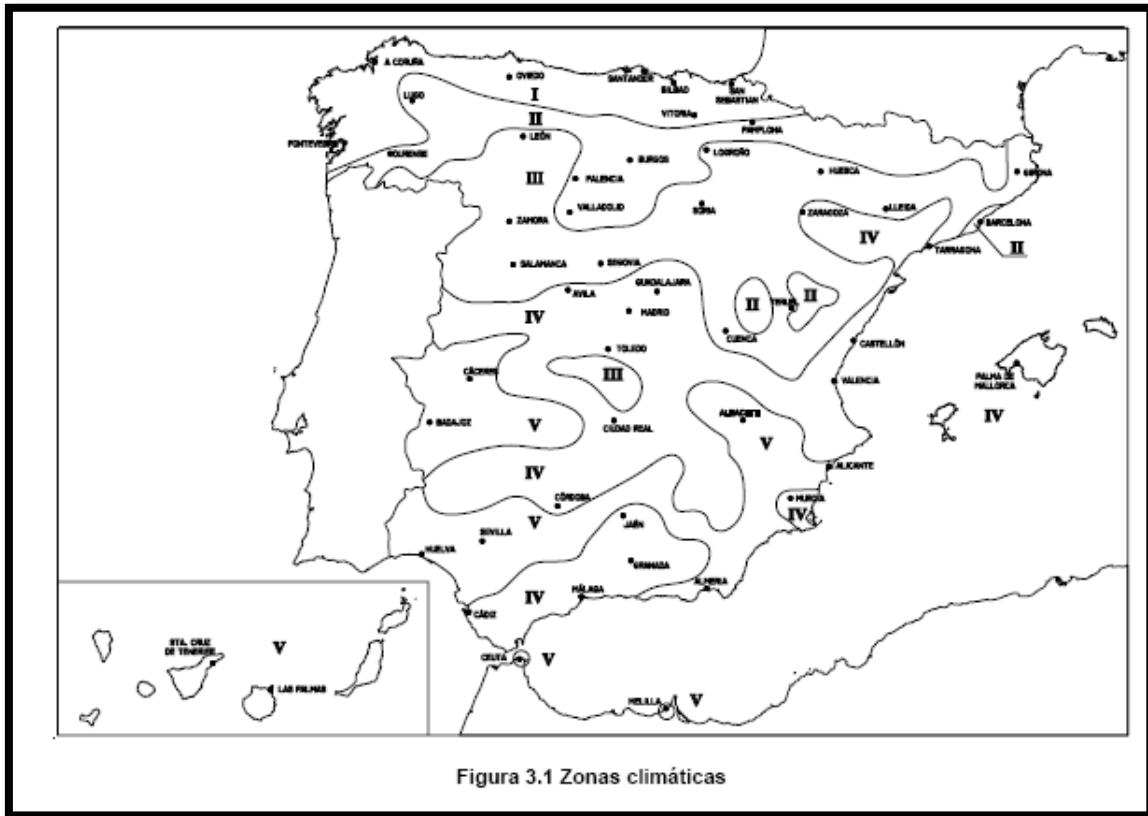


Figura 3.1 Zonas climáticas

Annex B.3 Documents IDAE

Guía Técnica – Aprovechamiento de la luz natural en la iluminación de edificios

A continuació hi ha fragments del document “Guía Técnica – Aprovechamiento de la luz natural en la iluminación de edificios” que pel seu contingut específic i la necessitat o interès de reproduir tot el capítol sencer figuren enters. Tota aquesta informació és de IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía).

Guía Técnica – Aprovechamiento de la luz natural en la iluminación de edificios:

Capítol 4 – Criterios de diseño con luz natural



Criterios de diseño con luz natural

Como ya se ha explicado, la luz natural procedente de la bóveda celeste consta de tres componentes:

- El haz directo procedente del sol.
- La luz natural difundida en la atmósfera (incluidas nubes), que es la componente difusa del cielo.
- La luz procedente de reflexiones en el suelo y objetos en el entorno exterior.

El color de la luz natural o diurna resulta de la mezcla aditiva de la luz coloreada procedente de cuatro fuentes: el cielo azul; la luz solar, de color más amarillo; el suelo o terreno, que si está cubierto de vegetación es verde; y finalmente las otras superficies reflectantes, de variados colores.

Además, los trayectos recorridos por el sol producen una serie de efectos variables en el interior de los edificios, como consecuencia de la penetración de la luz a través de sus aberturas.

4.1 Parámetros de diseño

Como base de partida para la consideración de un correcto diseño de iluminación de un edificio, deben re-

solverse una serie de premisas, de entre las que pueden destacarse las siguientes:

- El haz directo procedente del sol.
- La iluminación debe facilitar la orientación y definición de la situación de una persona en el espacio y en el tiempo.
- La iluminación debe integrarse en el diseño arquitectónico y de interior; es decir, planificarse desde el principio y no agregarse en una fase posterior.
- Las diversas opciones de forma, color y materiales de la iluminación deben reforzar los objetivos del diseño arquitectónico y de interior en vez de actuar independientemente.
- La iluminación debe crear una sensación y atmósfera adaptadas a las necesidades y expectativas de las personas (formal, íntima, oficial, sobria, económica, brillante, atenuada, hogareña, valiosa, amplia, acogedora, hostil, etc.).
- La iluminación debe facilitar y promover la comunicación entre las personas.
- La iluminación debe definir principios y transmitir mensajes que vayan más allá de la simple claridad; debe expresar algo.

- La iluminación debe ser original en sus formas básicas de expresión; no debe ser un producto de masas que simplemente reproduzca lo ya existente.
- La iluminación debe facilitar la percepción y reconocimiento del entorno de las personas.

Sobre la base de estas premisas, a fin de controlar la calidad de la luz ambiental, el diseñador debe manejar un conjunto de parámetros relevantes, que incluyen:

- La elección del lugar, orientación, forma y dimensiones del edificio, para aprovechar las ventajas de la aportación de luz natural e impedir sus inconvenientes inherentes a la presencia del sol y de su trayectoria.
- La selección de la abertura de penetración de la luz natural y su orientación, factor esencial para el control de la calidad de iluminación; por ejemplo, un diseñador sabe que la luz norte, rica en azules procedente de la parte de cielo sin sol, está relacionada con la sensación de "frío", por el hecho de que la temperatura de color es mayor que la del haz solar directo.
- Las superficies exteriores de los edificios actúan entre ellas. Los parámetros superficiales, que son una variable de diseño para un edificio, resultan restrictivos para los edificios contiguos; esto es debido al hecho de que el color de la luz reflejada desde las superficies de un edificio está influenciado por el color de las otras superficies reflectantes.
- Las superficies del suelo que rodean al edificio, cuya contribución es importante en días de cielos descubiertos, sin nubes, porque la luz incidente sobre las fachadas es reflejada desde el suelo.

4.2 Tipología de espacios

Hay dos niveles tipológicos que condicionan el diseño de la edificación desde el punto de vista de la iluminación de interiores:

- la interacción entre el edificio y el espacio abierto iluminado con un cielo luminoso y
- la relación entre el edificio y la sala interior iluminada que recibe su luz del exterior.

4.2.1 Situación: forma del edificio e implantación

El diseño de luz natural debe comenzar en la etapa de distribución del lugar de ubicación, antes de considerar en detalle las ventanas. La razón para ello es que los grandes obstáculos que rodean al edificio pueden tener un impacto tanto en la cantidad de luz que alcanza las ventanas como en la distribución de la luz dentro de una sala.

La implantación del lugar de edificación es también el factor más importante que afecta a la disponibilidad de luz solar dentro de un edificio. Para el diseño solar pasivo, que constituye la mayoría de las ganancias solares en invierno, es especialmente importante considerar el grado de obstrucciones u obstáculos.

4.2.1.1 Características de la situación

Una pendiente orientada al sur experimentará mayores temperaturas que una pendiente orientada al norte, y es probable que quede protegida de los fríos vientos del norte así como que reciba una radiación solar incrementada. La pendiente en cualquier dirección reducirá la cantidad de luz natural que alcanza las ventanas que miran hacia la pendiente.

La figura 4.1 muestra cómo esta situación aumenta el espacio necesario del edificio para dar las mismas iluminancias de luz natural en la pared de la ventana.

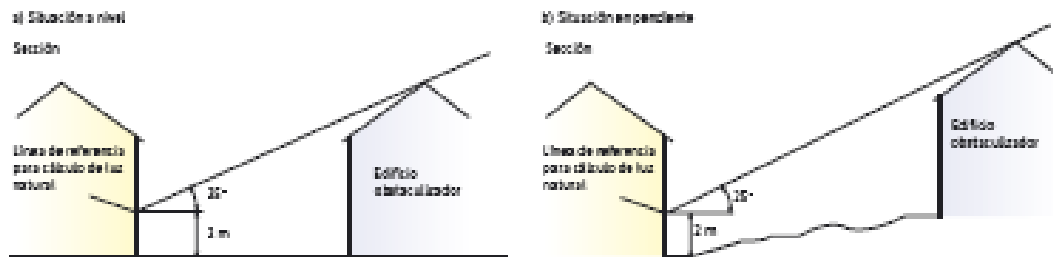


Fig. 4.1 La formación de sombras resulta un problema menor cuando la superficie donde se ubica el edificio está nivelada que cuando está en pendiente

4.2.1.2 Contaminación atmosférica y ruido

En ubicaciones muy sucias o contaminadas, pueden ser necesarias ventanas cerradas herméticamente y ventilación mecánica o aire acondicionado. Los depósitos sucios en las ventanas pueden requerir acristalamiento adicional o un programa riguroso de mantenimiento. Las claraboyas horizontales se ensucian rápidamente y precisan ser limpiadas frecuentemente. Por esta razón deben evitarse en lugares sucios o contaminados. El acristalamiento inclinado se ensucia más rápido que las ventanas verticales.

También en zonas muy ruidosas, es necesario el diseño cuidadoso de las ventanas. El aislamiento acústico puede ser mejorado utilizando un cristal más grueso o laminado o materiales absorbentes del sonido.

El principal conflicto se plantea entre la protección acústica y la ventilación. Una ventana abierta proporciona un aislamiento de sonido muy pequeño, mientras que los agujeros de ventilación tienden a reducir el rendimiento de una unidad doblemente acristalada. De ahí que cada situación requiera una solución específica.

4.2.2 Profundidad del edificio y tamaño total

La iluminación lateral en un edificio establece un límite a la profundidad del mismo para que pueda ser iluminado satisfactoriamente durante el día. En un edificio típico con una altura de la parte superior de la ventana de 2,5 m y una anchura de sala de 3,75 m, la luz natural puede penetrar aproximadamente 6 m hacia dentro desde la vertical de la ventana. Esto establece una limitación al diseño, produciendo plantas que son de 1,2 m de profundidad. Esta limitación puede contrarrestarse mediante el uso de ventanas altas relacionado con espacios altos, que permiten que la luz natural alcance mayor profundidad.

Si una sala con iluminación natural es iluminada por ventanas en una sola pared, la profundidad de la sala, L , no debe exceder del valor límite dado por

$$\frac{L}{W} + \frac{L}{H_u} < \frac{2}{(1 - R_0)}$$

donde W es la anchura de la sala, H_u la altura de la parte superior de la ventana desde el nivel del suelo y R_0 la reflectancia promedio de las superficies en la mitad posterior de la sala (lejos de la ventana). Si L excede este valor, la mitad posterior de la sala tenderá a parecer sombría y se necesitará el alumbrado eléctrico suplementario.

Reflectancia Rb	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6
Ancho de sala (m)	3	10	3	10	3	10
Altura de la parte superior de la ventana (m)						
2,5	4,5	6,7	5,4	8	6,8	10
3	5	7,7	6	9,2	7,5	11,5
3,5	5,4	8,6	6,5	10,4	8,1	13

Tabla 4.1 – Profundidades límite de salas iluminadas lateralmente (en metros)

Si un edificio se ilumina mediante ventanas situadas en lados opuestos del edificio, la profundidad máxima que puede ser iluminada con luz natural de modo satisfactorio, es dos veces la profundidad límite de la sala, L, desde la pared de una ventana a la pared de la otra ventana.

La iluminación cenital se desarrolló con la finalidad de permitir construir edificios de mayor profundidad, para introducir más luz hacia el interior por medio de claraboyas, lucernarios, cúpulas u otros tipos de elementos de iluminación cenital. También se usa para edificios especiales, tales como pabellones deportivos: puede sustituir con ventajas a las ventanas laterales que pueden provocar deslumbramiento cuando se intenta seguir la trayectoria de bolas o pelotas. La iluminación cenital puede también causar deslumbramiento si no está bien diseñada, pero a menudo es un problema de diseño más fácil de resolver que el de reducir el deslumbramiento procedente de ventanas laterales.

4.2.3 Línea sin cielo

Se define como línea sin cielo a aquella a partir de la cual no se recibe luz del cielo directa. Si un área significativa del plano de trabajo se encuentra más allá de ésta, la distribución de la luz natural en la sala parecerá pobre y se requerirá alumbrado artificial suplementario.

En el trazado de la línea sin cielo, los puntos clave están en la parte superior de las esquinas de la ventana. Estos son, normalmente, los últimos puntos en los que puede verse el cielo. De ahí que la posición de la línea sin cielo pueda ser alterada aumentando la altura de la parte superior de la ventana o ajustando la parte posterior de la fachada del edificio.

Si la sala y los obstáculos externos ya existen, la posición de la línea sin cielo puede ser medida directamente (véase Fig. 4.2); pero en la mayoría de los casos su posición tiene que ser encontrada a partir de dibujos (las Figs. 4.3-4.5 ilustran algunos casos comunes).

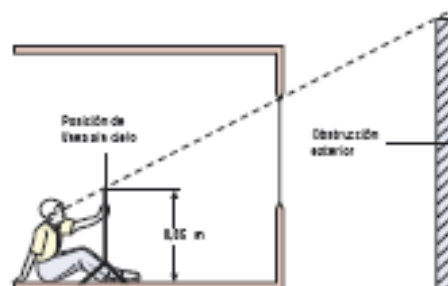


Fig.4.2 Modo de medir la línea sin cielo teniendo en cuenta situación de ventana y obstáculo exterior

- Obstrucción horizontal larga paralela a la ventana (véase Fig. 4.3). La línea sin cielo es también paralela a la ventana.

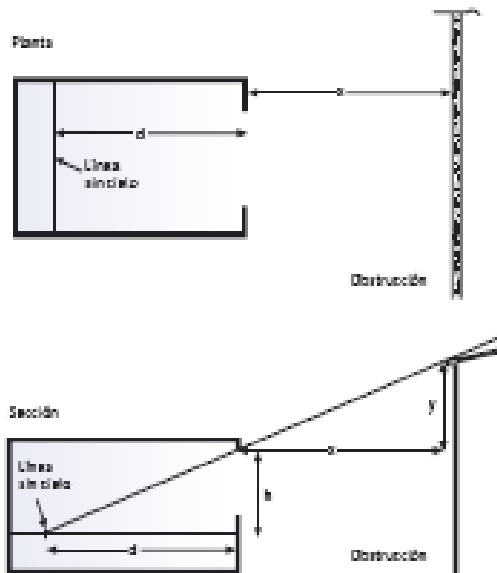


Fig. 4.3 Cuando la obstrucción es paralela a la ventana, la línea sin cielo también lo es

b) Obstrucción horizontal más estrecha paralela a la ventana (véase Fig. 4.4). CD es parte de la misma línea sin cielo que en la Fig. 4.3; pero ahora los puntos al norte de DE pueden recibir luz procedente de los alrededores de la esquina A del obstáculo, y los puntos al sur de CF pueden recibir luz también de los alrededores de la esquina B. Así el área sin cielo es de forma trapezoidal. Si el obstáculo AB hubiera sido incluso más estrecho, el área sin cielo sería de forma triangular, y con la misma forma si la obstrucción fuese mayor.

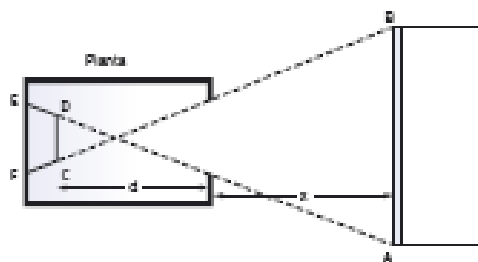


Fig. 4.4 Cuando la obstrucción es más estrecha el área sin cielo es trapezoidal o incluso triangular

c) Obstrucción horizontal perpendicular a la pared de la ventana y que sobresale desde ella (véase Fig. 4.5). La parte de la línea sin cielo (DB) discurre paralela a la obstrucción. Sin embargo, los puntos del triángulo EBC pueden recibir luz del cielo alrededor de la esquina F; los puntos del triángulo ABD pueden 'ver' el cielo sobre la parte superior del obstáculo. La figura asume que la pared de la ventana es despreciablemente delgada. Si la pared de la ventana es gruesa, el área sin cielo será mayor.

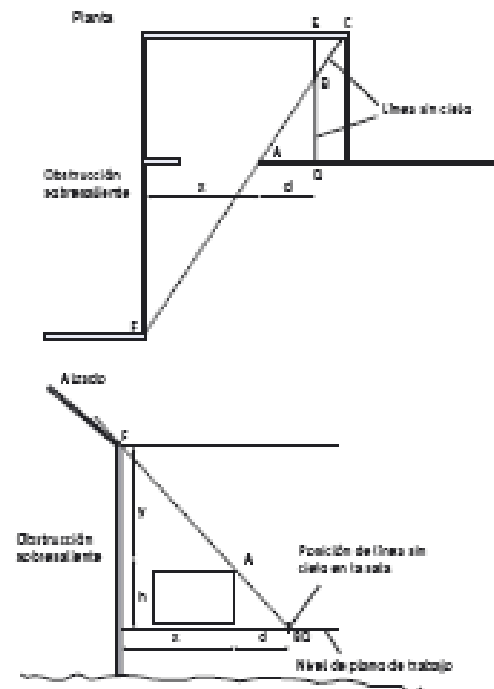


Fig. 4.5 Para un obstáculo sobresaliente de la pared la línea sin cielo se desplaza paralela al obstáculo

Donde hay más de una ventana, la línea final sin cielo rodeará estas áreas que no pueden recibir luz del cielo directa desde ninguna de las ventanas. Esto puede ser evaluado considerando cada ventana como propia, combinándolas entonces. Para una sala con ventanas en más de un lado sucede a menudo que todos los puntos del plano de trabajo reciben luz del cielo directa a través de una ventana u otra.

La línea sin cielo y el límite de las profundidades de la sala en cada lado introducirán un límite a la profundidad del edificio que puede ser iluminada con luz natural satisfactoriamente. Si el edificio necesita ser más profundo que esto, las opciones son:

- Claraboyas.
- Un atrio o patio.
- Un núcleo con perímetro de iluminación natural.

4.2.4 Orientación del edificio

La orientación de una fachada de un edificio, y por tanto de las ventanas situadas en él, influyen en gran medida en la iluminación interior. Hay dos aspectos importantes:

- El ajuste del edificio en su ubicación y su relación con el recorrido del sol;
- Permitir que la gente conozca donde se encuentra en el interior de un edificio. Este sentido de orientación proviene del contacto con el mundo exterior, y puede ser obtenido a partir de la percepción de la luz natural, incluso aunque no haya visión hacia el exterior.

La orientación de la ventana con relación al sol afectará significativamente a la ganancia solar y al grado consiguiente de penetración de luz solar.

- Por ejemplo, una ventana que mira al norte admite poca radiación solar comparada con una que mira al sur, este u oeste. Cuando una fachada mira al sur, el sol estará alto en el cielo durante la parte más calurosa del día en verano, y consiguientemente la penetración solar podrá evitarse de modo efectivo utilizando apantallamiento. Por esta razón a menudo se elige como orientación de un edificio la que si-

túa su eje más largo alineado en sentido este-oeste, con apantallamiento solar previsto en la cara sur.

- Si el sobrecalentamiento constituye un problema potencial serio en términos de insolación, el sudoeste es la peor orientación, debido a que la luz solar no solamente es intensa en primavera y otoño, sino que también tiene un bajo ángulo de incidencia, lo que la hace difícil de apantallar.



Los efectos de obstrucciones y la orientación en la disponibilidad de luz solar pueden ser encontrados utilizando una carta solar estereográfica. La Fig. 4.6 muestra un ejemplo de una carta solar estereográfica para una latitud de 51° . Este diagrama es una proyección del cielo completo; el horizonte está representado por el círculo exterior y el cenit (el punto del cielo

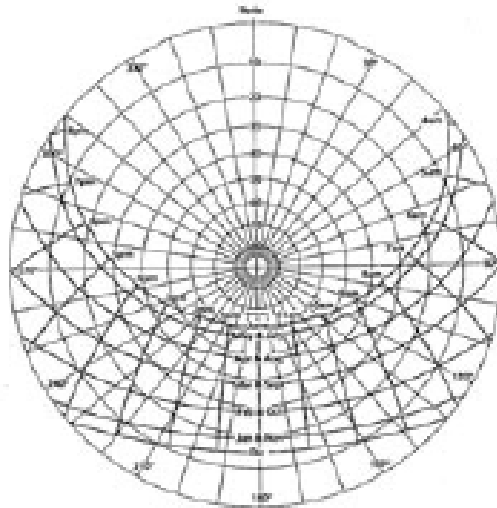


Fig. 4-4 Carta solar estereográfica para latitud de 51° N

directamente en la vertical) por el punto en el centro. Los círculos concéntricos representan líneas de alzado constante por encima del horizonte. La escala perimetral proporciona el acimut, el soporte en grados desde el norte.

En el diagrama, los bordes horizontales están trazados como arcos de círculo y los bordes verticales como líneas radiales. La Fig. 4.7 muestra un ejemplo de implantación de edificio: un edificio en forma de L de 20 m de altura. Se requieren los instantes en los que el edificio produce sombra en el punto marcado como "Posición del observador". En la carta solar estereográfica el contorno del edificio es trazado midiendo en primer lugar:

- la distancia x , desde el observador a cada esquina del edificio que obstaculiza la luz del sol
- el ángulo acimutal α , o soporte del norte de cada esquina

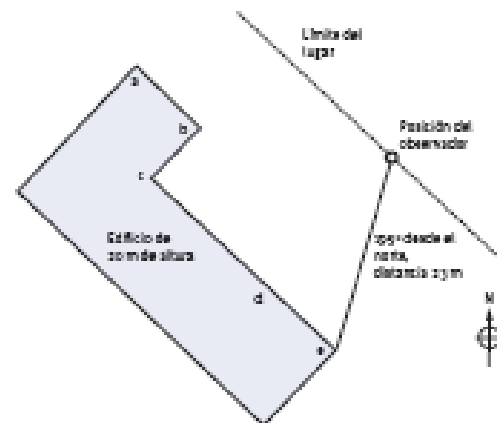


Fig. 4-4 Plano de edificio en forma de L, en relación a la posición de visión al sol

La distancia x se emplea para encontrar el ángulo γ de elevación por encima del horizonte de cada esquina de línea de cielo. Si h es la altura del edificio obstaculizador por encima de la posición del observador

$$\gamma = \arctan\left(\frac{h}{x}\right)$$

La carta siguiente da los valores para el ejemplo. Se trazan los puntos usando sus ángulos en la Fig. 4.6, lo que da un contorno del edificio que aparece representado en la Fig. 4.8. En la proyección estereográfica, una línea de cielo horizontal es transformada en una curva; así, es útil tomar el punto intermedio (d en este ejemplo) para ayudar a dibujar con exactitud.

Una carta solar estereográfica puede también ser utilizada para leer la elevación solar y el acimut a una hora dada. Estos ángulos pueden entonces ser utilizados para trazar una sombra en el plano del lugar.

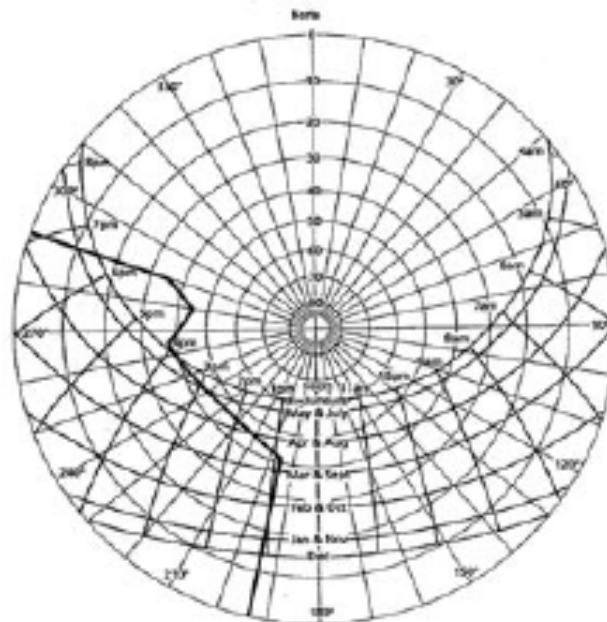


Fig. 4.8 Edificio anexo de L mostrado en la Fig. 4.7 trazado en la carta solar estereográfica. El área marcada con trazo grueso indica los momentos y fechas en que el punto de referencia no recibirá luz del sol

4.3 Componentes o elementos de captación de luz natural

Para utilizar los componentes y elementos de captación de la luz natural en arquitectura con una mínima efectividad, es preciso conocer su comportamiento. La mayoría de las veces un componente produce consecuencias muy diferentes en términos de iluminación o condiciones térmicas según las circunstancias, por lo que hay que seleccionar cuál de los efectos es más

importante. A continuación se describen algunos de estos componentes o elementos ilustrados con imágenes.

Galería

Una galería puede describirse como un espacio de luz cubierto unido a un edificio. Puede abrirse al exterior o puede estar cerrada mediante cristales. Permite que la luz natural entre en las partes interiores de un edificio conectado a la galería por elementos de paso.



Proporciona un nivel de iluminación reducido y de menor contraste en las zonas interiores adyacentes a la galería.

Porche

Un porche es un espacio de luz cubierto unido a un edificio a nivel del suelo, abierto al entorno exterior. Es un espacio intermedio que permite la entrada de luz natural a las partes del edificio directamente conectadas al porche y las protege contra la radiación solar directa y la lluvia.



Normalmente un porche tiene el equivalente en altura a una planta de construcción pero a veces puede llegar a dos plantas.

Patio

Un patio es un espacio encerrado por las paredes de uno o varios edificios y está abierto al exterior por su parte superior y a veces en una dirección. Los patios tienen propiedades luminosas similares al espacio exterior pero a través de ellos se reducen la iluminación con luz natural y la ventilación.



Los acabados de las paredes que lo encierran influyen sobre las prestaciones de iluminación del patio: con colores luminosos o superficies especulares, por ejemplo, se aumentan los niveles de iluminación.

Atrio

Un atrio es un espacio cerrado lateralmente por las paredes de un edificio y cubierto con material transparente o translúcido.



Es un espacio interior de un edificio que permite la entrada de luz a otros espacios interiores unidos a él por elementos de paso. Proporciona un nivel de iluminación reducido y de menor contraste con relación a los espacios conectados al atrio, por lo que tiene un pequeño impacto en el uso de alumbrado con luz natural.

Sus dimensiones pueden variar dependiendo del tamaño del edificio. Normalmente ocupa la altura total del edificio. La cubierta puede consistir en una estructura metálica que soporta el acristalamiento. Los acabados interiores deben tener una elevada reflectancia para asegurar la buena penetración de luz natural.

Sus ventajas principales son:

- Admite luz natural en espacios profundos que de lo contrario estarían lejos de una ventana.
- Puede introducir un elemento de espaciosidad en un interior de trabajo, con vistas internas atractivas, particularmente donde hay ornamentos vegetales.
- Proporciona orientación visual y un foco para la circulación, ayudando a los ocupantes a retener un sentido de la dirección.
- Son elementos potenciales de ahorro de energía, pues reducen la pérdida de calor comparado con las paredes de un patio abierto equivalente.
- Las superficies interiores están protegidas de la intemperie, de modo que las paredes y las ventanas que miran al atrio no necesitan ser herméticas. Esto proporciona oportunidades para absorción acústica y tratamientos decorativos.

Los principales inconvenientes del atrio son:

- Ocupan espacio del suelo, en distintos niveles, que de otra manera podrían ser ocupados. Alternativamente, el área de la planta completa del edificio podría ser reducida.

- Aunque el acristalamiento del atrio admite luz natural abundante, no penetrará lejos en espacios adyacentes a menos que el atrio esté articulado, en planta y sección, para dar a los interiores circundantes una vista directa del cielo.

Pueden añadirse elementos de control ajustables para evitar sobrecalentamientos.

Conducto de luz

Un conducto de luz puede conducir luz natural a zonas interiores de un edificio que no están unidas de otro modo al exterior. Sus superficies son acabadas con materiales reflectantes de luz natural a fin de dirigir la luz natural difusa hacia abajo.

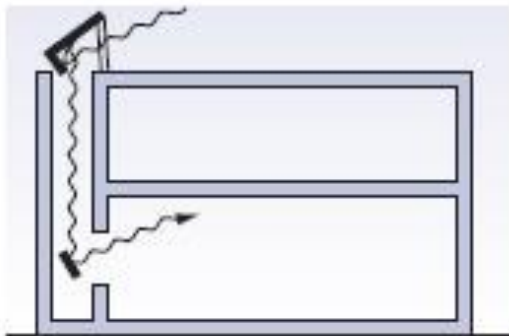


La imagen muestra una serie de conductos de luz separados por elementos estructurales. La parte superior del conducto debe poder abrirse para permitir la ventilación natural o estar cerrada con materiales transparentes.

Conducto solar

Es un espacio diseñado para reflejar haces solares a espacios interiores oscuros; puede también proporcionar ventilación. Las superficies son recubiertas con

acabados muy reflectantes, tales como espejos, aluminio, superficies muy pulidas o pintura, a fin de reflejar la radiación solar.



Pared translúcida

Construida con materiales translúcidos, forma parte de un cierre vertical en un edificio. La superficie separa dos ambientes luminosos, permitiendo la penetración lateral de luz y difundiéndola a través del material translúcido.



Muro cortina

Un muro cortina implica una superficie vertical translúcida o transparente continua sin función estructural, que separa el interior del exterior de un edificio. Generalmente consiste en un bastidor metálico que soporta dicha superficie transparente o translúcida.



Permite la penetración lateral de luz natural y la ganancia de luz solar directa e intercambios de vistas, pero no siempre la ventilación. Incrementa el nivel luminoso en zonas próximas al muro cortina.

Claraboya

Una claraboya se define como una abertura horizontal o inclinada construida en la cubierta.



Permite la penetración cenital de luz natural en el espacio situado bajo él, protegiendo a veces contra la radiación directa o dirigiéndola hacia espacios inferiores. Aumenta el nivel de luz en el interior.

La abertura se suele cubrir con vidrio o plástico transparente o translúcido, y dicho cierre puede ser fijo o abatible.

Techo translúcido

Un techo translúcido se define como una abertura horizontal parcialmente construida con materiales translúcidos, que separa el espacio interior del exterior o dos espacios interiores superpuestos.



Permite la entrada cenital de luz natural difundida a través del material translúcido al espacio inferior, proporcionando una iluminación uniforme. Sus dimensiones pueden ser similares o menores al área inferior iluminada.

Cúpula

Permite la iluminación cenital del espacio situado bajo ella. Puede ser de vidrio, material acrílico o policarbonato. Cuando está perforada está hecha de materiales de construcción opacos y las perforaciones pueden estar cubiertas por los materiales translúcidos anteriores.



Membrana

Una envolvente de membrana consiste en una superficie translúcida o transparente que encierra total o parcialmente un espacio.



Permite la entrada global de luz al espacio y proporciona un nivel de iluminación interior de bajo contraste. Puede estar hecha de vidrio, policarbonato o material acrílico, soportados por un bastidor.

4.3.1 La ventana. Elemento principal en la edificación para el aprovechamiento de la luz natural

La ventana es una abertura típica en los edificios con multitud de funciones a desarrollar, entre las que se pueden incluir: la entrada de luz natural; la visión y relación con el mundo exterior; la actuación como elemento de ventilación para la renovación del aire; aislamiento térmico y acústico; barrera contra el ruido y protector de deslumbramiento.

Como se puede deducir, tienen también un importante impacto sobre la eficiencia energética de un edificio. El diseñador no siempre será capaz de reconciliar las demandas conflictivas de estas misiones: será necesaria su priorización y por ello a continuación se analizan las más importantes de estas funciones relacionadas con la iluminación.

Desde el punto de vista de entrada de luz natural, en general es mejor situar la ventana en una posición alta y dimensionarla adecuadamente.

La segunda función en importancia que desempeña una ventana es que la vista a su través permite que las personas perciban el mundo exterior, su evolución dinámica asociada con los cambios de la luz del cielo, la luz solar y la estación; contribuyendo todo ello a que el ser humano satisfaga su imperiosa necesidad de estar en contacto con la naturaleza.

Si el aspecto que se ha de favorecer es la vista exterior, el tamaño de la ventana y la altura de la parte inferior desde el suelo son extremadamente importantes. Cuanto más baja esté, más favorablemente permitirá la vista exterior. La visión del exterior, sin embargo, ha de ser equilibrada con la conservación de la privacidad. La privacidad puede ser controlada utilizando cortinas y persianas. También proporcionan un modo de reflejar la luz eléctrica de nuevo a la habitación en vez de perderla al exterior, pero esto requiere una reflectancia moderadamente elevada de la superficie interior.

El diseño de ventanas presenta como tercera misión, menos relacionada con la iluminación pero muy implicada en el tema de las necesidades caloríficas o de refrigeración de un edificio, la de formar parte de una estrategia global de ventilación del edificio, excepto en el sector terciario. Esto necesita ser considerado en la etapa de planificación. La opción más simple es proporcionar aire fresco controlado local y manualmente.

En un edificio ventilado naturalmente, las ventanas que pueden abrirse permiten que se elimine un exceso de calor para impedir un sobrecalentamiento en días calurosos y proporcionar una ventilación saludable y confortable en otros días. Para esta tercera función, su posición es mucho más importante que su tamaño.



En la práctica estas tres funciones se combinan en la mayor parte de los tipos de ventana. De hecho, las condiciones de luz natural y térmicas están a menudo en conflicto entre sí: es decir, cuanto mayor es el área de ventanas mayor es la cantidad de luz natural, pero también mayores son las pérdidas y ganancias de calor, a menos que se introduzcan otros elementos para contrarrestar estos efectos.

Acrisolamiento

Si hay más de una ventana en la misma sala o habitación, la suma de superficies de todas las ventanas debe ser considerada desde un punto de vista luminoso en relación al área de la sala. Es decir, si hay una ventana grande o varias ventanas pequeñas con el mismo área total, la cantidad de luz admitida en la sala será la misma, ya que la relación entre el acristalamiento y la iluminación media con luz natural en una sala es aproximadamente lineal; pero hay que tener en cuenta

que se ven afectadas la distribución de luz, la visión y la ventilación natural.

Dependiendo de la relación entre la superficie de la ventana y las superficies interiores del local (paredes, techos y suelos) puede hacerse la siguiente clasificación:

- *Muy bajo acristalamiento:* menor del 1%
- *Acrisolamiento bajo:* 1-4%
- *Acrisolamiento medio:* 4-10%
- *Elevado acristalamiento:* 10-25%
- *Muy alto acristalamiento:* mayor de 25%

Como regla general, un acristalamiento elevado o muy alto puede provocar problemas de control térmico y deslumbramiento. Un acristalamiento bajo o muy bajo puede producir niveles de iluminación excesivamente bajos, especialmente donde predominan los cielos cubiertos, la contaminación atmosférica o donde los edificios adyacentes reducen la disponibilidad de luz natural.

Forma

Las formas de las ventanas puede diferir. Una primera aproximación es definir la relación entre altura y anchura. De este modo las ventanas pueden ser clasificadas como:

- Ventana horizontal: coeficiente de forma $\frac{1}{2}$
- Ventana vertical: coeficiente de forma 2
- Ventana intermedia: coeficiente desde $\frac{1}{2}$ a 2

La forma de la ventana influye principalmente sobre la distribución de la luz en el espacio iluminado, la calidad de visión y el potencial para la ventilación natural.

- Con ventanas horizontales la iluminación del interior es una banda paralela a la pared de la ventana, que produce poca diferencia en la distribución de la luz a lo largo del día, con poco deslumbramiento. La dimensión horizontal relativamente grande permite una vista panorámica.
- Con ventanas verticales la iluminación del interior es una banda perpendicular a la pared de la ventana, produciendo así una distribución luminosa muy variable a lo largo del día. Esta forma de ventana ofrece mejor iluminación en las zonas más alejadas de ella; sin embargo hay un mayor deslumbramiento. Las vistas exteriores son limitadas horizontalmente pero pueden contener una mayor profundidad de campo, combinando el fondo y las vistas a media y gran distancia.

Posición

La posición de una ventana puede ser descrita mediante la situación horizontal y vertical en la pared en la que está colocada.

Cuanto más alta esté una ventana mayor es la profundidad de penetración de luz natural, lo que produce

una mejor distribución en la sala iluminada. La altura de la parte inferior de la ventana determina la vista exterior.

Una ventana en posición central produce una mejor distribución de luz en el interior, mientras que una ventana en esquina provoca menos deslumbramiento.

Orientación

Con respecto a la orientación de una ventana, se hace referencia a la orientación geográfica ya que el trayecto del sol puede tener una gran influencia sobre la iluminación natural. Desde el punto de vista de iluminación, las ventanas orientadas al este y al oeste se consideran equivalentes y los efectos producidos son los mismos, aunque tienen lugar en diferentes momentos del día.

- Las ventanas orientadas al sur proporcionan niveles luminosos elevados y prácticamente constantes, elevada ganancia de energía en invierno y media en verano.
- Las ventanas orientadas al este y al oeste proporcionan niveles de iluminación medios, pero variables a lo largo del día, con elevada ganancia de energía en verano y baja en invierno.
- Las ventanas orientadas al norte proporcionan niveles luminosos bajos pero constantes a lo largo del día, y escasa ganancia de energía.

4.4 Componentes de control de la luz natural

Hay varios modos de controlar la cantidad y distribución de la luz natural que entra en un espacio:

- En primer lugar, el tamaño y posición de las aberturas de las ventanas en la fachada determina la mayor parte del potencial para utilizar la luz natural.
- En segundo lugar, las características de transmisión del acristalamiento determinan el máximo flujo de luz natural.

- En tercer lugar, los sistemas de control, que abarcan desde los elementos estáticos simples (como los voladizos) hasta los dinámicos (persianas, cortinas o acristalamientos regulables) y las combinaciones de ambos. Las soluciones correctas comienzan con los sistemas estáticos y la posterior incorporación de los elementos dinámicos en aquellos lugares en que sean necesarios.

De entre los múltiples sistemas de control de la luz natural, es conveniente resaltar aquí algunos de los más importantes:

Tabique divisorio

Un tabique tradicional o simple es definido como un elemento de control colocado en un componente de paso que divide dos ambientes, permitiendo que la vista y la luz pasen a su través.



Se compone de un bastidor que soporta una o varias superficies transparentes que pueden ser de vidrio, policarbonato, material acrílico o poliéster.

División óptica

La división óptica es un elemento de control que permite el paso de la luz, pero no la visión, colocado en un componente de paso que divide dos ambientes y modifica las características de la radiación que pasa a su través.



La luz natural pasa a través de esta división y se difunde, cambia de dirección o controla su intensidad, dependiendo de las características de la división.

Está formada por un bastidor que soporta una o varias superficies tratadas, vidrios coloreados, espejados, translúcidos y películas termocrómicas u holográficas.

Toldo

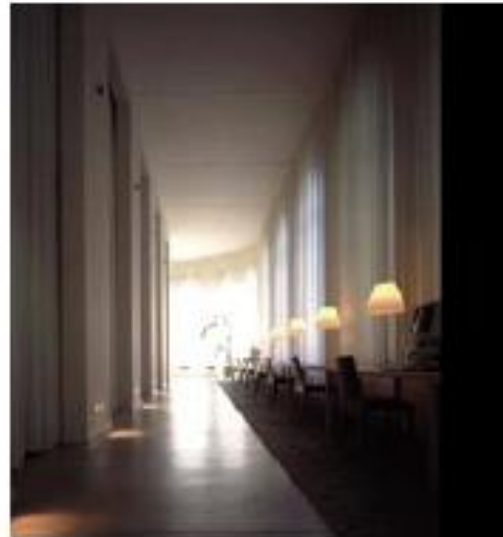
Un toldo es un elemento de control de luz hecho de un material flexible opaco o difusor colocado en el exterior de un componente de captación para obstaculizar o difundir la radiación solar directa.



Proporciona una iluminación de bajo contraste en la zona próxima al toldo y una sombra parcial o total para la ventana cuando así se requiere. Su modo de proteger de la luz solar permite evitar la penetración directa sin impedir la visión del exterior.

Cortina

Es un elemento de control, hecho de un material flexible o rígido, colocado en el interior de una abertura para proteger contra la visión a su través y para proteger las zonas interiores próximas a la abertura, obstaculizando total o parcialmente o difundiendo la radiación solar.



Puede enrollarse o retirarse lateralmente, dejando la ventana abierta a la radiación y a la visión cuando se desee. Puede ser opaca para oscurecer totalmente el interior.

Persiana

La persiana es un elemento exterior o interior que se dispone en las ventanas para controlar la penetración de la luz solar directa o incluso de la luz natural.



Voladizo

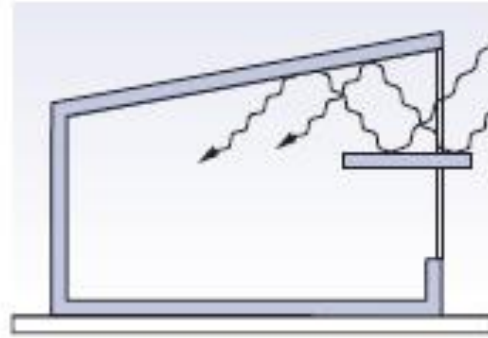
Es una parte del edificio que sobresale horizontalmente de la fachada por encima de un elemento de entrada de luz natural.



Protege las zonas próximas a las aberturas del edificio, obstruyendo la radiación solar directa de ángulos elevados. Da como resultado un nivel de iluminación interior menor y proporciona apantallamiento solar.

Estantes de luz

Está generalmente colocado horizontalmente por encima del nivel de los ojos, en un elemento vertical de entrada de luz, dividiéndolo en una sección superior y otra inferior.



Protege las zonas interiores próximas a las aberturas contra la radiación solar directa y dirige la luz que incide sobre la superficie superior al techo interior. Proporciona así sombra en verano y hace la distribución luminosa interior más uniforme.

Alfézar

Es un elemento colocado horizontalmente en la parte inferior de una abertura de una ventana. Puede reflejar y dirigir la luz natural que incide sobre él a fin de aumentar el nivel luminoso en el espacio interior.



La inclinación puede ser elegida de acuerdo con el ángulo del sol. Puede producir deslumbramiento cuando está situado por debajo del nivel de los ojos.

Apantallamiento vertical

Es un elemento de control situado en el exterior de la fachada de un edificio y fijado verticalmente sobre uno o ambos costados de la abertura.



Intercepta la radiación directa que incide sobre la ventana.

Celosía

Una celosía se define como un elemento exterior o interior compuesto por láminas situadas en la totalidad de una abertura vertical.



Las láminas pueden ser fijas o móviles; cuando son móviles pueden ser ajustadas de acuerdo con el ángulo del sol y con los requisitos del apantallamiento. Las láminas pueden estar hechas de materiales de construcción, cuando se encuentran en el exterior, o de otros materiales cuando se encuentran en el interior.

Paralúmen

Los paralúmenes son una serie de lamas paralelas horizontales o verticales exteriores que pueden ser fijas o regulables. Así, cuando las lamas están cerradas forman un panel, actuando como una obstrucción solar que puede oscurecer totalmente el ambiente interior.



Resumiendo, hay elementos estáticos y dinámicos para el control de la luz natural y a su vez estos elementos pueden ser interiores y exteriores. La posición y diseño de los elementos fijos que forman parte de los sistemas de luz natural, tales como voladizos y estantes de luz, se basan en la trayectoria solar. Son parámetros importantes la orientación y los obstáculos de la fachada.

Desde el punto de vista de la carga térmica los elementos de control de la luz natural, según sean exteriores o interiores, tendrán un comportamiento diferente.

4.4.1 Modos de controlar la penetración de luz natural con componentes diseñados para ello.

A continuación se recogen mediante tres ejemplos las consecuencias de algunos de los sistemas de control de luz natural más comunes en los edificios hoy día.



La ventana sin protección de la luz solar directa crea demasiado contraste en el interior de la sala



La ventana con voladizo es suficiente en posiciones centrales del sol, pero en posiciones más bajas permite aún demasiado contraste



Ventana con voladizo y persianas horizontales

Este último caso, ventana con voladizo y persianas horizontales, proporciona buena protección contra la luz solar directa y con una adecuada posición de las lamas divide la luz natural en una componente ascendente y otra descendente, contribuyendo la primera a reflejarse en el techo e iluminar la sala a mayor distancia de la ventana.

En las oficinas las persianas pueden ser horizontales o verticales. Se prefieren los materiales ligeros y difusores, ya que los oscuros afectan negativamente a la relación de luminosidad de la fachada y los materiales reflectantes proyectarán puntos brillantes sobre las paredes y el techo. Las lamas que componen la persiana deberán ser estrechas, ya que cuanto más anchas son, mayores y más incómodos serán los contrastes de luz y sombra. Las persianas estilizadas, horizontales y de colores claros son las que ofrecen el mejor control sobre la luminosidad y la distribución de la luz.

La mayoría de los sistemas de control de la luz natural reducirán el nivel medio de iluminación natural en la sala, por lo que una combinación de demasiados sistemas puede dar lugar a una superficie de entrada de luz en la fachada mayor de lo aceptable desde el punto de vista térmico.

Como ya se ha enunciado, el aspecto más importante de la abertura es su tamaño y su emplazamiento. En los atractivos edificios transparentes actuales, muchos de los problemas de iluminación se deben a las excesivas dimensiones de las áreas acristaladas. Sin los sistemas de apantallamiento apropiados, se crearán amplias superficies brillantes y una iluminación por reflexión, de manera que los usuarios tenderán siempre a tener cerradas las persianas. Con ello el edificio transparente terminará siendo opaco. (Para evitar el exceso de luz en las superficies y la iluminación por reflexión, se recomienda limitar la luminancia en la mesa de trabajo y en la ventana a un máximo de 200 cd/m² y 2000 cd/m² respectivamente).

En cuanto a los ventanales, también ocasionan problemas térmicos que suelen ser resueltos con cristales o láminas termorreflectantes. Estas láminas crean a su vez otro problema visual que es la alteración leve del color de la luz solar, produciendo la sensación de que el mundo exterior es sombrío y monótono.

Deben evitarse los elementos de color oscuro en la fachada, por ejemplo en los cercos de ventanas o persianas. La razón es que los contrastes producen

“ruido visual” que obliga a la vista a adaptarse continuamente, lo que resulta fatigoso y al mismo tiempo un motivo innecesario para cerrar las persianas.

En el peor de los casos (cielo totalmente cubierto), el diseño de las ventanas debe garantizar como aportación mínima la mitad de la luz diurna requerida.

4.4.2 Sistemas manuales de control de la luz natural

Estos sistemas permiten que el usuario controle manualmente la cantidad y calidad de la luz natural en las salas. Pueden variar desde cortinas tradicionales difusoras, persianas interiores o exteriores o incluso integradas en el acristalamiento de la ventana, hasta sofisticados sistemas de apantallamiento de la luz destinados a optimizar la cantidad y calidad de la incidencia de la luz natural.

4.4.3 Sistemas automáticos de control de la luz natural

Los sistemas automáticos pueden realizar las mismas acciones que los sistemas manuales, inclinando o girando láminas horizontales/verticales, bajando o subiendo cortinas, haciendo girar sistemas de seguimiento del sol, etc., y todo ello motivado por una causa externa, tal como la aportación de luz solar directa o la incidencia de luz solar en un ángulo inadecuado para la iluminación interior de la sala.

Los sistemas de control que responden a la luz natural consisten en detectores o sensores, que miden el flujo incidente, y un sistema de control que actúa de acuerdo con la señal del elemento detector. Un ejemplo de estos sistemas son los apantallamientos controlados en base a la incidencia de la luz solar directa, que usan un detector situado en el tejado que mide la radiación total sobre una superficie y controla la inclinación de las lamas.

4-5 Lista de comprobación para llevar a cabo un buen diseño en la edificación

4-5.1 Diseño del edificio y su ubicación

- a) Elección del lugar de emplazamiento.
- b) Consideración de los obstáculos exteriores.
- c) Consideración de la orientación del edificio.
- d) Elección de la forma y dimensiones apropiadas del edificio.
- e) Elección de las estrategias de acondicionamiento, etc.
- f) Consideración de la distribución interna del edificio.
- g) Diseño de los huecos acristalados.
 - g.1) En espacios iluminados con luz natural:
 - g.1.1 Comprobación de la profundidad de la sala en relación con la línea desde la que no se ve el cielo.
 - Si ambos coinciden, todo el espacio puede ser iluminado con luz natural.
 - Si no lo hacen, debe elegirse el tamaño de la ventana para satisfacer el factor de luz natural medio buscado.
 - g.1.2 Elección del tipo de acristalamiento y su carpintería.
 - g.1.3 Revisión de implicaciones térmicas del tamaño de la ventana.
 - g.1.4 Revisión de implicaciones de la ventana desde el punto de vista de ventilación.
 - g.1.5 Elegir dispositivos de apantallamiento apropiados para controlar el deslumbramiento y la ganancia solar.
 - g.1.6 Revisión de las implicaciones del hueco en relación con objetos sensibles a la incidencia de luz y radiación.
 - g.1.7 Selección del sistema de iluminación artificial.
 - g.1.8 Decisión sobre la mejor estrategia de control del alumbrado artificial.
 - g.2) Exigencias especiales para rehabilitación de edificios:
 - g.2.1 Comprobación de la profundidad de la sala en relación con la línea desde la que no se ve el cielo.
 - Si los valores no son satisfactorios, considerar la necesidad de claraboyas o de un atrio o mejorar el alumbrado artificial.
 - Si los valores son satisfactorios, considerar el incremento de las reflectancias internas, el tamaño de las ventanas, o sustituir acristalamientos tintados por transparentes.
 - g.2.2 Si hay demasiado deslumbramiento, elegir dispositivos de apantallamiento apropiados.
 - g.2.3 Si hay demasiada ganancia térmica solar, elegir dispositivos de apantallamiento apropiados o cambiar el tipo de acristalamiento. Alternativamente, reducir el área de ventanas.
 - g.2.4 Si el alumbrado con luz natural del edificio es correcto pero el alumbrado artificial está continuamente en uso, decidir sobre la mejor estrategia de control del alumbrado artificial, seleccionar el tipo de control de alumbrado y especificar la instalación y ejecución.

Guía Técnica – Aprovechamiento de la luz natural
en la iluminación de edificios:

Capítol 7 – Integración de la luz natural y luz artificial



Integración de la luz natural y luz artificial

Este capítulo se refiere a los controles de alumbrado en respuesta a la luz natural. La mayor parte de las veces el alumbrado eléctrico es controlado solamente cuando esta situación tiene un impacto evidente. Aunque la luz natural es una fuente cambiante, impredecible y poco constante, el control de la luz natural mediante dispositivos de apantallamiento, obturadores o cortinas o mediante otras formas de ajustar la abertura de entrada de la luz natural, puede ser deseable.

7.1 Objetivos principales del uso de sistemas de control de alumbrado artificial en respuesta a la luz natural

Hay tres objetivos principales para el empleo de sistemas de control de alumbrado artificial en respuesta a la luz natural, que son:

- Ahorro de energía.
- Economía de costes.
- Confort del usuario.

7.1.1 Ahorro de energía

La luz natural está disponible gratis y es renovable. Los inconvenientes principales son la carga térmica que puede llevar a las ventanas y (en la mayor parte de los climas) su impredecibilidad. El ahorro total posible de energía en un edificio utilizando luz natural es una combinación de ahorros de energía "directos" sobre el alumbrado artificial:

- Reducción del flujo cuando hay bastante luz natural disponible.
- Disminución de los niveles iniciales de iluminación en nuevas instalaciones de alumbrado, que siempre están "sobredimensionadas". Los nuevos equipos están típicamente sobredimensionados en un 30-25%, anticipando la depreciación normal; así, incluso sin tener en cuenta la regulación de flujo relacionada con la aportación de luz natural, puede conseguirse un considerable ahorro de energía.

- Reducción de la carga de refrigeración, dando como resultado un ahorro de energía en refrigeración (si el edificio está equipado con un sistema de enfriamiento y acondicionamiento de aire), ya que se produce menos calor como consecuencia de la potencia consumida en los componentes de la instalación de iluminación.

Como ya hemos visto, en muchos casos el flujo luminoso de las lámparas puede ser regulado utilizando componentes electrónicos. La regulación de flujo conduce a una reducción del consumo de energía. Por ejemplo, la mayor parte de las lámparas fluorescentes populares (T8, T5 y lámparas de tipo compacto) son fácilmente regulables en su flujo con una reducción significativa en el uso de la energía. Pero la reducción de flujo luminoso y de consumo de energía no es lineal: un tubo fluorescente totalmente regulado puede tener un flujo luminoso del 2% del flujo luminoso máximo y aún requerirá el 25% del consumo de energía que precisa al 100 por 100 del flujo luminoso máximo. Esto es debido al consumo de energía del balasto y a la menor eficacia de la lámpara regulada.

7.1.2. Economía de costes

El coste inicial, el coste del propietario, los costes de energía, etc., son otros elementos a tener en cuenta en una instalación de iluminación. Con los bajos precios actuales de energía el tiempo de amortización puede parecer largo; pero hay otros argumentos para invertir en instalaciones "caras", como la flexibilidad, el confort y la calidad.

La reducción del consumo de electricidad en hora pico es un argumento económico "directo" importante; un diseño de consumo de energía típico muestra una coincidencia de bajas demandas de alumbrado artificial con las elevadas demandas de refrigeración. Por esto, sistemas de control en respuesta a la luz natural pueden dar como resultado una demanda de pico consi-

derablemente inferior. Sistemas baratos y simples con control del alumbrado en respuesta sólo a la luz natural ofrecen, por tanto, un periodo de retorno razonable.

La aceptación del sistema por el usuario es quizás el aspecto económico indirecto más importante. Si el sistema de control no es aceptado por el usuario será probablemente sabotado y la productividad de los trabajadores podría ser reducida. Una productividad ligeramente reducida de trabajadores insatisfechos puede despilfarrar todos los ahorros esperados.

Con los sistemas de bus de elevado nivel, el equipo de alumbrado puede ser fácilmente adaptado para otras tareas o usuarios. También dan la posibilidad de reconfigurar grupos controlados o comunicados en caso de cambios de implantación. Para grandes edificios con una elevada frecuencia de reconversión esto puede ser de gran interés económico.

7.1.3. Confort del ocupante

Las personas son el capital principal de la mayoría de las organizaciones y el confort de ellas es un factor clave en su éxito. Los beneficios de un buen alumbrado son a menudo subestimados, cuando hay múltiples investigaciones que muestran lo importante que es el alumbrado en el entorno de trabajo. Un sistema de control de alumbrado puede mejorar el confort, equilibrando las relaciones de luminancia en las salas. Además, los sistemas de control de alumbrado pueden ofrecer características adicionales, tales como el control automático y a distancia o posibilidades de escenario y alumbrado dinámico para los sistemas más complejos.

Se ha aceptado generalmente que hay una correlación entre el confort del usuario y la productividad, que hacen de la aceptación y confort también elementos económicos importantes. Añadir posibilidades de control a distancia da a los usuarios la sensación de un mayor control sobre su entorno.

7.2 Estrategias de control

El concepto "control de alumbrado" cubre varios métodos diferentes que son usados en los sistemas de iluminación para cambiar el alumbrado en un espacio.

Un sistema de control puede ser manual (como un conmutador de corriente o un controlador a distancia) o automático (basado en la vigilancia mediante un sistema de detección o un reloj), y puede funcionar sobre parámetros diferentes de la instalación de alumbrado, como:

- El nivel de iluminación (luminancia/luminancia) (cantidad de luz, regulación de flujo luminoso).
- La distribución de luz (control direccional).
- La distribución espectral (el color) (como en el alumbrado teatral).

Los sistemas de control que controlan el nivel de luz son los sistemas de uso más corriente. El control de alumbrado automático puede estar basado en uno o más de los siguientes criterios de control:

- Aportación de luz natural (la luz eléctrica es controlada por la cantidad de luz natural disponible). Son los denominados sistemas de control en respuesta a la luz natural.
- Ausencia de personas (la luz es automáticamente apagada en salas o habitaciones sin ocupar).
- Tiempo (como encendido y apagado automáticos de la luz a horas fijadas).

7.2.1 Principios de control

El control del nivel de luz puede ser conseguido mediante la regulación de flujo continua, regulación de flujo por escalones o encendido/apagado.

De acuerdo con la posición del detector, los sistemas de regulación de flujo luminoso pueden ser divididos en dos categorías:

- Un sistema de control de "bucle abierto", es un sistema de control predeterminado, que

mide el nivel de luz natural (es decir, la iluminancia en el tejado o fachada) o una luminosidad relacionada con la luz natural (es decir, la iluminancia de dispositivos de apantallamiento solar o de visión a través de la ventana) y que, en función de ésta, controla el alumbrado artificial usando algunos algoritmos predeterminados.

- Un sistema de control de "bucle cerrado", es un sistema de control con realimentación, que mide el nivel de luminosidad completo del lugar de trabajo (suma de la luz natural más la luz artificial), en distintos lugares de la sala, regulando la iluminación artificial en función de esta suma.

De acuerdo con el comportamiento de la regulación de flujo luminoso pueden distinguirse dos tipos de sistema:

- Sistemas proporcionales, en los que la regulación de flujo luminoso es realizada proporcionalmente al nivel de luz natural medido o al nivel de luz total en la sala.
- Sistemas de soporte constantes, en los que la regulación de flujo luminoso es realizada de tal modo que la suma de los niveles de luz natural y del nivel de luz artificial es constante. En la práctica, como el margen dinámico del nivel de luz natural es a menudo mucho mayor que el margen dinámico del nivel de luz artificial, el "soporte constante" es solamente posible dentro de un margen limitado de niveles de luz. Los sistemas de soporte constante son siempre sistemas de "bucle cerrado".

7.2.2 Nivel de control

Una instalación de alumbrado eléctrico (así como los sistemas de luz natural) puede ser controlada en distintos niveles:

- Control individual: el alumbrado eléctrico es controlado por un sistema de control basado

en la luminaria (cada luminaria tiene su propio sistema de control, como las luminarias de puesto de trabajo individuales o las luminarias para alumbrado general de oficinas equipadas con un detector individual y un sistema de regulación de flujo luminoso o conmutación).

- **Control de sala:** todas las luminarias en el mismo circuito son controladas por una unidad de control.
- **Principio maestro-esclavo:** todas las luminarias pueden ser reguladas del mismo modo, pudiendo tener las lámparas en el interior de la sala un desfase, que conduce a una menor regulación de flujo.
- **Sistema de control con base en la sala:** el control es aplicado a todas las luminarias de una sala.
- **Control de edificio o control con base en un edificio:** varios grupos de un mismo edificio unidos en una sola red o un sistema de control central (luminarias con posiciones más o menos idénticas son controladas simultáneamente, como una fila de luminarias de ventana).

Los sistemas de control varían ampliamente de complejidad y capacidades.

- Los sistemas más simples consisten en un sistema de control en solitario que regula justo las lámparas de acuerdo con la luminancia de los alrededores de la luminaria.
- En el otro extremo del margen existen sistemas de gestión de edificio basados en bus de transmisión de datos complejos, que controlan no solamente el alumbrado sino también equipos tales como en la apantallamiento solar y HVAC y ofrecen la posibilidad de un control remoto, escenarios preajustados, conmutación/regulación de acuerdo con la ocupación, etc.

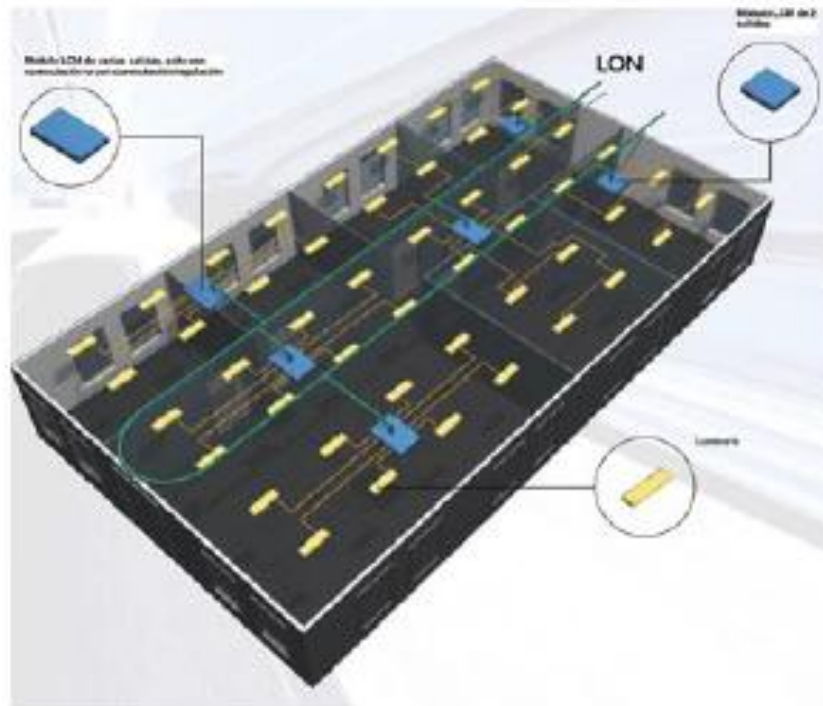
7.3 Sistemas de control para alumbrado artificial que responden a la luz natural

Los sistemas de control para alumbrado artificial que responden a la luz natural son sistemas que actúan automáticamente controlando el alumbrado artificial como una función de la luz natural disponible en el espacio. Un sistema de control en respuesta a la luz natural se espera que mantenga el nivel de alumbrado en un nivel seleccionado por el usuario en cualquier circunstancia, sobre la superficie de trabajo designada, sin molestar al usuario, y de un modo preferiblemente inadvertido para el mismo. Además, debe permitir que la instalación de alumbrado funcione el tiempo necesario mientras haya ocupación de los espacios y no permanezca funcionando durante todo el día independientemente de la ocupación del edificio.

A la vista de los parámetros de control y de cómo poner en práctica dicho control, la idea realmente interesante de un sistema de control es su modularidad: la posibilidad de instalar un sistema de forma escalonada, partiendo de los módulos más básicos para llegar a los más completos, buscando, además de la instalación de iluminación, que ésta se integre con el resto de instalaciones de un edificio.

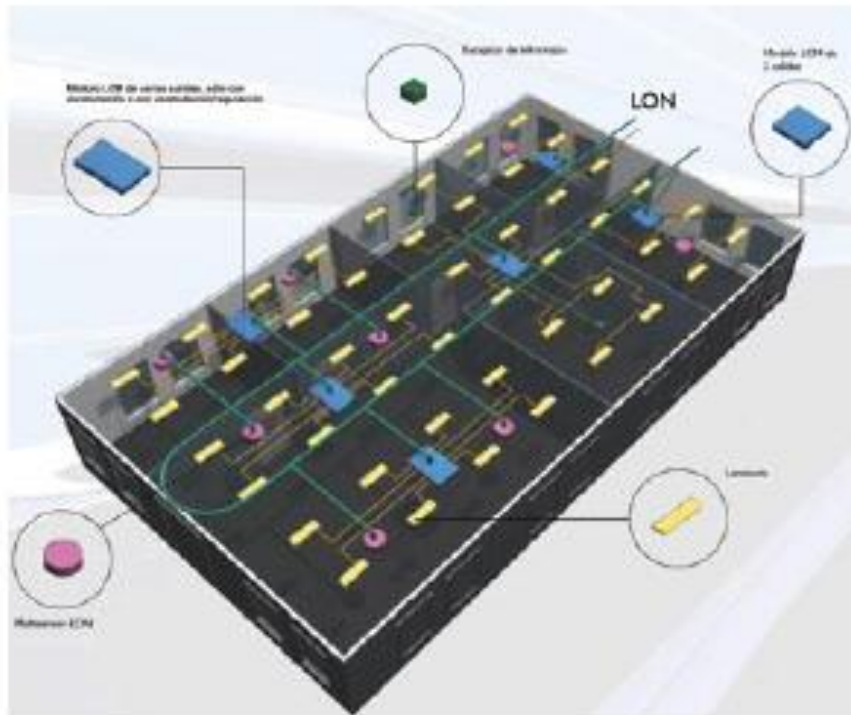
7.3.1 Principio de modularidad

Estos sistemas pueden consistir en una infraestructura y distribución de alimentación básicas, tal como la representada esquemáticamente a continuación y comprendiendo:



- **La unidad de mando:** en esta versión básica puede ser automática, mediante un temporizador o una fotocélula, o manual, mediante pulsadores. En el caso de la fotocélula, ésta puede estar diseñada para ser montada en la luminaria, en el techo, en la pared interior, en la pared exterior o incluso en el tejado. En muchos casos la unidad debe ser sintonizada con el nivel de iluminancia requerida o intervalo de niveles (a veces esto se hace en fábrica).
- **La unidad operativa.** Ésta contiene una parte electrónica que puede ser individualmente ajustada a la sala. La unidad puede contener también el elemento de regulación de flujo o conmutación, que está posicionado bien centralmente (para control de circuito) o bien dentro de la luminaria (para control individual).
- **La unidad de comunicación.** En este ejemplo pueden ser líneas de transmisión o bus de un sistema universal, tal como el LON.

En el módulo inmediatamente superior, o evolucionado, puede cederse el control a sensores o detectores, transmisores y pulsadores, con lo que el esquema de la infraestructura sería el siguiente:

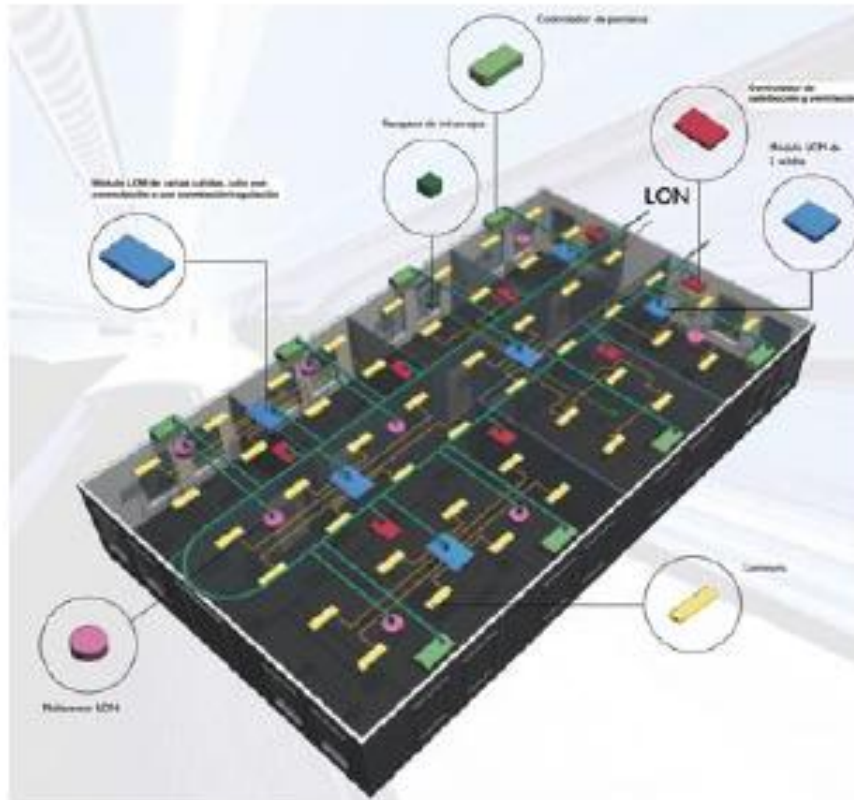


- **La unidad de mando:** en esta versión más evolucionada permite el control mediante la detección de movimiento, la regulación de flujo en función de la aportación de luz natural, el control remoto y los pulsadores.
- **La unidad operativa.** Ésta se basa en una inteligencia distribuida que proporciona funciones de control local con posibilidades de

reconfiguración, permitiendo adaptarse a los diseños específicos de cada espacio.

- **La unidad de comunicación.** En este caso son también líneas de transmisión o bus de un sistema universal, tal como el LON.

Por último se llega al módulo más desarrollado, que integra la iluminación con los sistemas de ventilación, aire acondicionado y persianas.



- **La unidad de mando:** en esta versión, la más evolucionada, responde a los mismos principios que en el módulo anterior.
- **La unidad operativa.** También de inteligencia distribuida, para proporcionar todas las funciones de reconfiguración.
- **La unidad de comunicación.** En este caso completo todos los nudos de control están conectados a los bus de un sistema universal, tal como el LON, a los que también están conectados los sistemas de calefacción, ventilación, aire acondicionado y persianas, dando origen a una integración total.

En todos los módulos del sistema, la unidad de control interpreta la señal del detector y conmuta el alumbrado artificial de acuerdo con las condiciones de luz

natural, presencia o ausencia de personas, etc. Los algoritmos usados en este proceso pueden ser más o menos complicados, permitiendo desde mantener un simple nivel de conmutación preajustado hasta controlar todo el sistema por ordenador (ya que, como ya se ha mencionado con los sistemas a base de bus, un sistema de gestión de edificios pueden hacer más que un simple control del alumbrado eléctrico en respuesta a la luz natural).

Generalmente los sistemas de bucle cerrado necesitan algoritmos de control más simple que los sistemas de bucle abierto.

- Muchos sistemas de control basados en sala y basados en edificio son sistemas de bucle abierto, que, a fin de evitar la insatisfacción

del usuario, necesitan tener una acción de retardo.

- Los sistemas de control basados en la luminaria son siempre sistemas de bucle cerrado y pueden responder rápidamente.

En un sistema de control en respuesta a la luz natural que funciona bien se puede ahorrar de un 120 a un 150% en la energía de alumbrado. Las combinaciones disponibles reales con detectores de presencia, pueden mejorar fuertemente estos ahorros. Sin embargo, el ahorro real de energía mediante sistema de control en respuesta a la luz natural está bastante restringido, debido a que el consumo de equipos de alumbrado modernos y oficinas típicos, incluso sin controles, es menor que 10-15 W/ m².

7.3.2 Procedimientos de instalación de los sistemas de control del alumbrado artificial

A fin de conseguir la satisfacción del usuario y el ahorro máximo de energía, es importante que el sistema de control sea instalado de modo correcto para que funcione óptimamente. El mal funcionamiento del sistema puede conducir a quejas de los usuarios, a una reducción del ahorro de energía o a no ahorrar nada.

Este capítulo trata los puntos más importantes relativos a la instalación de los detectores para los diferentes tipos de sistemas de control, teniendo en cuenta también, que a fin de conservar el sistema funcionando correctamente después de la instalación, es necesario el "conocimiento del sistema" por el personal de mantenimiento y ocupantes.

7.3.2.1 Instalación de detectores para sistemas de bucle cerrado

La mayoría de los sistemas de control de bucle cerrado que responden a la luz natural miden la combinación de la luz natural y el alumbrado artificial con un detec-

tor de luz montado en el techo o montado en la luminaria. Este detector "mira" hacia abajo, hacia el plano de trabajo. La salida del detector es una medida de la luz que se refleja hacia el techo desde el plano de trabajo y los alrededores inmediatos. Por tanto, el sistema de control no funcionará adecuadamente si:

- Hay una fuente de luz (por ejemplo una luminaria indirecta) que brilla directamente sobre el detector, o
- Hay luz reflejada (por ejemplo desde un coche aparcado fuera o una superficie brillante en un edificio cercano), o
- El detector "ve" una parte de la ventana, o
- El detector está bloqueado por objetos (por ejemplo, paneles divisorios, estanterías con libros, plantas, etc.).

En estos casos la lectura del detector no está relacionada directamente con la luminancia del plano de trabajo y el sistema de control no funcionará adecuadamente.

Los detectores disponibles actualmente no miden iluminancia (valores en lux) en el plano de trabajo, sino una especie de "luminancia media" de éste, que depende de las propiedades reflectantes de los materiales de la sala y de los muebles. Por ello existe la necesidad de poder adaptar el sistema con el fin de ajustar el "umbral" deseado de regulación de flujo para cada caso específico con reflectancias específicas y niveles de iluminancia (de noche) iniciales.

7.3.2.2 Instalación de detectores para sistemas de bucle abierto

Los sistemas de control de bucle abierto que responden a la luz natural determinan la contribución de la luz natural al alumbrado en una sala midiendo el nivel de luz natural fuera del edificio y/o desde el interior de la sala y controlan el alumbrado artificial utilizando algoritmos predeterminados.

El detector exterior está situado en el tejado o en la fachada. En ambos casos debe tenerse cuidado porque la lectura del detector es representativa de la contribución de luz natural en la totalidad del edificio. No debe haber objetos sombreados u objetos muy reflectantes "vistos" por el detector, ya que no influyen por igual sobre la contribución de luz natural en todas las partes del edificio. De ahí que si el edificio está rodeado por estructuras grandes, que llevan a un diseño de luz natural en las fachadas que no es uniforme, debe considerarse el colocar más de un detector externo.

El detector interno tendrá que "ver" sólo la ventana, por ello la mayor parte de las veces estará montado cerca del techo, "mirando" a la ventana. Debe tenerse cuidado de que no haya obstáculos o superficies reflectantes entre el detector y la ventana (excepto el dispositivo de apantallamiento), de manera que la lectura sea representativa de la luminancia de la ventana, incluyendo el dispositivo de apantallamiento.

7.3.3 Instalación de luminarias con detectores integrados

La instalación de luminarias con detectores instalados en fábrica no se diferencian mucho de la instalación de luminarias normales y, además, no es necesario un cableado de control adicional. Por ello este tipo de sistema es adecuado para reemplazamientos o renovaciones. Después de que la luminaria sea colocada en su sitio la única labor que habrá de realizarse será medir la iluminancia en la superficie de trabajo bajo cada luminaria por la noche y durante el día, para comprobar que la iluminancia esté al nivel deseado.

Si las unidades tienen ajustes de instalación previamente configurados por el fabricante, hay que tener en cuenta que estos ajustes están basados en los factores de reflexión medios en una sala de oficina típica. Una vez que el sistema ha sido instalado puede ser necesario hacer algunos ajustes. Esto puede ser comprobado midiendo los niveles de luz en diferentes localizacio-

nes para ver que se dan las prestaciones requeridas. Si los niveles combinados son demasiado elevados, es porque la reflectancia de las superficies situadas debajo de los detectores (escritorio) o la altura del techo puede diferir de las condiciones supuestas por el fabricante; ajústese la configuración del detector hasta que se consiga el nivel de alumbrado deseado.

Con algunos sistemas la colocación del detector en la propia lámpara puede ser ajustado para mejorar las prestaciones. Por ejemplo, un detector que puede "ver" la pared conduce a un comportamiento de control diferente que cuando está situado en el otro extremo de la lámpara y sólo "ve" el suelo. Tales procesos de sintonización fina pueden requerir alguna prueba y error para optimizar el sistema para un contexto particular.

La medición y regulación basada en la luminancia provoca que, incluso en una sala específica con un alumbrado uniforme en términos de iluminancia, se presentará una distribución de luminancia no uniforme (debido a diferentes colores, por ejemplo de muebles), conduciendo a diferentes ajustes para diferentes luminarias. Por ello es necesario un cierto margen de regulación. De ahí que todos los fabricantes ofrezcan esta característica en sus sistemas, aunque sistemas diferentes ofrezcan diferentes posibilidades. Los posibles sistemas son:

- Cambiar de lentes con transmisión óptica diferente (filtros de colores): en su mayoría se dispone de tres lentes (coloreadas) que dan la posibilidad de obtener tres umbrales de regulación. Así se obtienen tres niveles de iluminancia para reflectancias "normales". Estos sistemas no permiten la sintonización continua, sino que se sintoniza en saltos o escalones de aproximadamente un 50%.
- Sintonizar con un potenciómetro (analógico): da la posibilidad de sintonizar y ajustar continuamente umbrales de niveles de regulación, incluso para reflectancias "anormales" o "no uniformes".

- Sintonizar mediante una regulación mecánica de apertura o ángulo de aceptación del paso de luz; da también la posibilidad de sintonización continua.
- Eliminar mediante control remoto de infrarrojos la necesidad de abrir la luminaria o manipular la luminaria después de cerrarla. Evita el problema de que el instalador bloquee el detector cuando lo ajusta.

El mejor modo para sintonizar una instalación es:

- Comenzar en una sala o parte representativa de la sala con todos los detectores con igual configuración (algunos fabricantes entregan detectores con una configuración de fabricante específica).
- Medir iluminancias iniciales (de noche o con ventanas cubiertas, o un día no demasiado luminoso) en unos pocos puntos representativos (por ejemplo, en el escritorio, mesa de conferencia, etc.)
- Sintonizar los detectores; algunos fabricantes dan reglas simples para ello (por ejemplo, variaciones del umbral de regulación de flujo del 10% cada vez, en un dispositivo de regulación).
- Basándose en los resultados de esta experiencia, presintonizar todos los detectores.

Es importante observar que los denominados "soportes constantes" requieren una sintonización más precisa que los sistemas que compensan parcialmente (es decir el 50%) para luz natural incidente.

7.34 Instalación de sistemas basados en la sala o habitación

La posición de montaje del detector es crítica cuando hay un detector de luz natural que controla múltiples luminarias en una zona o sala única. La mayoría de los tipos de detectores están situados en el techo y miran hacia abajo. Otras posiciones más inusuales del detector, en la pared o en la superficie de trabajo, no son consideradas aquí.

El detector:

- Debe ver una parte de la sala que sea representativa, para que el alumbrado asegure que la iluminación es controlada en el sitio correcto (por ejemplo, situado sobre una superficie de trabajo y no sobre el suelo).
- Debe tener una superficie en el campo de visión con un área relativamente grande; de lo contrario será difícil predecir si el sistema de control funcionará.
- No debe ser capaz de "mirar hacia fuera", porque la señal adicional de un área incontrolada (fuera, o de otras lámparas que no son controladas por el detector) conducirá a un funcionamiento incorrecto del sistema de control de bucle cerrado.
- Debe ser situado donde no reciba luz directa de lámparas dirigidas hacia arriba, cuando se usa el alumbrado indirecto (alumbrado indirecto o suspendido), ya que esto podría conducir a un comportamiento oscilante del sistema.

A diferencia de las unidades autónomas (en las que el detector está instalado en cada luminaria) será necesario proporcionar cableado adicional entre el detector y las luminarias. La corriente puede ser suministrada al controlador o directamente a las luminarias. Si los cables para corriente y control están situados próximos entre sí puede haber interferencias eléctricas entre ellos, así que debe tenerse cuidado en separar los cables apropiadamente.

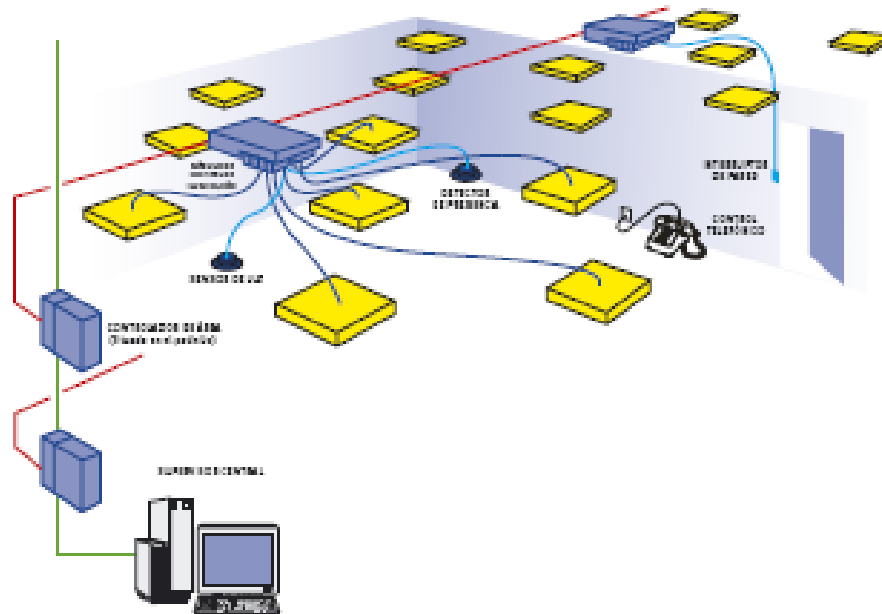
Una vez que la instalación esté completa, deben tomarse mediciones de niveles de iluminancia en la sala por la noche (o en otra situación de baja contribución de luz natural) y durante el día, en distintas situaciones requeridas. Si es necesario, el detector debe ajustarse para proporcionar los niveles deseados.

Algunos sistemas permiten al usuario elegir sus iluminancias personales dentro de un cierto margen o incluso almacenar valores preajustados en la memoria del controlador.

7-3-5 Instalación de sistemas basados en el edificio

En sistemas basados en edificios, el detector de luz natural que controla el alumbrado eléctrico puede ser

situado fuera o dentro de alguna o de todas las salas cuyo alumbrado controla.



Situación en el interior:

Si un detector está situado en cada sala, la instalación del sistema es similar a la instalación de un sistema basado en la sala, excepto en que los componentes son conectados a un sistema de "línea de transmisión de datos" o "bus".

Si el detector es situado en una sala representativa que controla el alumbrado en otras salas similares, debe preguntársele al cliente para que sea él el que determine la sala representativa apropiada. Debe tenerse cuidado de que la sala representativa tenga la misma contribución de luz natural que las otras salas, y de que no existan diseños de apantallamiento en la fachada que produzcan desviaciones. Si hay diferen-

cias, han de calcularse las correcciones para asegurar el alumbrado correcto en las diferentes salas.

Situación en el exterior:

Un detector montado en el exterior estará normalmente situado en el tejado del edificio, aunque es posible que los detectores también se sitúen en la fachada o fachadas del edificio. Como ya hemos visto, estos sistemas se basan en algoritmos, que traducen el diseño o distribución de luminancia exterior (incluida la posición del sol) en una cierta cantidad de alumbrado para cada sala interior. De ahí que el efecto de edificios adyacentes (por ejemplo, su reflejo) y obstáculos (por ejemplo, apantallamientos) deba tenerse en cuenta durante la colocación del detector o durante la programación.

La dirección de visión del detector depende del tipo de sistema que se instale. Como estos sistemas están fuera de las salas que controlan, el efecto de los dispositivos de apantallamiento interior no es tenido en cuenta, a menos que se instale un detector adicional detrás de las persianas o que el sistema de control también controle las persianas. Casi en cada situación se requiere la ayuda profesional para la colocación y calibración apropiadas del detector.

Otra variación de los sistemas basados en edificios tiene lugar cuando el sistema de control de alumbrado está conectado o integrado con un Sistema de Gestión de Edificios. En este caso es posible que el ordenador central (BMS) vigile el control de alumbrado o acoplar la iluminación con otros sistemas del edificio. Esto puede ser útil cuando, por ejemplo, las luces son apagadas en periodos de vacaciones o las prestaciones de los sistemas de calefacción y alumbrado son ajustados para complementarse entre sí. En términos de instalación, esto significa que todos los sistemas del edificio pueden necesitar cableado adicional para conectarlos al BMS, compartiendo, el sistema de control de alumbrado y el BMS, la misma línea bus. Por todo esto, es obvio que los sistemas de gestión de edificios requieren la supervisión de personal cualificado.

El control de apantallamiento automático es también una forma de control basado en el edificio, cuando las pantallas o toldos exteriores son ajustados automáticamente por controladores. Algunas veces este tipo de control automático es también utilizado para un apantallamiento interior que está localizado en una posición de difícil acceso, tal como en una claraboya o en ventanas altas.

7.4 Conocimiento del sistema

Un aspecto importante de la instalación, pero a menudo pasado por alto, es la formación del personal de mantenimiento y ocupantes del edificio en el funcionamiento y propósito de los sistemas de control que

responden a la luz natural. Aunque la mayoría de los fabricantes proporcionan soporte técnico durante la instalación y por un periodo siguiente a la misma, es más fácil, y probablemente más económico, si la mayoría de los problemas pueden ser solucionados por las propias personas que gestionan y ocupan los edificios.

Los gestores del edificio y de las instalaciones necesitan ser conscientes de cómo funciona el sistema y ajustarlo consiguientemente. Deben ser formados para responder preguntas que pueden llegarles de los ocupantes. Necesitan ser conscientes de las prestaciones normales del sistema y de cómo afrontar problemas típicos asociados con su control. Para sistemas simples esta información es encontrada en los manuales de funcionamiento. Para sistemas más complejos son necesarias sesiones de formación especial de los fabricantes (la mayoría de los fabricantes proporcionarán algún soporte técnico).

Los ocupantes del edificio deben recibir información sobre el propósito del sistema. Una buena forma de conseguirlo puede ser colocar tal información en documentos normalmente encontrados en cada oficina, tal como el listín telefónico de la compañía o el libro de personal. Lo siguiente es un ejemplo del texto utilizado para explicar las luminarias con un sistema comercializado:

Las luminarias en su área son completamente inteligentes y se ajustarán ellas mismas automáticamente de acuerdo con el nivel de luz ambiental y se encenderán por detección de movimiento, si el área está ocupada. Algunas luminarias podrían tener más luminosidad que otras. Esto es normal, ya que las condiciones de luz ambiental podrían diferir. Algunas luminarias pueden apagarse completamente ya que nadie ocupa el área o hay suficiente luz natural disponible. Cualquiera otras cuestiones relacionadas con el alumbrado en su área deben ser comunicadas a la persona encargada de las instalaciones.

Guía Técnica – Aprovechamiento de la luz natural
en la iluminación de edificios:

Annex 5 – Mantenimiento de los sistemas de alumbrado

Anexo A5

Mantenimiento de los sistemas de alumbrado

A continuación se describen los factores que influyen en las prestaciones o características técnicas del sistema de alumbrado después de la instalación, tanto para el que controla la luz natural como la artificial. Los sistemas de alumbrado modernos con controles electrónicos son capaces de crear una atmósfera atractiva. Al mismo tiempo tales sistemas pueden ser eficientes en energía. Desafortunadamente la electrónica puede fallar parcialmente o, más difícil de observar, funcionar mal.

Así, una vez que la instalación de alumbrado está en uso y los controles están configurados y sintonizados, se requiere un mantenimiento adecuado para mantenerla en funcionamiento como se espera. El mantenimiento regular conlleva un pequeño esfuerzo y asegurará muchos años de servicio de la instalación.

Para aquellos sistemas de luz natural que tienen partes móviles, esto es más obvio que en alumbrado artificial. Para el alumbrado artificial no es suficiente sólo con reemplazar simplemente lámparas rotas. Las lumi-

narias también han de ser limpiadas periódicamente y las lámparas han de ser reemplazadas después de su tiempo de vida económica debido a su depreciación del flujo luminoso.

Dentro del contexto de esta Guía no todas las cuestiones relativas al mantenimiento pueden ser descritas en detalle. En especial la limpieza y sustitución de lámparas estándar del alumbrado artificial y la relación con el coste y uso de energía está descrita en la mayoría de libros de alumbrado eléctrico. Aquí las observaciones fundamentalmente se hacen con respecto a temas específicos de mantenimiento para controles que responden a la luz natural.

Otro aspecto del uso de las instalaciones que varían con el tiempo es la necesidad de modificar algunas veces los parámetros de control o incluso adaptar la implantación para acomodar los cambios en las solicitudes del usuario. Este cambio puede ser en el tipo de trabajo o en la tarea visual, nueva colocación de muebles o un posicionamiento de espacios diferente.

Los componentes envejecerán y eventualmente fallarán. El mantenimiento regular apropiado compensará los efectos del envejecimiento y del fallo. Los sistemas de control de alumbrado en respuesta a la luz natural requieren un cuidado adicional en comparación con aquellos casos en los que no hay sistemas de control.

Será necesario ser consciente de:

- Detectores de luz obstruidos o sucios.
- Mal funcionamiento de componentes.
- Envejecimiento y rotura de componentes.

La mayoría de los factores comunes con respecto a la flexibilidad son cambios en:

- Las condiciones de alumbrado requeridas dentro de un espacio (la mayor parte debido a cambios en la tarea visual o cambios en la ocupación).
- La disponibilidad de luz natural, en la mayoría de los casos como resultado de la modificación de los obstáculos externos (por ejemplo, nuevas edificaciones y crecimiento/cambios de árboles).
- El interior; tal como volver a situar tabiques de salas, nueva pintura en un color diferente, un nuevo mobiliario, etc.

A5.1 La primera etapa: evaluación de las prestaciones iniciales

Es evidente que el sistema de control de alumbrado ha de funcionar como se espera después de la instalación. Por ello, es útil comprobar y documentar las prestaciones del sistema después de la instalación y repetir estas comprobaciones periódicamente.

Las sugerencias para esta evaluación pueden ser encontradas en esta Guía. Durante la instalación y en el periodo inicial de uso a menudo otras personas distintas de las que se ocupan del servicio normal están a cargo de la instalación. Debido a estos cambios en el personal, la información y la documentación pueden perderse.

Un ejemplo de lo que podría ocurrir en un proyecto grande es el proyecto del "Palacio de Justicia" en Den Bosch, Holanda. Después de un año del uso actual del edificio los ocupantes han identificado el sistema de apantallamiento solar como la causa de varias reclamaciones, pero entonces fue difícil encontrar qué compañía instaló este sistema. Durante la fase de identificación un grupo de gestores responsables de la compañía constructora no vio la necesidad de pasar (como fue aparente después) la información crítica del sistema al usuario final. Cuando la documentación buena y una descripción de los sistemas y su realización están disponibles es posible comparar la realización real con las expectativas de diseño.

A5.2 Cambios en las condiciones de alumbrado requeridas

Hoy en día las organizaciones cambian continuamente, lo que conduce a ajustes en el uso de espacios y a combinaciones o nuevos espacios. Por ejemplo, cuando los tabiques son cambiados, a veces han de hacerse nuevas disposiciones en los sistemas de control más complejos. En el caso de los sistemas basados en líneas bus estos cambios pueden requerir una acción especial. A menudo el sistema ha de ser reprogramado por personal capacitado para asegurar el funcionamiento apropiado. La reprogramación es necesaria para definir nuevos grupos de luminarias que sean controladas de acuerdo a los nuevos espacios o usuarios.

Los sistemas basados en luminarias podrían no necesitar ser cambiados.

A5.2.1 Cambios en la reflectancia del espacio de trabajo

Un problema especial es un cambio drástico en la reflectancia media de la superficie de trabajo bajo los detectores montados en el techo. Como se sabe estos detectores reaccionan a la luminancia media de la superficie de trabajo. Esto significa que los cambios en la reflectancia media influirán sobre la luminancia media

del sistema de control de alumbrado. Así el sistema necesita ser recalibrado en caso de cambio significativo (> 10%) en la reflectancia media. Esto conlleva la medición de la iluminancia y el ajuste de los parámetros del sistema (en sistemas basados en iluminancia, a menudo el ajuste de los equipos; en otros sistemas, el ajuste de los parámetros del software en el software de control).

Los detectores montados en el techo no funcionarán correctamente con reflectancias extremadamente bajas. Esto puede ocurrir por ejemplo en un espacio con un suelo muy oscuro. Cuando la luz natural es muy poca y o la luz eléctrica es reflejada no puede verse una luminancia significativa por el detector y el sistema compensará esto con un flujo máximo (completo) y no se producirán regulaciones de flujo.

A5.2.2 Cambios en las tareas visuales

En la práctica reciente, quejas sobre el alumbrado eléctrico en un espacio de trabajo han dado casos como el siguiente. El espacio de trabajo es una gran sala de dibujo. Originalmente el alumbrado de esta sala fue implantado para acomodar el dibujo en grandes tableros de dibujo, típicamente una tarea visual que solicita valores de iluminancia vertical elevada con el fin de ver pequeños detalles en las superficies inclinadas. Recientemente los tableros de dibujo han sido reemplazados por sistemas de dibujo basados en ordenador, equipados con pantallas de ordenador. Desde luego este entorno visual solicita iluminancias verticales mucho menores y luminarias que estén suficientemente apantalladas para evitar el deslumbramiento reflejado y directo. En esa situación la instalación de alumbrado de la 'sala de dibujo' ha de ser adaptada para la nueva tarea, reemplazando las luminarias (ópticas).

A5.2.3 Cambios motivados por la individualidad de los ocupantes

Aparte de tales cambios drásticos, pueden ser necesarias adaptaciones más sutiles del alumbrado. En

muchos casos los niveles de alumbrado mantenidos necesitan ajustes. Hay siempre varias personas que prefieren más o menos luz. Grupos de conmutación de luminarias o alumbrado adicional (de tarea) o adaptar la configuración de referencia del sistema de control, son soluciones estructurales posibles. La complejidad del último ajuste depende del tipo de sistema y por tanto debe ser un elemento clave en la selección inicial del sistema.

Los controles en respuesta a la luz natural son a menudo parte de un sistema de control más extenso. La mayoría de los sistemas basados en ordenadores requiere el ajuste de un parámetro en el software de control. Otros sistemas (algunos sistemas basados en luminaria) solicitan el ajuste físico del detector, a menudo en combinación con medidas de iluminancia. Esto puede suponer mucho tiempo.

A5.3 Envejecimiento de los componentes

El envejecimiento de los componentes de un sistema de control de alumbrado que responde a la luz natural puede ser subdividido en dos partes: la instalación del alumbrado (lámpara, luminaria) y el sistema de control (detector y controlador).

El componente más fungible y variable en la instalación del alumbrado es la lámpara. La vida de la lámpara (tiempo después del cual el 50% de las lámparas probablemente falle) refleja el número de horas que se espera que una lámpara dure. El uso de un sistema de control puede influir en la vida de la lámpara negativamente, como resultado de encender y apagar las lámparas más veces que cuando no se dispone del sistema. Sin embargo, como resultado de este encendido y apagado, las horas de encendido por año para las lámparas son menos que para el caso de lámparas que no son controladas.

Un beneficio adicional del uso de un sistema de control es que el efecto del envejecimiento de las lámparas puede ser compensado mediante un sistema de

control. Debido a la depreciación luminosa esperada de las instalaciones de alumbrado artificial, las instalaciones han de ser sobredimensionadas. Con un sistema de control y regulación del flujo de las lámparas, se reduce su flujo luminoso al comienzo, compensando así la potencia adicional instalada, y gradualmente se regulará su flujo luminoso total según se vayan depreciando con el tiempo. Con esta característica de "luxes constantes" se ahorrará energía.

Además del envejecimiento de los componentes, la instalación también puede verse influida por el envejecimiento y degradación de los detectores. Poco se sabe acerca del envejecimiento de los detectores, pero pueden extraerse algunas conclusiones:

- Ciertos tipos de resistencias fotosensibles se degradan con el tiempo y en algunos casos se han registrado desviaciones de hasta el 50%. Las empleadas en los sistemas actuales se regeneran automáticamente. Esto requiere una cantidad de luz suficiente, por lo que en ambientes muy oscuros pueden presentarse algunos problemas con el tiempo.
- Algunos problemas pueden ser causados por la degradación de ciertos tipos de plástico usado en los cierres de las células. Los fotodiodos son muy conocidos por ser muy estables en el tiempo.
- En cuanto a la electrónica que controla las lámparas, generalmente su duración es mucho mayor que la de las propias fuentes de luz.

A5.4 Mal funcionamiento de componentes

Los fallos del sistema pueden tener muchas causas. Algunos fallos son difíciles de detectar, especialmente cuando el confort visual no se ve afectado. Este es el caso, por ejemplo, de la función de regulación del flujo

luminoso en respuesta a la luz natural de una instalación de alumbrado eléctrico que no funciona: las luces permanecerán encendidas y así habrá suficiente luz. Sin embargo no se ahorrará energía.

Qué sucede si un circuito electrónico se estropea o un detector de luzes cortocircuitado o desconectado. Si el fallo en la electrónica causa una tensión constante de 10V de salida en el detector, las luces de amortiguarán y eventualmente se desconectarán. Esto se observará rápidamente. En caso de cortocircuito el sistema de control responderá con la máxima emisión luminosa. En caso de desconexión, el controlador reacciona de acuerdo con el tipo de sistema como si el detector no estuviera presente. Entonces las quejas del usuario son menos probables.

A5.5 Programa de mantenimiento

Para impedir que el sistema se degrade o pierda funcionalidad (desde el punto de vista de confort visual así como de ahorros de energía) son esenciales inspecciones periódicas y mantenimiento.

En general se aconseja hacer referencia al manual de mantenimiento del fabricante para el sistema. Cuando las lámparas se cambien como consecuencia de su envejecimiento, deberán limpiarse también las luminarias. Cuando se proceda a la reposición masiva de lámparas, deberán efectuarse mediciones de iluminación y una recalibración de los detectores a fin de asegurar un funcionamiento apropiado del sistema de control.

Dependiendo del tipo de sistema de control, los detectores de luz podrían necesitar algún cuidado adicional. Los detectores situados en el exterior deben ser comprobados periódicamente para estar seguros de que están libres de residuos y no sufren daños por la intemperie (corrosión, amarilleamiento, etc.).

Annex B.4 Instruccions aparells utilitzats

General

Contents

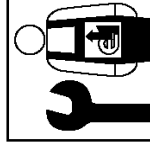
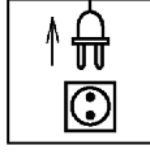
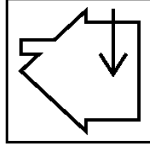
General	Application and function	2
Installation	Safety information	2
Operation	Design and dimensions	3
Appendix	Wiring diagram	3
	Installation of the light and motion sensor	3
	General functions	4
	Controlling brightness at the workplace	4
	Motion detector	5
	Operation modes	6
	Query of current operation mode	7
	RESET (activating the as-delivered mode)	7
	Troubleshooting	8
	Accessories (not included)	9
	Technical data	10

Application and function

The DALI MULTI 3 lighting control unit was developed to regulate and control the brightness at workplaces. Sensors measure the brightness and detect the presence of persons. The lighting conditions at the workplace are maintained at a user-adjustable set point by providing artificial light according to the amount of available daylight. If there is enough natural daylight or if there are no persons in the room, the lighting control unit switches off the luminaire. Brightness control and motion detection can be activated or deactivated. Good workplace lighting makes the working environment more comfortable. Energy savings of up to 70% can be made compared with conventional workplace lighting. The lighting control unit is available in the following versions:

DALI MULTI 3 can be installed in luminaires (e.g. floor-standing luminaires) or can be installed in recessed ceilings using the LMS CI BOX mounting kit (e.g. for room lighting systems), see appendix.

Safety information



The following information is provided for your safety:

- Please read these operating instructions carefully before installing and using the DALI MULTI 3 controller. This is the only way to ensure that you use the equipment safely and correctly. Keep these operating instructions in a safe place for future reference. You should make sure that everyone who uses MULTI 3 has read these operating instructions.
- No further control units may be operated on the control line.
- DALI MULTI 3 may only be installed by qualified personnel who have been appropriately trained and who have the relevant authority. The installation personnel must be familiar with the operating instructions. Power must be switched off before any work is undertaken on the unit.
- The DALI MULTI 3 control unit is especially designed for installation within luminaires, an independent installation is only allowed in combination with the mounting kit LMS CI BOX.
- The relevant safety and accident prevention regulations must be observed.
- The external switch must be designed for mains voltages.
- If the control cable or switch input is wired with external voltage, particularly with a mains voltage of 230 V, the unit may be destroyed.
- The unit will be destroyed on operation with DC voltage!



Lighting control unit

DALI MULTI 3

Ver. 3.0

00020634EN

OSRAM GmbH

Customer-Service-Center (CSC)

Stejnerne Furt 62

86367 Augsburg, Germany

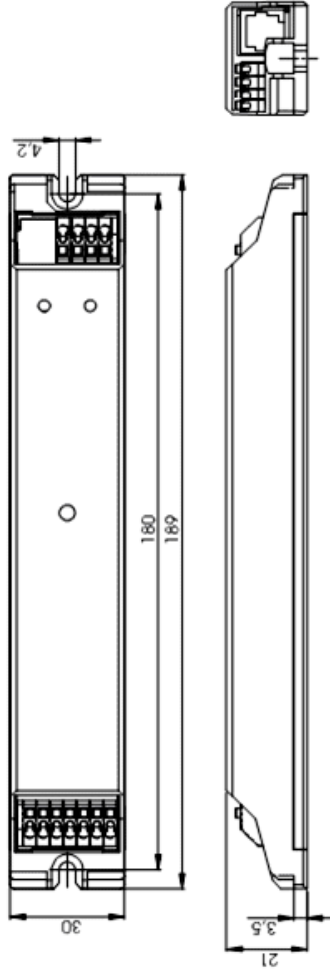
Tel.: (+49) 1803 / 677 - 200 (charges apply)

Fax.: (+49) 1803 / 677 - 202

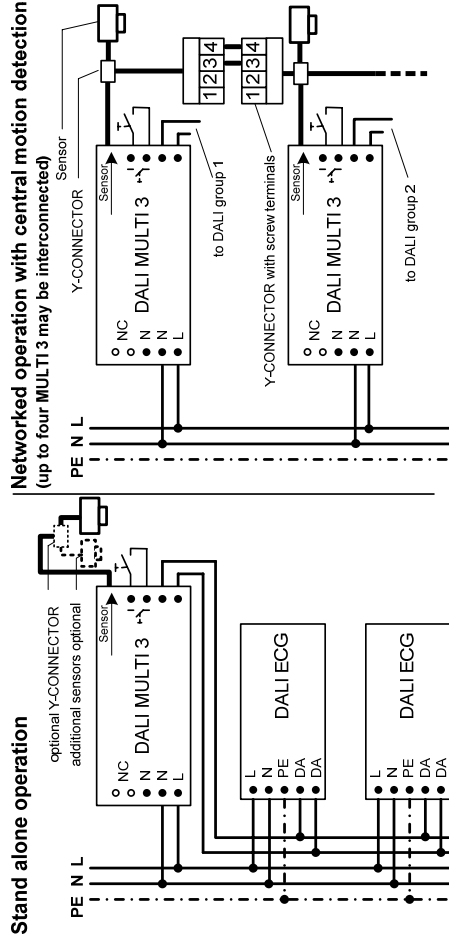
www.osram.com

www.osram.de

Design and dimensions



Wiring diagram



Max. number of ECG see technical data in the appendix

Installation of the light and motion sensor

The sensor is connected using the supplied sensor cable. If the cable is shortened or lengthened (up to 100 m), ensure 1:1 wiring.

If several sensors are to be connected the contact of one sensor can be doubled via an Y-connector. The second contact of the Y-connector is used as the connection for the next sensor. In this way, up to 4 sensors can be connected in parallel to the DALI MULTI 3.

A sensor has a detection angle of approx. 80°-100°. If it is installed at a height of 3 m, it can monitor an area with a maximum diameter of 5-7 m. If more than one sensor is used the detection area can be enlarged or made more densely monitored.

When installing the sensor, please note the following:

- The entire workplace must lie within the monitoring cone of the sensor.
- Avoid placing the sensor where it is directly exposed to light from other sources as this will lead to incorrect measurements.
- The sensor must not be exposed to draught (e.g. near air vents). A draught could be misinterpreted as the presence of a person in the room.

General functions

Switching the luminaire on/off

The luminaire is switched on or off each time the switch is operated.

1. Briefly press the switch once

Changing the brightness

With the luminaire switched off:

1. Press the switch. The luminaire switches on at minimum brightness. The longer the switch is pressed, the brighter the luminaire gets. When the switch is released the luminaire will remain at the brightness it has reached.

With the luminaire switched on:

1. Press the switch. Keep pressing the switch until the required brightness is reached. Switching between more and less brightness: Every time the switch is pressed, the unit toggles between more light and less light.
2. Release the switch, then press it again. Keep pressing the switch until the required brightness is reached.

Note:

Changing the brightness deactivates brightness control. When the unit is switched on again brightness control is reactivated, if enabled by the selected operating mode.

Controlling brightness at the workplace

Switching the luminaire on and off automatically*
If natural daylight is enough as a light source, the lighting control unit will switch the luminaire off. The luminaire will be switched off with a delay of approx. 1.5 minutes. If the light value at the workplace falls below the set point value and if persons are present the lighting control unit will switch the luminaire back on and control the brightness.

Adjusting the set point value for brightness control

1. Change the brightness to the required level by holding down the switch. The brightness will change. When the switch is released the luminaire will remain at the brightness it has reached.
 2. Once the set point value is reached, press the switch twice briefly within 30 s after adjusting the light value. The brightness you have just set will be stored as the new set point value. The luminaire will flash twice to confirm that this value has been stored.
- Locking and unlocking the set point storage**
1. Dim to max. brightness with a long push and keep the button pressed for at least 10s after the maximum is reached. The luminaire will flash to confirm. Set point storage is now locked.
 2. Dim to min. brightness with a long push and keep the button pressed for at least 10s after the minimum is reached. The luminaire will flash to confirm. Set point storage is now unlocked.

* Depends on operation mode

Operation

Motion detector

Switching the luminaire on and off automatically*

If the motion detector does not detect movement for 15 minutes, the lighting control unit will reduce the brightness level to the minimum value and then switch the luminaire off. As soon as motion is detected the luminaire will be switched on, provided artificial light is needed.

Switching off at the switch, switching on via motion detection*

If the luminaire has been switched off manually, the luminaire cannot be switched on automatically via the motion detector until an interval of 30 seconds has elapsed. At the end of this interval the next motion detected will switch on the luminaire, provided artificial light is needed.

Holiday mode*

Automatic switching of the luminaire via the motion detector can be deactivated if the room is to be empty for some time. The brightness must not be changed manually at least 30 seconds before holiday mode can be activated.

1. Briefly press the switch twice

The brightness is reduced to a minimum and the luminaire is then switched off.
Motion detection is deactivated until the luminaire is next switched on at the switch.

Operation

Operation modes

Daylight dependent and automatic motion detection control may be activated and deactivated individually. In Ex-factory setting an full automatic operation is enabled (see mode 5 in table below).

Changing the operation mode

- Please gather the time that corresponds with the desired operation mode**
- Disconnect MULTI 3 control unit from mains voltage by:**
 - disconnecting mains voltage plug
 - switch off mains breaker
- Keep external push button closed and reconnect mains voltage**
- Release button after the specified time**

Expiration of every time interval is indicated by a single flash each time.

Operation mode	Time in seconds	Motion detection	Daylight linked control	Signal after time interval	Signal after release of push button
1	6	enabled	disabled	1. flash of the lamps	1x flashing of the lamps
2	9	disabled	enabled, no automatic switch on at insufficient daylight	2. flash of the lamps	2x flashing of the lamps
3*	12	disabled	disabled	3. flash of the lamps	3x flashing of the lamps
4	15	enabled	enabled, daylight linked control according last manually selected dimming level	4. flash of the lamps	4x flashing of the lamps
5	18	enabled	enabled, no switch off at sufficient daylight	5. flash of the lamps	5x flashing of the lamps
6	22	disabled	enabled, no switch off at sufficient daylight	6. flash of the lamps	6x flashing of the lamps
7	25	enabled, no automatic switch on by motion	enabled	7. flash of the lamps	7x flashing of the lamps
8	28	enabled, no automatic switch on by motion	enabled, no switch off at sufficient daylight	8. flash of the lamps	8x flashing of the lamps
9	31	enabled, no automatic switch on by motion	disabled	9. flash of the lamps	9x flashing of the lamps
10	35	enabled	enabled	10. flash of the lamps	10x flashing of the lamps

Table: Shows the time the button has to be pressed to change over to a new operation mode

* recommended mode when operated without sensors

* Depends on operation mode

Query of current operation mode

1. Disconnect the luminaire from the power supply by:
 - removing the plug from the power outlet
 - or
 - switching off the mains breaker
2. Hold the switch down and connect the luminaire to the power supply
3. Release the switch as soon as the luminaire switches on at minimum level.

The luminaire starts to flash. Please count the number of flashes and evaluate the operation mode according table on page 5.

RESET (activating the as-delivered mode)

1. Disconnect the luminaire from the power supply by:
 - removing the plug from the power outlet
 - or
 - switching off the mains breaker
2. Hold the switch down and connect the luminaire to the power supply
3. Release the switch after 35 seconds.

35 seconds have elapsed when the luminaire has flashed a total of **10 times**. The as-delivered condition is now restored (the proper RESET is confirmed by ten additional flashes after the switch is released).

Troubleshooting

The luminaire is not working. *Possible cause:*

- There is no power.
- The lamps are faulty.
Replace them.
- The luminaire was switched off at the switch.
Switch the luminaire on.
- The sensor is overexposed to ambient light.
Cover the sensor and observe how the luminaire behaves.

The luminaire is not regulating its brightness to the set point value. *Possible cause:*

- Within 30 seconds after setting the brightness you must press the switch twice briefly. If you press the switch later you will activate holiday mode.
Bear this time in mind.
- Brightness control is started 5 seconds after the set point value has been set. Within this time any other switch operations are ignored.
Bear this time in mind.
- Brightness control was deactivated by changing the brightness level with the switch. Switch the luminaire off and on again.
- Brightness control is not active in the activated operation mode.

The luminaire is not switched on automatically by the motion detector. *Possible cause:*

- The luminaire was switched off less than 30 seconds ago at the switch.
Please note: after the luminaire is switched off, motion detection is deactivated for 30 seconds.
- The motion detector is not covering the workplace.
Wave your hand in front of the sensor and observe how the luminaire behaves. The LED of the sensor should flash with each detected motion. If not, realign the luminaire over the workplace.
- Adequate natural daylight is available and no additional artificial light is needed.
- The holiday mode is active. For deactivation of the holiday mode please press the switch
- Motion detection is not active in the activated operation mode.

Holiday mode can not be activated. *Possible cause:*

- The brightness level was changed at the switch less than 30 seconds ago.
Wait at least 30 seconds after changing the brightness before activating holiday mode.

The set point can not be stored. *Possible cause:*

- The set point storage is locked.
- Brightness regulation is not supported by the selected operation mode.

The luminaire is not reacting as expected to switch operations. *Possible cause:*

- The switch is being pressed too long.
Please note: Hold down the switch to change the brightness until the luminaire reaches the brightness level you want. For all other functions, just briefly press the switch.

If you cannot remedy the problem, please reset the luminaire as described in the corresponding chapter of this manual or contact the customer service department of your luminaire manufacturer.

Accessories (not included)

Permitted sensor types

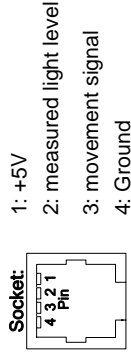
Designation	Description	Product number
LS/PD MULTI 3	Standard light and motion sensor	4050300802138
LS/PD MULTI 3 B	Light and motion sensor, movable	4050300803081
LS/PD MULTI 3 FL	Light and motion sensor, flat	4008321047342
LS/PD CI	Light and motion sensor, ceiling mounting	4008321916648
Y-CONNECTOR	Branch for connection of additional sensors	4050300803135
Y-CONNECTOR Screw	Branch with screw terminals for connection of additional sensors and for interconnection of MULTI3 systems with central motion detection	4008321916686

Mounting kits

Designation	Description	Product number
LMS CI BOX	Mounting kit with cable clamp for independent mounting of the MULTI3 control unit (e.g. for recessed ceiling installation)	4008321083692
SENSOR KIT	Adaptor for on top ceiling mounting of LS/PD CI sensor	4008321916662

Technical data

Designation: DALI MULTI 3
Power supply: L, N (PE not required)
Interface: DALI control signal accord. IEC 62386, max. 32 DALI ECG, DALI wire length max. 100m
Switch input: Floating push to make contact, maximum cable length 100m
Sensor connection: Maximum of 4 sensors, maximum cable length 100m
Pin assignment:



Operating voltage: 100 - 240V 50/60Hz AC / DC
Fuse protection: External 16A
Power input: Approx. 0,5W
Operating temperature: 0°C...+ 50°C
Adjustable light value: 20 – 1000 lux (measured at the sensor)
Protection type IP 20
Protection class II
CE requirement: EMC to EN 61547, low voltage to EN 60928
Dimensions: 189 x 21 x 30mm (L x H x W), hole spacing for mounting 180mm
Messages via the LED: Presence detected: LED flashes
 Change of operation mode: LED flashes according table on page 5



The CE symbol signifies compliance with the relevant EU Directives.

Installation instructions

I / 2003



Movable light and motion sensor LS/PD MULTI 3 B

for lighting control unit

DALI MULTI 3 Ver. 1. 0

DIM MULTI 3 Ver. 1. 0

OSRAM GmbH
Hellabrunner Str. 1
D-81536 Munich
Tel.: (+49) 89 / 6213 – 0
Tel.: (+49) 89 / 6213 - 2020

www.osram.com
www.osram.de

**Kunden-Service-Center
(KSC) Deutschland**
Albert-Schweizer-Str. 64
D-81735 Munich
Tel.: (+49) 1803 / 677 – 200
Fax.: (+49) 1803 / 677 – 202

General

Installation of the light and motion sensor

The sensor is connected using the supplied sensor cable. If the cable is shortened or lengthened (up to 100 m), ensure 1:1 wiring.

If several sensors are to be connected the contact of one sensor can be doubled via an RJ11 Y-branch. The second contact of the RJ11 Y-branch is used as the connection for the next sensor. In this way, up to 4 sensors can be connected in parallel to the DALI/DIM MULTI 3.

A sensor has a detection angle of approx. 100°. If it is installed at a height of 3 m, it can monitor an area with a maximum diameter of 7 m. For optimal orientation of the detection area, the inner ball of the sensor can be tilted up to 30° in all directions. If more than one sensor is used the detection area can be enlarged or made more densely monitored.

When installing the sensor, please note the following:

- The entire workplace must lie within the monitoring cone of the sensor.
- Avoid placing the sensor where it is directly exposed to light from other sources as this will lead to incorrect measurements.
- The sensor must not be exposed to drafts (e.g. near air vents). A draft could be misinterpreted as the presence of a person in the room.

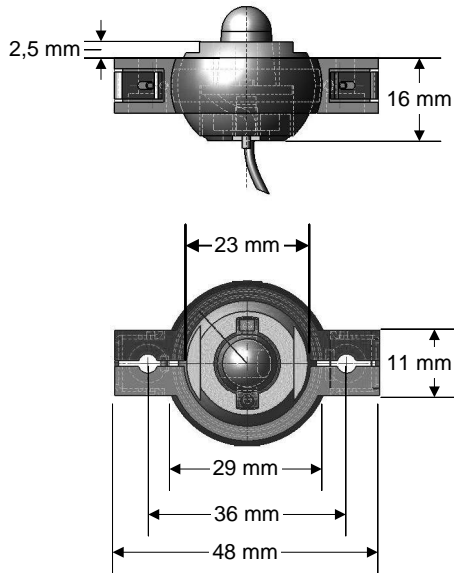
Safety information

Light and motion sensor LS/PD MULTI3 may only be installed by qualified personnel who have been appropriately trained and who have the relevant authority. The installation personnel must be familiar with the operating instructions. Power must be switched off before any work is undertaken on the unit.

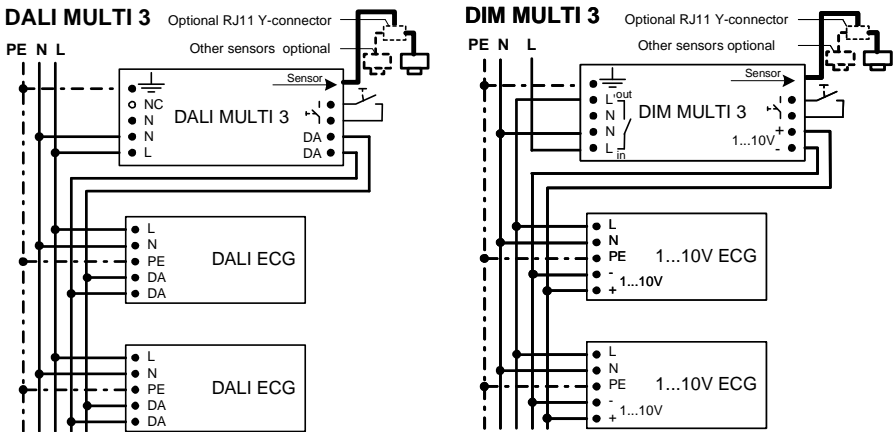
The relevant safety and accident prevention regulations must be observed.

If the control cable is wired with external voltage, particularly with a mains voltage of 230 V, the unit may be destroyed.

Design and dimensions



Wiring diagram



Max. number of ECG : see technical data of DALI MULTI 3 resp. DIM MULTI 3

235

Appendix

Technical data

Designation:	LS/PD MULTI 3 B
Combined control and supply connection:	RJ 11 connection, 4-pin (motion signal, light signal, sensor supply voltage and signal ground), fixed connection cable, 2.1m Basic insulation to ICE 664
CE requirement:	EMC to EN 61547, low voltage to EN 60928
Dimensions:	48 x 29 x 24,5mm (L x W x H), hole spacing for mounting: 36mm
Light sensor range:	20 – 1000 lux (measured at the sensor)
Motion detection area:	Conical detection area, opening angle approx. 100°
Messages via the LED in the sensor:	- No presence detection: LED flashes slowly - Holiday mode: constant LED light - Change of brightness: LED flashes slowly - Max/min reached after changing brightness: LED flashes rapidly - Presence detection: LED flickers - Change of mode: LED flashes after a certain time

Accessories (not included)

Description:	Y-connector	Type Y-CONNECTOR MULTI 3
--------------	-------------	--------------------------

Permitted control units (not included)

Designations:	Control unit with DALI interface	Type DALI MULTI 3-Ver. 1. 0
	Control unit with 1-10 V interface	Type DIM MULTI 3-Ver. 1. 0



The CE symbol signifies compliance with the relevant EU Directives.

NOVEDAD

mecanismos Galea™ Life

detectores de movimiento



7756 55 + 7715 88 + 7715 01



7756 57 + 7713 87 + 7713 01



7758 63

Cuadros de selección de teclas, tapas y marcos (págs. 270-275), cajas de empotrar (pág. 370)
Características técnicas (pág. 291)

Mecanismos con soporte metálico, fijación con garras o tornillos y suministrados sin tecla
Norma UNE-EN 60669-1: interruptores para instalaciones eléctricas fijas, domésticas y análogas

Emb.	Ref.	Detectores de movimiento
		<p>Interruptores automáticos 230 V ~ 50 Hz por detección de presencia (luz y calor) Indicados para zonas de paso o zonas comunes (pasillos, baños, etc.) Se instalan a la altura de un interruptor normal Parámetros regulables: umbral de luminosidad y tiempo Posibilidad de colocar varios en paralelo sin superar la potencia máxima</p>
1	7756 55	<p>Detector movimiento auto 300 W</p> <p> Para incandescencia y halógenas 230 V (ver tabla de cargas máximas) Sin posibilidad de actuación en manual Umbral de luminosidad: 3 - 1.000 lux (regulable) Temporización: 6 segundos - 6 min (regulable) Distancia: 8 metros - 130°</p>
1	7756 56	<p>Detector movimiento auto-manual 400 W</p> <p> Para incandescencia, halógenas 230 V, halógenas 12 V con transformador electrónico y ferromagnético (ver tabla de cargas máximas) 2 botones para encendido y apagado manual Umbral de luminosidad: 3 - 1.000 lux (regulable) Temporización: 1 segundo - 16 min (regulable) Distancia: de 3 a 10 metros - 180° (regulable)</p>

Emb.	Ref.	Detectores de movimiento
		<p>Detector movimiento auto-manual 1.000 W</p> <p> Para incandescencia, halógenas 230 V, halógenas 12 V con transformador electrónico y ferromagnético, fluorescencia (ver tabla de cargas máximas) 2 botones para encendido y apagado manual Umbral de luminosidad: 3 - 1.000 lux (regulable) Temporización: 1 segundo - 16 min (regulable) Distancia: de 3 a 10 metros - 180° (regulable)</p>
1	7756 57	
		<p>Detector movimiento de techo 1.000 W</p> <p> Para incandescencia, halógenas 230 V, halógenas 12 V con transformador electrónico y ferromagnético, fluorescencia (ver tabla de cargas máximas) Umbral de luminosidad: 3 - 1.000 lux (regulable) Temporización: 6 segundos - 16 min (regulable) Cobertura: 3'7 metros de diámetro - 360° Para caja de empotrar Ø 65 mm</p>
1	7758 63	

Tabla de cargas máximas

35°C									
	Incandescente	Halógenos 230 V	Halógenos MBT transfo electron.	Halógenos MBT transfo ferromag.	Tubo fluorescente	Fluo compacto con reactancia	Fluo compacto sin reactancia	Motores para ventilación	Calentadores sin termostato
7756 55	60-300W	60-300W	-	-	-	-	-	-	-
7756 56	40-400W	40-400W	40-400VA	40-400VA	-	-	-	-	-
7756 57	1000W	1000W	500VA	500VA	500VA	500VA	500VA	100VA	237 -
7758 63	1000W	1000W	500VA	500VA	500VA	500VA	500VA	100VA	1000W

Referencias en rojo: Nuevos productos



SUPPLY NETWORK ANALYZER

CVM-96-SP SERIES

INSTRUCTION MANUAL

(M 981 327 / 89A - GB)

(c) CIRCUTOR S.A.

Equipo de medida CVM-96-SP M-981 327 Pag. N° 1

INDICE ANALIZADOR CVM-96-SP

	nº página
1.- COMPROBACIONES A LA RECEPCION.....	2
2.- CARACTERISTICAS GENERALES.....	3
3.- INSTALACION Y PUESTA EN MARCHA.....	5
3.1.- Instalación del equipo.....	5
3.2.- Retención de bornas del CVM-96-SP (ver etiqueta parte posterior).....	7
3.3.- Esquema de conexión CVM-96-SP.....	8
4.- FUNCIONAMIENTO.....	9
5.- PROGRAMACION (modo SET-UP).....	10
5.1.- Prueba del transformador de corriente.....	12
5.2.- Programación de las pantallas del Medidor.....	13
5.3.- Programación página presiente.....	14
5.4.- Puesta a cero de los contadores de energía.....	14
5.5.- Programación THID 6 D.....	16
5.6.- Pantalla adicional con tablas de red (3 redés).....	17
6.- CARACTERISTICAS TÉCNICAS.....	23
7.- CONSIGNAS DE SEGURIDAD.....	25
8.- MANTENIMIENTO.....	25
9.- SERVICIO TECNICO.....	25
10.- COMUNICACIONES CVM-96-SP.....	26
10.1.- A tener en cuenta :.....	26
10.2.- Conexión red RS-485 a un ordenador PC (RS-232).....	27
10.3.- Protocolo MODBUS 4.....	28
11.- APÉNDICE A : Segundo SET-UP del CVM-96-SP.....	31

Mediante un procesador interno permiten analizar simultáneamente:

Parámetro	Símbolo
Tensión	V
Corriente	A
Potencia activa	AW
Potencia Reactiva	VarL, R-C
THD de Tensión	% THD-V
THD de Corriente	% THD-A
Factor de potencia	PF
Frecuencia	Hz
Máxima demanda	PI
W.h	energy
Varsh. L	energy
Varsh. C	energy

El CVM-96-SP permite la visualización de los anteriores parámetros eléctricos mediante 3 displays de leds de cuatro dígitos que permiten visualizar tres parámetros en cada pantalla. Por display se puede visualizar 12 parámetros en 4 pantallas

OTRAS CARACTERÍSTICAS

- Es un instrumento de dimensiones reducidas 96 x 96 mm montaje panel.
- Medición en verdadero valor eficaz.
- Valores instantáneos, máximos y mínimos de cada parámetro
- Medición energía
- Comunicación RS-485 para ordenador PC (según modelo)
- Incorpora el cálculo de la distorsión armónica (THD-V y THD-A)

3.- INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA



El presente manual contiene informaciones y advertencias que el usuario debe respetar para garantizar un funcionamiento seguro del aparato, y mantenimiento en buen estado en cuanto a la seguridad. En su funcionamiento habitual no debe ser utilizado hasta su colocación definitiva dentro del cuadro eléctrico.

Si se utiliza el equipo de forma no especificada por el fabricante, la protección del equipo puede resultar comprometida.

Cuando sea probable que se haya perdido la protección de seguridad (por ejemplo presenta daños visibles), debe desconectarse la alimentación del equipo. En este caso póngase en contacto con un representante de servicio técnico cualificado.

3.1.- Instalación del equipo

Antes de la puesta en marcha del equipo, debe comprobarse las siguientes pautas:

a.- Tensión de alimentación; ver etiqueta posterior del propio equipo

- Alimentación estándar : Monofásica 230 V - (c.a.)
- Bajo demanda ; otras tensiones
- Frecuencia : 50 - 60 Hz
- Tolerancia alimentación : $\pm 15 / + 10 \%$
- Regleta conexión : Bomas 1-2 (Power supply)
- Consumo del equipo : 5 VA

b.- Tensión máxima en el circuito de medida de tensión:

- Standard : 300 V c.a. 35 a 65 Hz
- bajo demanda otras modelos.

c.- Corriente máxima admisible : Transformador de In / 5 A c.a.

d.- Condiciones de trabajo :

- Temperatura de trabajo : -10 °C a +50 °C
- Humedad relativa : 5 a 95 % HR (sin condensación)
- Altitud : hasta 2000 m

e.- Seguridad :

- Diseñado para instalaciones categoría III - 300 V c.a. (EN 61010)
- Protección al choque eléctrico por doble aislamiento clase II

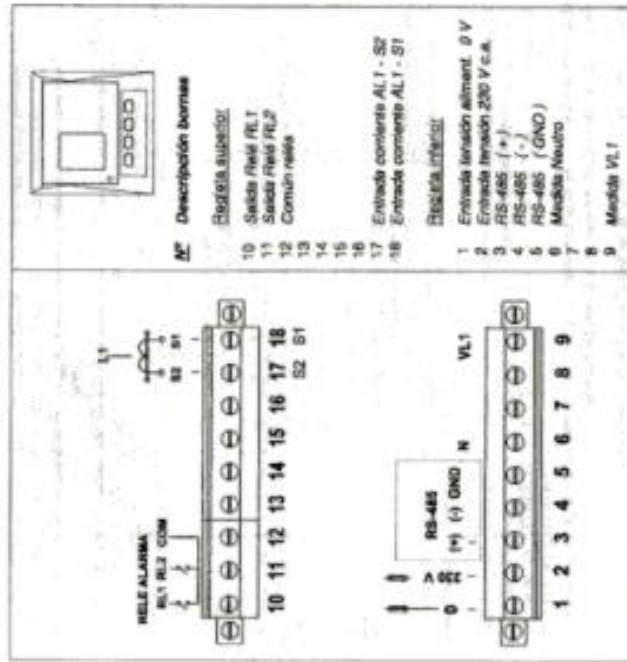
Instalación:

La instalación del equipo se realiza en panel (taladro panel) $80^{mm} \times 80^{mm}$ según DIN 43 700). Todas las conexiones quedan en el interior del cuadro eléctrico.

Tener en cuenta que con el equipo conectado, los bornes pueden ser peligrosos al tacto, y la apertura de cubiertas o eliminación de elementos puede dar acceso a partes peligrosas al tacto. El equipo no debe ser utilizado hasta que haya finalizado por completo su instalación.

El equipo debe conectarse a un circuito de alimentación protegido con fusibles tipo gI (IEC 269) o 500 M, comprendido entre 0.5 y 2 A. Deberá estar previsto de un interruptor magnotérmico o dispositivo equivalente para desconectar el equipo de la red de alimentación. El circuito de alimentación y de medida de tensión se conectará con cable de sección mínima 1 mm². La línea del secundario del transformador de intensidad será de sección mínima de 2,5 mm².

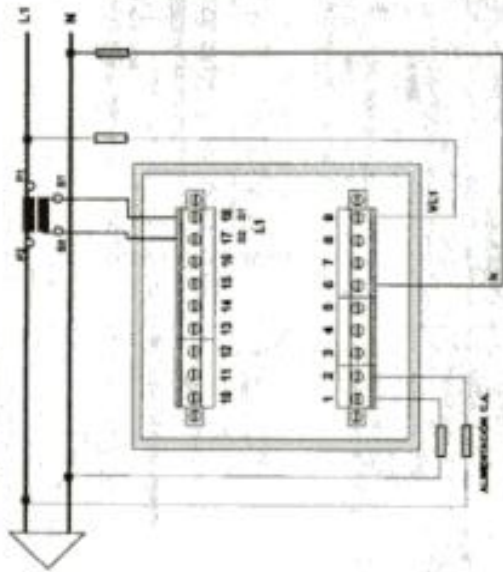
3.2.- Relación de bornes del CVM-66-SP (ver etiqueta parte posterior)



NOTA: La entrada de corriente 0 / 5 A está aislada en el modelo ITF.

3.3.- Esquema de conexión CVM-96-SP :

Red monofásica (baja tensión) :



¡ NOTA IMPORTANTE ! Si aparece valor ± 0.01 en el display en alguna potencia y mide tensión e intensidad revisar los siguientes puntos:
 - Polaridad correcta ?
 - Si no, girar el transformador de intensidad.

4.- FUNCIONAMIENTO

El equipo esta formado por 3 displays de Led. Cada uno dispone además de puntos o indicadores luminosos (color rojo). Según esté iluminado uno u otro indicará el parámetro que muestra el display en ese momento.

Cuando se conecta la alimentación del equipo CVM-96-SP en display aparece **xxxx**, indicando versión programa y configuración. Tras unos segundos, el aparato está preparado para su funcionamiento, mostrando una de las pantallas posibles. Se enciende el lado de la variable uno de los leds, indicando el parámetro que se está midiendo.



Las variables que se visualizan se pueden variar pulsando la tecla de la derecha o izquierda indican los parámetros que se están visualizando en el display.

max **min**

Al pulsar la tecla **"max"** ó **"min"** aparecen los valores máximos ó mínimos respectivamente, en los tres displays, del parámetro que se está visualizando en aquel momento según la indicación luminosa.

Esta función sólo es válida mientras se está pulsado la tecla, una vez se deja de pulsar aparecen de nuevo transcurridos cinco segundos, los valores instantáneos. Durante el tiempo que se muestran los valores máximos ó mínimos los leds activos se mantienen parpadando.

RESET

Al pulsar la tecla "reset" el sistema se inicializa, se ejecutará la programación del sistema. La consecuencia más directa de un reset es el borrado automático de la memoria de valores máximos y mínimos.

Dentro de la programación si se pulsa "reset" se reinicia automáticamente de la memoria los parámetros de modificaciones realizadas (dependencia del apartado de setup en que se está en el momento de hacer reset) y produciéndose una reinstalación del equipo.

5.- PROGRAMACIÓN (memó SET-UP)

La programación del CVM-66-SP se realiza con una serie de menús de SET-UP.

UP Para acceder al menú de la programación se deben pulsar las teclas MAX y MIN a la vez dentro del programa principal.

Al entrar en el SET-UP se visualiza durante unos segundos el mensaje "set up enter" (1) , o en su defecto "set up key" (2) indicando que nos encontramos en programación.

- (1) **SETUP-UNLOCK** (SET-UP desbloqueado) : al entrar en SET-UP es posible ver la programación y es posible modificar la misma.
- (2) **SETUP-LOCK** (SET-UP bloqueado) : al entrar en SET-UP sólo es posible ver la programación, pero no se puede modificar nada.

Una vez dentro del SET-UP, mediante el teclado se pueden seleccionar las diferentes opciones y entre las variables:

- La tecla **UP** valida el dato y pasa al siguiente menú.
- La tecla **MAX** permite seleccionar las diferentes opciones dentro de un menú o para incrementar un dígito en caso que se introduzca una variable.
- La tecla **MIN** se utiliza para desplazar el cursor entre los dígitos.

Seguiramente se muestran las distintas opciones de forma secuencial :

- 1.- Valor del primerio de corriente : I a 10000 A
- 2.- Programación de la máxima demanda (parámetro, periodo y formato)
- 3.- Selección página por defecto
- 4.- Datos de configuración energía
- 5.- Selección cálculo de potencia máxima al % ó THD %
- 6.- Programación alarmas: RELLE 1 (OUT 1) y RELLE 2 (OUT 2)

5.1.- Primario del transformador de corriente

En la pantalla aparece "SET A P" y cinco dígitos numéricos que nos permiten programar el primario de los transformadores de corriente.



- a.- Para escribir o modificar el valor del primario del transformador basta con pulsar repetidamente la tecla "max", se incrementará el valor del dígito que está parpadando en aquel momento.
- b.- Cuando el valor en pantalla sea el deseado podemos pasar al siguiente dígito pulsando la tecla "min", así permitirá modificar los restantes valores.
- c.- Cuando el dígito a modificar (parpadeando) es el último, al pulsar la tecla "min" vuelve otra vez al primer dígito, pudiendo modificar de nuevo los valores programados.
- d.- Para pasar a la siguiente opción de programación, pulsar "E".

NOTA:

- El valor máximo de primario programable es 10.000
- El secundario del transformador de corriente no es necesario programarlo: se toma automáticamente como 5 A (- / 5 A a.c.)

5.2.- Programación de las pantallas del Maxímetro.

En la pantalla del CVM-96-SP van apareciendo, mediante la tecla "E", sucesivamente:

1.- PARÁMETRO A CONTROLAR : ("Pd Code xx")

Ninguno	00
Potencia activa	KW
Potencia aparente	KVA
Valor de potencia integrado durante el período programado.	13

2.- PERIODO INTEGRACIÓN (de 1 a 60 minutos): ("Pd Per xx")

3.- BORRAR VALOR MÁXIMO GUARDADO EN MEMORIA ("CU Pd no") no ó YES (si)

Para la programación:

- Tecla "max": permite escoger las distintas opciones posibles.
- Tecla "min": permite validar el dígito que parpadea y avanzar al siguiente dígito (sólo para la opción "Pd Per xx").
- Para pasar a la siguiente opción, pulsar "E".

Si no se quiere cambiar nada, basta con pulsar la tecla "E" sin variar ningún valor.

5.3.- Programación página preferente

Esta opción permite seleccionar entre páginas fijas o relativas :

a.- **Página fija** (se pasa de una a otra pulsando la tecla ); se selecciona que página, de todas las posibles, aparecerá en primer lugar al dar la tecla al CVM-96-SP (a al efectuar un reset).

b.- **Páginas relativas** : se produce una rotación automática de las páginas (cada 5 segundos) pasa de una pantalla a la siguiente).

Estas opciones se identifican mediante la iluminación de los leds :



- Tecla 'max', permite modificar la página seleccionada. Se ilumina el led de la opción programada o se iluminan todos si es la opción de página relativa.

- Tecla  , permite validar la opción seleccionada.


5.4.- Puesta a cero de los contadores de energía.

Por display aparece 'CLR ENER no' (Borrar contadores energía).

- Tecla 'max', permite escoger Si (yes) puesta a cero ó NO.

- Tecla  permite validar la opción seleccionada y acceder al paso siguiente de programación.

Visualización : en la pantalla de las energías (KW.h, kWh, L ó kvarh.C) se visualiza por display de la siguiente forma:

	KW.h
[max]	MW.h
[min]	W.h

Ejemplo: Si el contador de energía acumulada es 32.534,810 KW.h, en los distintos displays se visualizará de la siguiente forma :

3	2	MW.h
2	534	KW.h
	810	W.h

	2534 KW.h
[max]	32 MW.h
[min]	810 W.h

Nota : el contador de energía cuenta hasta 999.999.999 W.h, es decir, se pone a cero de nuevo al llegar a 1 GW.h

5.5.- Programación THD ó D



Se puede programar dos tipos distintos de Distorsión armónica :

- d % : valor total de distorsión armónica referido al valor de la fundamental
- THd % : valor total de distorsión armónica referido al valor eficaz (RMS).

La opción programada es la que se visualizará.

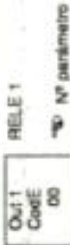
- a.- Para seleccionar una de las dos opciones basta con pulsar la tecla negra "max" y se irán alternando las dos opciones.
- b.- Cuando en los displays se tenga la opción deseada basta con pulsar la tecla "OK" para validar la opción seleccionada. Una vez terminada esta opción se graba en memoria todas las modificaciones realizadas y se sale automáticamente de la programación.

5.6.- Pantalla adicional con salidas de relé (2 relés)

Con estas salidas se puede programar el CVM-96-SP ...C2 para :

- A.- Impulso cada ciertos kW.h ó kvar.h (ENERGÍA). Se puede programar el valor que corresponde a la energía consumida para generar un pulso (de duración 0.5 seg.): kW.h / 1 pulso ó kvar.h / 1 pulso
- B.- Condiciones de ALARMA. se programa para cada salida de relé la variable a controlar, el valor máximo, valor mínimo y el "delay".

En la pantalla del CVM-96-SP aparece lo siguiente al llegar a esta opción del SET-Up :



En función de la variable escogida se pasará a los apartados a - ó b.-

- En el caso de no querer programar ninguna variable poner N° par = 00.

Parámetro	Símbolo	Código
Tensión	V	01
Corriente	A	02
Potencia activa	KW	03
Potencia reactiva	kvarh	04
Inductiva/ capacitiva	kvarC	
Factor de potencia	PF	05
Cos φ	Cos φ	06
Frecuencia	Hz	07

Parámetro	Símbolo	Código
% THD V	THD V	08
% THD A	THD A	09
Energía activa	kW.h	10
Energía reactiva inductiva	kvarh. L	11
Energía reactiva capacitiva	kvarh. C	12
Potencia Aparente	KVA	13
Máxima demanda	Max (Pd)	14

a.- Si se escoge un parámetro de ENERGÍA : kW.h, kvarh, L ó kvarh.C



(1) Valor de energía en kW.h : cuatro dígitos con coma flotante.

Para la programación:

- Tecla "max": permite modificar el valor del dígito que parpadea. Cada vez que es pulsado se incrementa el número existente.

- Tecla "min": permite validar el dígito que parpadea y avanzar al siguiente dígito.

NOTA: Al llegar al último dígito, con la tecla "max" se puede mover la posición "del punto" a lo largo del último display.

Ejemplo para programar 500 W.h / 1 pulso:

Se programa primero la cifra, 0600, y a continuación se sitúa con la tecla "max" el punto en la posición correcta → 0.500 kW.h.

- Al pulsar se aparece la programación del segundo relé.



Se procede igual que antes. Al pulsar de nuevo la tecla se aparece la programación.

b.- Condiciones de ALARMA (1 condición para cada relé): Si se escoge en (1) cualquier otra variable se pueden programar dos salidas como alarmas. Para cada salida se puede programar:

- 1) Cualquiera de las variables que mide el CVM
- 2) Valor MÁXIMO
- 3) Valor MÍNIMO
- 4) Duración de las condiciones (delay)

En la pantalla del CVM-96-SP aparecen sucesivamente las siguientes pantallas una vez programada la variable (para la programación de los distintos aparatos se procede igual que en el apartado a.-).

b.1.- Programación del valor máximo a controlar:



La tecla "max" incrementará el valor del dígito que está parpadeando en aquel momento (0,1...9, signo -). La tecla "min" permite pasar al siguiente dígito.

6.2 - Programación del valor mínimo a emitir:



6.3 - Programación del "Delay":



como modo de alarma, acción se puede elegir los parámetros de T=0

- Para pasar a la siguiente opción, pulsar **[F2]**; aparece la programación del segundo relé.



Se procede igual que antes. Al pulsar de nuevo la tecla **[F2]** se está en la programación.

6) ACTIVACIÓN ALARMAS: Las alarmas dependen de los valores programados de MÁXIMO Y MÍNIMO

MEN +	MAX - max > min	ON 0	OFF Min	ON Max
MEN +	MAX + max < min	OFF 0	ON Min	OFF Max
MEN =	MAX +	ON Min	OFF 0	ON Max
MEN +	MAX -	OFF Min	ON 0	OFF Max
MEN -	MAX - max > min	ON Min	OFF Max	ON 0
MEN -	MAX + max < min	OFF Min	ON 0	OFF Max

ON = alarma activada -----> relé cerrado
OFF = alarma desactivada -----> relé abierto

El valor programado de DELAY se aplica tanto a la conexión como a la desconexión al producirse las condiciones de alarma.

Las unidades con que se programan las distintas variables son las siguientes:

Variable	Formato	Ejemplo
Tensión	V	0220 = 220 V 220.5 = 220.5 V
Intensidad	A	0150 = 150 A
Potencias	kW, kvarL, kvarC	0.540 = 540 W 250.5 = 250.5 kW
Energías	kWh, kvarh.L, kvarh.C	0.500 kWh.h
Factor potencia	+ / - . x.xx	- 0.70
Frecuencia	xx.x	50.0 = 50 Hz

Conexiones salidas relés CVM-96-SP...C2 (2 relés) :

Out1	Bornes	Señal	Out2	Bornes	Señal
RELE 1	10 - 12	N.A.	RELE 2	11 - 12	N.A.

6.- CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Circuito de alimentación : ver características en parte posterior CVM-96-SP

- CVM-96-SP: Monofásica 230 V c.a.
- Tolerancia tensión: -15 % / +10 %
- Frecuencia: 50 - 60 Hz

Consumo 5 VA
Temperatura de trabajo -10° a 50 ° C

Circuito de medición :

- Tensión nominal 300 V c.a.
- Frecuencia 45 a 65 Hz
- Corriente nominal In / 5 A (entrada aislada tipo CVM-96-SP-ITF...)
- Sobrecarga permanente 1.2 In
- Consumo circuito corriente 0.75 VA

Clase Precisión:

- Tensión 0.5 % de la lectura ± 1 dígitos
- Corriente 0.5 % de la lectura ± 1 dígitos
- Potencias 1 % de la lectura ± 1 dígitos

Precisiones en las condiciones de medidas :

- Transformadores de corriente no incluidos y tensión directa.
- Temperatura de + 5 °C a + 45 °C
- Factor de potencia de 0.5 a 1
- Margen de medida fondo escala 5 ... 100 %

Características mecánicas :

- Conexión : Por rejilla enchufable
- Material caja : Plástico V0 autoextinguible
- Protección : Equipo montado (frontal) : IP 54
- Dimensiones : Equipo sin montar (laterales y tapa posterior) : IP 31
- Peso : 0.520 kg

Características relés salida : según modelo

- Potencia máxima de maniobra : 2500 VA
- Tensión máxima de maniobra : 400 V c.a.
- Intensidad máxima de maniobra : 10 A

- Vida mecánica : 3 x 10⁷ maniobras
- Pulso energía / alarmas : máx. 1 pulso / segundo

A plena carga:

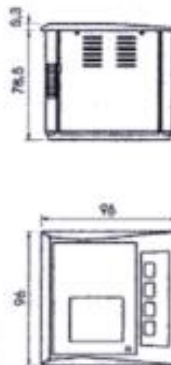
- Vida eléctrica (250 V c.a. / 10 A) : 1 x 10⁶ maniobras
- Frecuencia trabajo a plena carga : 450 opor. / hora

- Seguridad : Categoría III - 300 V c.a. - EN-61010

Protección al choque eléctrico por doble aislamiento clase II

Normas : IEC 664, VDE 0110, UL 94, IEC 801, IEC 348, IEC 571-1, EN 50061-1, EN 50080-1, EN-61010-1

Dimensiones:



7.- CONSIGNAS DE SEGURIDAD



Se deben de tener en cuenta las normas de instalación que se describen en los apartados anteriores de **INSTALACION Y PUESTA EN MARCHA, FORMAS DE INSTALACION Y CARACTERISTICAS TECNICAS** del equipo.

Con el equipo conectado, los bornes pueden ser peligrosos al tacto, y la apertura de cubiertas ó eliminación de elementos puede dar acceso a partes peligrosas al tacto. Este equipo se suministra en condiciones de buen funcionamiento.

8.- MANTENIMIENTO

El **CVM-96-SP** no precisa un mantenimiento especial. Es preciso evitar en la medida de lo posible todo ajuste, mantenimiento o reparación con el equipo abierto, y si es inevitable deberá efectuarse personal cualificado bien informado de la operación a seguir.

Antes de efectuar cualquier operación de modificación de las conexiones, reemplazamiento, mantenimiento o reparación, debe desconectarse el aparato de toda fuente de alimentación. Cuando se sospeche de un fallo de funcionamiento del equipo ó en la protección del mismo debe dejarse el equipo fuera de servicio, asegurándose contra cualquier conexión accidental. El diseño del equipo permite una sustitución rápida del mismo en caso de avería.

9.- SERVICIO TECNICO

En caso de cualquier duda de funcionamiento o avería del equipo avisar al servicio técnico de **CIRCUITOR S.A.**

CIRCUITOR S.A. - Servicio Técnico
 e / Apartado, 49
 08223 - TERRESASSA
 Tel - 89 745 29 00 & fax - 89 745 29 14
 E-mail : centax @ circuitor.es

16.- COMUNICACIONES CVM-96-SP ...



Uno o varios aparatos CVM-96-SP, pueden conectarse a un ordenador. Mediante esta estación puede imprimir, además del funcionamiento habitual de esta uno de ellos, la comunicación de datos en un solo punto. El CVM-96-SP, tiene una salida de comunicación- serie tipo RS-232C se conectar más de un aparato a una sola línea serie, se precisa asignar a cada uno de ellos un número o dirección (de 0' a 99) a fin de que el ordenador central envíe a cada dispositivo las consultas de datos.

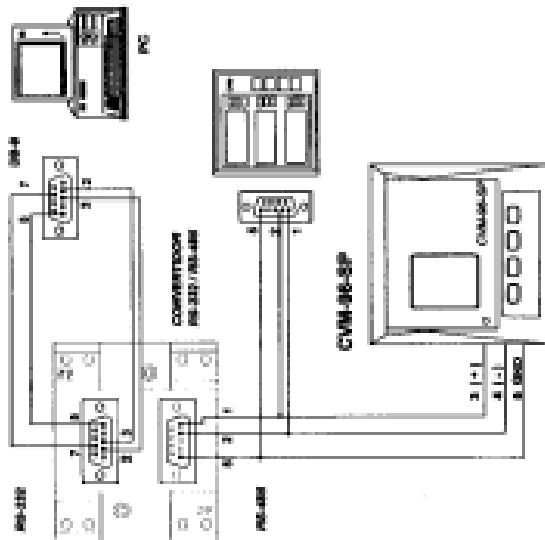
16.1.- A tener en cuenta :

- PROTOCOLO: MODBUS (Pregunta / Respuesta)
- CONFIGURACIÓN POR DEFECTO: CVM96 : 001 / 9.600 / 8 bits / N / 1 bit
- Velocidad mínima : 1.200 - 2.400 - 4.800 - 9.600 - 19.200 baudios
- Señal RS-485 :

SP Señal	Señal
1	TX +
4	TX -
5	GNL

- La conexión RS-485 se realice con cable de comunicación de par trenzado con multa de apantallamiento, de tres hilos mínimo, con una distancia mínima entre el CVM-96-SP y el último parámetro de 1.000 metros. El CVM-96-SP ofrece una línea de comunicación RS-485 en la que pueden conectarse hasta un máximo de 32 equipos en paralelo (sin multiplex) por cada CVM del ordenador utilizado.

16.2.- Conexión real RS-485 a un ordenador PC (RS-232C)



10.3.- Protocolo MODBUS

El analizador de redes tipo CVM-96-SP puede comunicarse utilizando protocolo MODBUS, que se describe a continuación.

Dentro del protocolo MODBUS se utiliza el modo RTU (Remote terminal Unit). Cada 8-bit byte en un mensaje contiene dos 4-bit caracteres hexadecimales.

El formato por cada byte en modo RTU es:

- * Código : 8-bit binario, hexadecimal 0-9, A-F
- 2 caracteres hexadecimales contenidos en cada campo de 8-bit del mensaje.
- * Bits por byte : 8 data bits
- * Campo CHECK-EERROR : tipo CRC (Cyclical Redundancy Check).

FUNCIONES MODBUS IMPLEMENTADAS EN EL CVM-96-SP:

- FUNCION 01** : Lectura del estado de los relés.
- FUNCION 03 y 04** : Lectura de n Words (16 bits- 2 bytes). Es la función que se utiliza para la lectura de los parámetros eléctricos que está midiendo el CVM-96-SP. Todos los parámetros eléctricos son largos de 32 bits es por ello que para pedir cada parámetro se necesitan dos Words (4 bytes - XX XX XX XX).

a.- Registros asignados a las distintas variables que mide el CVM-96-SP:

VARIABLE	Unidades	REGISTROS MODBUS HEXA-DECIMAL (temp)		
		Valor ACTUAL	Valor MÁXIMO	Valor MÍNIMO
Tensión	V x 10	00-01	00-61	C0-C1
Corriente	m.A	02-03	62-63	C2-C3
Potencia activa	Wattos	04-05	64-65	C4-C5
Potencia reactiva	var	06-07	66-67	C6-C7
Factor de potencia	P.F x 100	08-09	68-69	C8-C9
Capac	Capac x 1000	0A-0B	6A-6B	CA-CB
Inductancia	Ind x 10	0C-0D	6C-6D	CC-CD
9-THD V	% x 10	0E-0F	6E-6F	CE-CF
9-THD I	% x 10	10-11	70-71	D0-D1
Energía activa	W.h	12-13	72-73	D2-D3
Energía reactiva inductiva	var.h.L	14-15	74-75	D4-D5
Energía reactiva capacitiva	var.h.C	16-17	76-77	D6-D7
Potencia aparente	V.A	18-19	78-79	D8-D9
Máxima demanda	Md (Pd)	1A-1B	7A-7B	DA-DB

EXEMPLO

PREGUNTA

8A 04 00 00 00 8A 71 76

Número de centímetros, 10 en decimal

84 Función de lectura

80 06 Registro en el cual se desea comenzar la lectura

80 04 Número de registros a leer '10'

71 76 CRC

RESPUESTA

8A 14 00 00 00 4D 00 00 20 00 00 0F A0 00 02 00

80 06 00 00 00 0B 20

Número del centímetro que responde, 10 en decimal

Función de lectura - la cual se ha utilizado en la pregunta

Número de bytes recibidos (20)

Vx 10 (registro 00) con valor en decimal 2192,5 V

mA, en decimal 5000 mA

W, en decimal 4000 W

WxL, en decimal 144 WxL

PF x 100, en decimal 88

Cálculo CRC

3.- Lectura de los registros digitales (mód.) - Función 81 :

Pregunta : 07F0000080CRC (PF = 0º centímetro)

Respuesta : 07F0100000

señal X0 | byte hexadecimal | → seales a binario 0x7F0 | 05 | 04 | 00 | 00 | 01 | 00

bit 00 = read | 1 = ON ; 0 = OFF

bit 01 = read 2 | 1 = ON ; 0 = OFF

11.- APÉNDICE A: Regente SET-UP del CYM-96-SP

Se puede acceder a un registro (MDM) de SET-UP que permite configurar el CYM-96-SP con unas opciones distintas de la standard. Para acceder al mismo proceder de la siguiente forma:

- Sin alimentación en el CYM-96-SP, pulsar simultáneamente las teclas **SET**, **PROT** y **BUS**.
- Manteniendo pulsadas estas teclas, dar tensión al CYM-96-SP.

En la pantalla del CYM-96-SP aparece lo siguiente al entrar en esta opción del 2º menú SET-UP:

1.- PROTOCOLO COMUNICACIÓN : MODBUS

SET
PROT
BUS

Protocolo :

→ protocolo MODBUS RTU (BUS)

(*) ver APÉNDICE CORRESPONDIENTE .

- Tecla **SET** → permite validar la opción seleccionada, y pasar a la siguiente pantalla de la programación.

2.- Configuración parámetros comunicación

SET
Conf
NO

Configuración por defecto

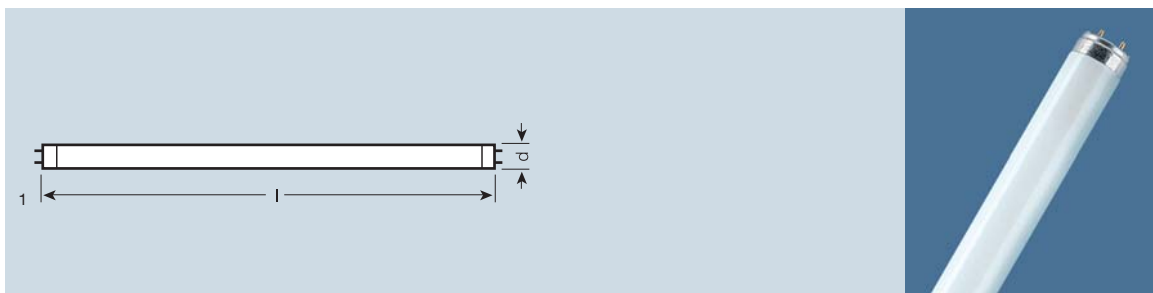
→ La tecla "no" permite elegir NO / YES (SI)

- Si se elige YES queda configurado como 00h / 0.000 / 8 bits / 1M / 1 bit

**Annex B.5 Catálogo General de Luz 2007
(Fragments)**

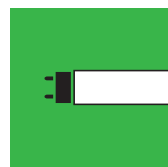


Lámparas fluorescentes tubulares, 26 mmØ LUMILUX® T8



Denominación del producto	Número del producto	W		Ra	Im ECC	TUBO d [mm]	l [mm]	No.		
LUMILUX® T8, casquillo G13										
L 10 W/827	4050300446165	10	LUMILUX Luz Día	80...89	650	26	470	1	25	
L 15 W/865	4050300446189	15	LUMILUX Luz Día Frío	80...89	900	26	438	1	25	
L 15 W/840	4050300446004	15	LUMILUX Blanco Frío	80...89	950	26	438	1	25	
L 15 W/830	4050300446028	15	LUMILUX B. Cálido	80...89	950	26	438	1	25	
L 15 W/827	4050300446042	15	LUMILUX INTERNA	80...89	950	26	438	1	25	
L 16 W/840	4050300446066	16	LUMILUX Blanco Frío	80...89	1250	26	720	1	25	
L 16 W/827	4050300446080	16	LUMILUX INTERNA	80...89	1250	26	720	1	25	
L 18 W/880	4008321027962	18	LUMILUX SKYWHITE	80...89	1300	26	590	1	25	
L 18 W/865	4050300517773	18	LUMILUX Luz Día Frío	80...89	1300	26	590	1	25	
L 18 W/840 ¹⁾	4050300517797	18	LUMILUX Blanco Frío	80...89	1350	26	590	1	25	
L 18 W/835	4050300447964	18	LUMILUX Blanco	80...89	1350	26	590	1	25	
L 18 W/830	4050300517810	18	LUMILUX B. Cálido	80...89	1350	26	590	1	25	
L 18 W/827 ¹⁾	4050300517834	18	LUMILUX INTERNA	80...89	1350	26	590	1	25	
L 23 W/840	4050300446240	23	LUMILUX Blanco Frío	80...89	1900	26	970	1	25	
L 23 W/830	4050300446264	23	LUMILUX B. Cálido	80...89	1900	26	970	1	25	
L 30 W/880	4008321027986	30	LUMILUX SKYWHITE	80...89	2350	26	895	1	25	
L 30 W/865	4050300518015	30	LUMILUX Luz Día Frío	80...89	2350	26	895	1	25	
L 30 W/840	4050300518039	30	LUMILUX Blanco Frío	80...89	2400	26	895	1	25	
L 30 W/830	4050300518053	30	LUMILUX B. Cálido	80...89	2400	26	895	1	25	
L 30 W/827	4050300518077	30	LUMILUX INTERNA	80...89	2400	26	895	1	25	
L 36 W/880	4008321002976	36	LUMILUX SKYWHITE	80...89	2900	26	1200	1	25	
L 36 W/865	4050300517858	36	LUMILUX Luz Día Frío	80...89	3250	26	1200	1	25	
L 36 W/840-1	4050300518091	36	LUMILUX Blanco Frío	80...89	3100	26	970	1	25	
L 36 W/840 ¹⁾	4050300517872	36	LUMILUX Blanco Frío	80...89	3350	26	1200	1	25	
L 36 W/835	4050300447988	36	LUMILUX Blanco	80...89	3350	26	1200	1	25	
L 36 W/830 ¹⁾	4050300517896	36	LUMILUX B. Cálido	80...89	3350	26	1200	1	25	
L 36 W/827-1	4050300518114	36	LUMILUX INTERNA	80...89	3100	26	970	1	25	
L 36 W/827 ¹⁾	4050300517919	36	LUMILUX INTERNA	80...89	3350	26	1200	1	25	
L 38 W/880	4008321072245	38	LUMILUX SKYWHITE	80...89	2950	26	1047	1	25	
L 38 W/840	4050300518138	38	LUMILUX Blanco Frío	80...89	3300	26	1047	1	25	
L 38 W/830	4050300518152	38	LUMILUX B. Cálido	80...89	3300	26	1047	1	25	
L 58 W/880	4008321002990	54	LUMILUX SKYWHITE	80...89	4900	26	1500	1	25	
L 58 W/865	4050300517933	58	LUMILUX Luz Día Frío	80...89	5000	26	1500	1	25	
L 58 W/840 ¹⁾	4050300517957	58	LUMILUX Blanco Frío	80...89	5200	26	1500	1	25	
L 58 W/835	4050300448008	58	LUMILUX Blanco	80...89	5200	26	1500	1	25	
L 58 W/830 ¹⁾	4050300517971	58	LUMILUX B. Cálido	80...89	5200	26	1500	1	25	
L 58 W/827 ¹⁾	4050300603049	58	LUMILUX INTERNA	80...89	5200	26	1500	1	25	

Equipos de Conexión Electrónicos QUICKTRONIC® ver capítulo 10

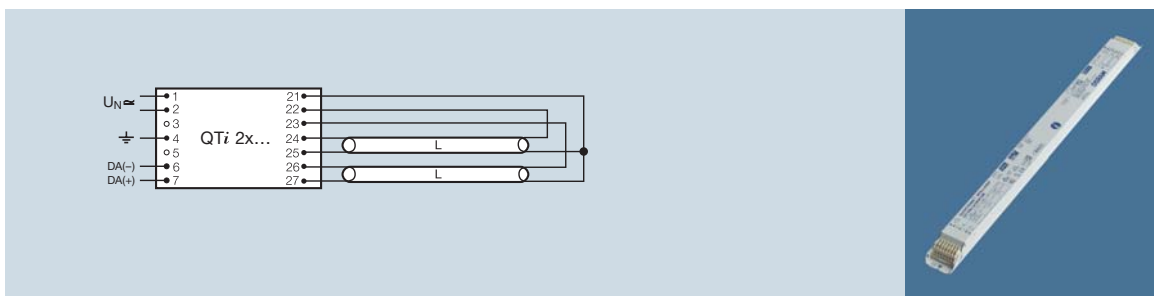


Lámparas fluorescentes en tonos de luz LUMILUX® y BASIC ahorran en comparación con las lámparas fluorescentes convencionales con 38 mm de diámetro, hasta un 10% más en energía. Han sido concebidas para el funcionamiento

con balasto convencional y cebador ECE QUICKTRONIC®. Si se utiliza cebador-balasto valen los mismos balastos que los utilizados para las fluorescentes convencionales y también los condensadores de compensación.

1) Para grandes consumidores están disponibles también en embalaje industrial. Contenido 30 unidades.

QUICKTRONIC® INTELLIGENT DIM con interfaz DALI para lámparas fluorescentes L (T8/Ø 26 mm)



Denominación del producto	Número del producto		V ¹⁾ mín.-máx.	V ⁶⁾ mín.-máx.	KHz ²⁾ ECE	A ³⁾				
QUICKTRONIC® INTELLIGENT DALI para lámparas L – versión dos lámparas										
QTi DALI 2x18/220-240 DIM	4050300870526	2xL 18	198...264	154...276	50...120	0,16				
		2xDL 18 ⁴⁾				0,16				
QTi DALI 2x36/220-240 DIM	4050300870885	2xL 36	198...264	154...276	50...120	0,31				
		2xDL 36 ⁴⁾				0,31				
QTi DALI 2x58/220-240 DIM	4050300870847	2xL 58	198...264	154...276	45...120	0,47				
Denominación del producto	λ	W ³⁾ SISTEMA	Im ³⁾	°C ⁵⁾ mín.-máx.	l [mm]	b [mm]	h [mm]			
QTi DALI 2x18/220-240 DIM	0,97	37	2x1350	-20...+50	423	30	21	415	20	370
	0,97	37	2x1200	+10...50						
QTi DALI 2x36/220-240 DIM	0,98	69	2x3350	-20...+50	423	30	21	415	20	370
	0,98	69	2x2900	+10...50						
QTi DALI 2x58/220-240 DIM	0,99	108	2x5200	-20...+50	423	30	21	415	20	370

Características generales:

- Tensión de alimentación: 220 a 240 V
- Frecuencia de red: 0, 50 a 60 Hz
- Pre calentamiento regulado de forma digital
 - Encendido de la lámpara en un tiempo de 0,6 s
 - Pre calentamiento óptimo en cualquier posición de regulación.
 - Cut Off por encima del 80 % de flujo luminoso.
- Margen de regulación 1...100 %
- Desconexión automática de lámparas defectuosas o agotadas.
- Reencendido automático después de reemplazar la lámpara.
- Índice de Eficiencia Energética EEI = A1

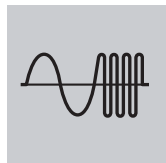
- Símbolos de homologación:
- Seguridad según EN 61347-2-3
- Funcionamiento de la lámpara según EN 60929
- Supresión de radiointerferencias: según EN 55015, EN 55022
- Contenido de armónicos: según EN 61000-3-2
- Inmunidad: según EN 61547

Características de DALI:

- Control mediante interfaz DALI.
- La terminal de la señal de control DALI está protegida frente a sobretensiones y cambios de polaridad en todos los ECE DALI.
- Función⁷⁾ **Touch DIM®** y **Touch DIM® Sensor**.

1) Tensión de red senoidal.
2) Depende de la lámpara que se utiliza.
3) Con 100% de flujo luminoso
4) Para lámparas DL y DF

5) Temperatura del sistema (lámpara y ECE) sin limitación del margen de regulación. Temperatura del sistema sin regular -20 °C...+50 °C para lámparas T5 y -25 °C...+50 °C para lámparas T8
6) Encendido de la lámpara sólo con una tensión por encima de los 198 V
7) **Touch DIM®** y **Touch DIM® Sensor** es una función adicional de OSRAM QTi DALI ... DIM ECE y no forma parte del estándar.



Multi 3 – Sistema de control de la iluminación para despachos individuales y oficinas abiertas–

El sistema de control de la iluminación MULTI 3 se ha desarrollado para la regulación y el control de la luz en oficinas. Los sensores miden la cantidad de luz en la oficina y detectan la presencia de personas. El nivel de iluminación en los puestos de trabajo se mantiene constante a un nivel de referencia ajustado por el usuario suministrando la cantidad de iluminación artificial necesaria en función de la cantidad de luz natural disponible. En el caso de que haya una cantidad de luz diurna suficiente o en el caso de que no haya personas en el puesto de trabajo la unidad de control desconecta la luminaria. Una buena iluminación en el puesto de trabajo hace que el ambiente de trabajo sea mucho más confortable. En comparación con la iluminación convencional de oficinas se puede obtener un ahorro energético del 70%.



El sistema Multi 3 se compone de dos equipos por separado –una unidad de control con interfaz digital DALI o con interfaz de 1...10V; y de un cabezal-sensor miniaturizado especialmente adecuado para el montaje en luminarias pendulares, luminarias empotrables y de superficie, bandas luminosas y luminarias de pie.

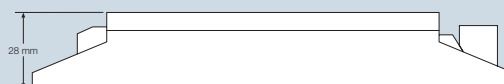
Si se desea, además de la regulación automática, el sistema Multi 3 permite el control manual (apagado/encendido/regulación) de la iluminación a través de un pulsador conectado a la unidad de control. Variante 1...10 V ver también pág. 10.81

Características del sistema

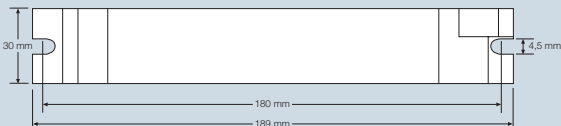
Características del sistema

Interfaz	DALI (unidad de control DALI MULTI 3) 1...10 V (unidad de control DIM MULTI 3)
Montaje	Montaje en luminarias SK I y SK II
Control manual	Encendido / Apagado Regular 1 – 100 % Desactivación del encendido automático
Control automático (se pueden conectar y desconectar de forma individual)	Regulación constante dependiendo de la luz diurna Encendido automático por detección de presencia Desconexión automática con 15 min. de retardo por no detección de presencia
Cantidad máx. ECE	DALI MULTI 3: 15 uds. DIM MULTI 3: 30 uds. ¹⁾
Apertura necesaria para el montaje de sensores	Sensores estándar y sensor plano: Ø 20 mm Sensor esférico móvil: Ø 23 mm
Cantidad máx. sensores	4

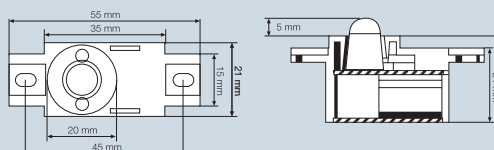
Unidad de control DALI MULTI 3



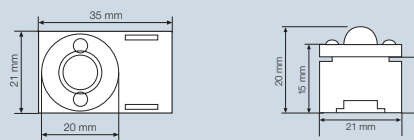
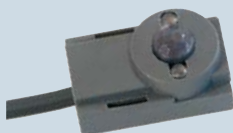
Unidad de control 1...10 V DIM MULTI 3¹⁾



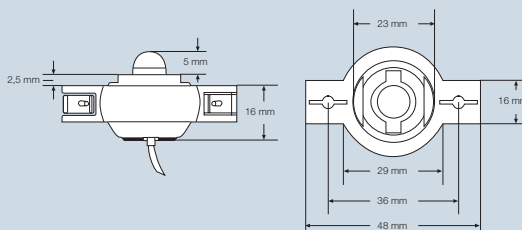
Sensor de luz natural y de presencia estándar LS/PD MULTI 3



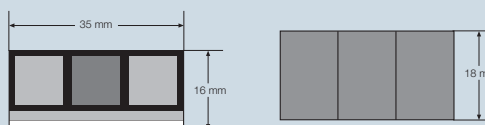
Sensor de luz natural y de presencia plano LS/PD MULTI 3 FL




Sensor de luz natural y de presencia plano LS/PD MULTI 3 B

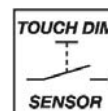


Conector de varias salidas Y-CONNECTOR



Tipo	Denominación para pedido	Número de producto	Dimensiones en mm	
Datos para pedido MULTI 3				
Unidad de control DALI	DALI MULTI 3	4050300802084	189 x 30 x 28	25
Sensor estándar de luz natural y presencia	LS/PD MULTI 3	4050300802138	55 x 21 x 29	25
Sensor de luz natural y de presencia plano	LS/PD MULTI 3 FL	4008321047342	35 x 21 x 20	25
Sensor móvil de luz natural y de presencia	LS/PD MULTI 3 B	4050300803081	48 x 29 x 24	25
Elemento de varias salidas	Y-CONNECTOR	4050300803135	35 x 18 x 16	25

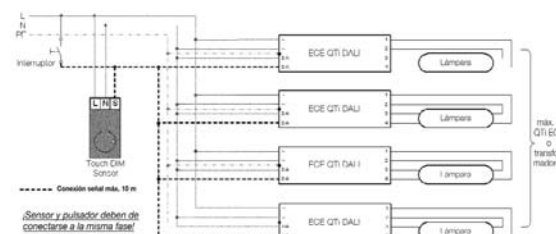
El sensor **Touch DIM®** – Regulación de la luz sin unidad de control (externa)



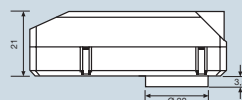
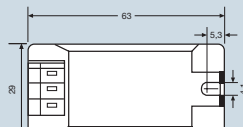
La función **Touch DIM®** del microprocesador de control de la nueva serie de ECE QTi DALI...DIM ofrece ahora también la posibilidad de integrar la función de un sensor –sin la necesidad de una unidad de control externa al sensor. Así, en unión con el nuevo sensor **Touch DIM®** es posible la regulación automática de la luz en función de la luz natural y de la detección de presencia. La conexión de un sensor **Touch DIM®** es automáticamente detectada por el ECE. Todas las funciones **Touch DIM®** pueden hacerse funcionar mediante un pulsador estándar para tensión de red. Para el fabricante de luminarias significa menos componentes, menos problemas de espacio dentro de la luminaria y por último un menor esfuerzo en el cableado. El ya conocido y sencillo control **Touch DIM®** se ha mantenido consecuentemente. El **Touch DIM® Sensor** ofrece en unión

con la inteligente familia de ECE QTi DALI soluciones a medida para una iluminación a voluntad y económica en puestos de trabajo individuales y de grupo.

Esquema de cableado del Sensor **Touch DIM®**:

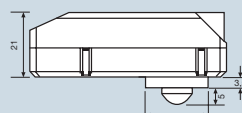
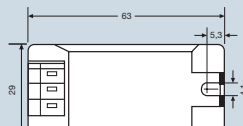


Aviso: Los ECE pueden estar conectados a diferentes fases de red, el pulsador y el sensor deben de estar conectados a la misma fase.



Tipo de equipo: Sensor de luz
Denominación del equipo: **Touch DIM® LS LI**
• Tensión de funcionamiento: 220 – 240 V/50-60 Hz
• Conexiones: L, N, S (Señal) se pueden conectar máx. 4 ECE QTi DALI o 4 transformadores HTi
• Long. máx. del conductor de señal: 10 m
• Potencia: aprox. 0,5 W

- Temp. de funcionamiento: 0 °C hasta +50 °C
- Valor luminoso detectable: 10 – 300 Lux medidos en el sensor, es decir aprox. 10 – 1200 Lux sobre la superficie de trabajo
- Dimensiones: 63 x 29 x 21 mm (Long. x Anch. x Alt.)
- Clase de Protección: II



Tipo de equipo: Sensor de luz y movimiento
Denominación del equipo: **Touch DIM® LS/PD LI**
• Tensión de funcionamiento: 220 – 240 V/50-60 Hz
• Conexiones: L, N, S (Señal) se pueden conectar máx. 4 ECE QTi DALI o 4 transformadores HTi
• Long. máx. del conductor de señal: 10 m
• Potencia: aprox. 0,5 W
• Temp. de funcionamiento: 0 °C hasta +50 °C

- Valor luminoso detectable: Aprox. 0 – 300 Lux medidos en el sensor, es decir aprox. 10 – 1200 Lux sobre la superficie de trabajo
- Área de Cobertura: Conforme aprox. 80...100° de apertura angular
- Tiempo de retardo: 15 min.
- Dimensiones: 63 x 29 x 21 mm (Long. x Anch. x Alt.)
- Clase de Protección: II

Tipo	Denominación para pedido	Número de producto	Dimensiones en mm	
Datos para pedido Touch DIM®				
Sensor de luz	Touch DIM LS LI	4008321023087	63 x 29 x 21	25
Sensor de luz y movimiento	Touch DIM LS/PD LI	4008321023025	63 x 29 x 21	25

Annex B.6 Cablejat

Exigido en la ITC - BT 20, 26, 27, 29, 30, 41.

Descripción

Aplicaciones

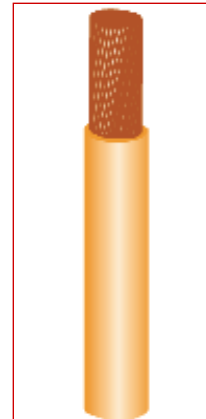
Los hilos de instalación CBL® (H05V-K) están destinados al equipamiento de instalaciones domésticas, viviendas, oficinas, etc.

Instalación

Al aire libre, sobre soportes aislantes, bajo molduras, tubos, fundas, etc. en locales secos. Gracias a las propiedades deslizantes de su aislamiento, los hilos CBL® (H05V-K) están concebidos para facilitar su instalación y tendido.

Marcaje

Nexans - USE <HAR> - H05V-K - N° de fábrica



Consulte con nuestro departamento comercial para diferentes secciones o colores de cubierta.

Estándares

Internacional UNE-EN 50265-2-1; UNE-EN 50265-2-1; UNE-EN 50265-2-1; UNE-EN 50267; UNE-EN 50267; UNE-EN 50267

Nacional UNE 21022; UNE 21022; UNE 21031-3; UNE 21031-3



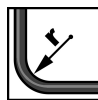
Libre de plomo
Sí



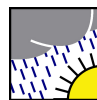
Flexibilidad del cable
Flexible



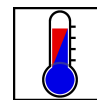
Resistencia mecánica a impactos
Baja



Radio de curvatura mínimo en operación estática
8,4 mm



Resistencia a la intemperie
Buena



Temperatura ambiente de utilización (rango)
-5 .. 60 °C



No propagador del incendio
UNE-EN 50266



No propagación de la llama
UNE-EN 50265-2-1

Características

Características de construcción	
Flexibilidad del conductor	Flexible, Clase 5
Aislamiento	PVC
Material del conductor	Cobre desnudo
Libre de plomo	Sí
Características dimensionales	
Peso aproximado	14 kg/km
Sección del conductor	1 mm ²
Número de conductores	1
Diámetro exterior	3 mm
Características eléctricas	
Intensidad admisible (3 conductores)	8,5 A
Tensión nominal de servicio U ₀ /U	300 / 500 V
Intensidad admisible bajo tubo	10 A
Características mecánicas	
Flexibilidad del cable	Flexible
Resistencia mecánica a impactos	Baja
Características de uso	
Temperatura máxima del conductor en c	160 °C
Embalaje	Rollos
Radio de curvatura mínimo en operación	8,4 mm
Resistencia a la intemperie	Buena
Temperatura ambiente de utilización (ran	-5 .. 60 °C
No propagador del incendio	UNE-EN 50266
No propagación de la llama	UNE-EN 50265-2-1
Resistencia a aceites	Sí
Temperatura máxima del conductor	70 °C
Resistencia química	Accidental
Longitud	200 m
Estanqueidad	Accidental
Radio de curvatura tendido en operación	16,8 mm

Lista de Productos

Ref. Nexans	Nombre	Color de cubierta
10059828	CBL® (H05V-K), 1G1 mm ² , amarillo/verde	Amarillo / verde
10059833	CBL® (H05V-K), 1x1 mm ² , azul	Azul
10059841	CBL® (H05V-K), 1x1 mm ² , gris	Gris
10059835	CBL® (H05V-K), 1x1 mm ² , marrón	Marrón
10059831	CBL® (H05V-K), 1x1 mm ² , negro	Negro
10059837	CBL® (H05V-K), 1x1 mm ² , rojo	Rojo

EUROFLAM N

Tensión nominal: **300/500 V**

Norma básica: **UNE 21031-5**

Designación genérica: **H05VV-F
ES05VV-F**

CARACTERÍSTICAS CABLE



Cable flexible



No propagación de la llama
UNE EN 50265-2-1



Reducida emisión de halógenos
UNE EN 50267-2-1



Resistencia a la absorción de agua



Resistencia a los agentes químicos



Resistencia a las grasas y aceites

- Norma constructiva: UNE 21031-5.
- Temperatura de servicio (instalación fija): -25 °C, +70 °C. (Cable termoplástico).
- Tensión nominal de servicio: 300/500 V.
- Ensayo de tensión en c.a. durante 5 minutos: 2000 V.

Ensayos de fuego:

- No propagación de la llama: UNE EN 50265-2-1.
- Reducida emisión de halógenos: UNE EN 50267-2-1; Emisión CIH < 20%.

DESCRIPCIÓN

CONDUCTOR

Metal: Cobre electrolítico recocido.

Flexibilidad: Flexible, clase 5; según UNE 21022.

Temperatura máxima en el conductor: 70 °C en servicio permanente, 160 °C en cortocircuito.

AISLAMIENTO

Material: Mezcla de policloruro de vinilo (PVC), tipo T12.

Colores: Coloración según UNE 21089-1

- 2 cond.: azul y marrón.
- 3 cond.: amarillo/verde, azul, marrón.
- 4 cond.: amarillo/verde, gris, marrón y negro.
- 5 cond.: amarillo/verde, azul, gris, marrón y negro.
- Más de 5 cond.: 1 cond. amarillo/verde, el resto negros con numeración.

CUBIERTA

Material: Mezcla de policloruro de vinilo (PVC), tipo TM2.

Color: Negro.



APLICACIONES

- En locales domésticos, cocinas, oficinas para la alimentación de aparatos domésticos, inclusive los que estén en locales húmedos.
- Para esfuerzos mecánicos pequeños, los cablecillos del tipo H03VV-F (aparatos portátiles ligeros).
- Para esfuerzos mecánicos medios, los del tipo H05VV-F (lavadoras, refrigeradores, microondas, etc.).
- Inadecuado para su utilización a la intemperie o en talleres o locales no domésticos (Ver Flextreme).
 - Provisionales y temporales de obras (sólo interiores) (ITC-BT 33).
 - Alimentación de aparatos domésticos (lavadoras, frigoríficos,...) (ITC-BT 43).
 - Instalaciones en muebles (ITC-BT 49).
 - Prolongadores y alargos de interior para uso doméstico (UNE 21176).

EUROFLAM N

Tensión nominal:

300/500 V

Norma básica:

UNE 21031-5

Designación genérica:

**H05VV-F
ES05VV-F**

CABLES DISPONIBLES EN STOCK*

SECCIONES DISPONIBLES EN STOCK

Secciones				
2 x 1	4 G 1	6 G 1	12 G 1	19 G 1
3 G 1	5 G 1	8 G 1	16 G 1	24 G 1

* Sujeto a modificaciones. (Consultar tarifa vigente).

Nota: La "G", en lugar del signo "x", indica que incluye conductor de protección amarillo/verde.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

DIMENSIONES, PESOS Y RESISTENCIAS (aproximados)

Sección nominal mm ²	Díámetro exterior mm	Peso total kg/km	Resistencia del conductor a 20 °C Ω/km
2 G 1	6,6	68	19,5
3 G 1	7	80	19,5
4 G 1	7,8	97	19,5
5 G 1	8,5	127	19,5
6 G 1	9,5	139	19,5
8 G 1	10,6	182	19,5
12 G 1	12,8	252	19,5
16 G 1	14,6	335	19,5
19 G 1	15,3	383	19,5
24 G 1	18,2	490	19,5

CÁLCULOS

INTENSIDADES ADMISIBLES PARA SERVICIOS NO FIJOS

Sección del conductor (mm ²)	Intensidad máxima (A)	
	Dos conductores cargados	Tres conductores cargados
0,5	2,46	2,46
0,75	4,92	4,92
1	8,20	8,20
1,5	13,12	13,12
2,5	20,50	16,40
4	26,24	20,50

1 – Temperatura ambiente 40 °C.

2 – Cable totalmente extendido.

3 – Para longitudes largas comprobar caída de tensión en apartado E, pág. 35.

Intensidades máximas admisibles: Ver apartado A.) en página 17 para instalaciones fijas.

Caídas de tensión: Ver tabla E.3 en página 38.

Intensidades de cortocircuito máximas admisibles: Ver tabla F.1 en página 39.

RETENAX FLEX

Tensión nominal: **0,6/1 kV**Norma básica: **UNE 21123-2**Designación genérica: **RV-K**

CARACTERÍSTICAS CABLE



Cable flexible

No propagación de la llama
UNE EN 50265-2-1Reducida emisión de halógenos
UNE EN 50267-2-1

Resistencia a la absorción de agua



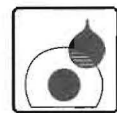
Resistencia al frío



Resistencia a los rayos ultravioleta



Resistencia a los agentes químicos



Resistencia a las grasas y aceites

- Norma constructiva: UNE 21123-2.
- Temperatura de servicio (instalación fija): -25 °C, +90 °C. (Cable termoestable).
- Tensión nominal de servicio: 0,6/1 kV.
- Ensayo de tensión en c.a. durante 5 minutos: 3500 V.

Ensayos de fuego:

- No propagación de la llama: UNE EN 50265-2-1 ; IEC 60332-1 ; NFC 32070-C2.
- Reducida emisión de halógenos: UNE EN 50267-2-1; IEC 60754-1; Emisión CIH < 14%.

DESCRIPCIÓN

CONDUCTOR

Metal: Cobre electrolítico recocido.

Flexibilidad: Flexible, clase 5 según UNE 21022.

Temperatura máxima en el conductor: 90 °C en servicio permanente, 250 °C en cortocircuito.

AISLAMIENTO

Material: Mezcla de polietileno reticulado (XLPE), tipo DIX3 según HD 603-1.

Colores: Amarillo/verde, azul, gris, marrón y negro; según UNE 21089-1.
(Ver tabla de colores según número de conductores).

CUBIERTA

Material: Mezcla de policloruro de vinilo (PVC), tipo DMV-18 según HD 603-1.

Colores: Negro, con franja en color identificativa de la sección y que permite escribir sobre la misma para identificar circuitos (ver colores en página siguiente).
Blanco, suministrado en cajas en las secciones: 2x1.5, 2x2.5, 3G1.5, 3G2.5.



APLICACIONES

- Para redes de distribución, acometidas, instalaciones subterráneas de alumbrado exterior e instalaciones en las que se requiere una mayor facilidad de manipulación.
 - Redes subterráneas de distribución e instalaciones subterráneas (ITC-BT 07).
 - Redes subterráneas de alumbrado exterior (ITC-BT 09).
 - Instalaciones interiores o receptoras (ITC-BT 20); salvo obligación de Afumex (AS) (ver ITC-BT 28 y R.D. 2267 / 2004).

Los cables RV-K no están permitidos en instalaciones provisionales en general (obras, ferias, stands... ITC-BT 33, 34 ...) ni para servicios móviles, ni prolongadores (ver Flextreme).

RETENAX FLEX 
Tensión nominal: **0,6/1 kV**Norma básica: **UNE 21123-2**Designación genérica: **RV-K****CÓDIGO DE COLORES DE FRANJAS IRISTECH DE LA CUBIERTA**

Sección	Color	Sección	Color	Sección	Color
1,5	Rojo	6	Gris	25	Amarillo
2,5	Azul	10	Naranja	35	Verde
4	Marrón	16	Azul claro	>35	Blanco

CABLES DISPONIBLES EN STOCK***SECCIONES DISPONIBLES EN STOCK**

1 conductor (NE)			
1 x 2,5	1 x 4	1 x 6	1 x 10
1 x 16	1 x 25	1 x 35	1 x 50
1 x 70	1 x 95	1 x 120	1 x 150
1 x 185	1 x 240	1 x 300	-
2 conductores (AZ-MA)			
2 x 1,5	2 x 2,5	2 x 4	2 x 6
2 x 10	2 x 16	-	-
3 conductores (AV-AZ-MA)			
3 G 1,5	3 G 2,5	3 G 4	3 G 6
3 G 10	3 G 16	-	-

4 conductores (AZ-GR-MA-NE)			
**4 G 1,5	**4 G 2,5	**4 G 4	**4 G 6
4 x 6	**4 G 10	4 x 10	**4 G 16
4 x 16	4 x 25	4 x 35	4 x 50
5 conductores (AV-AZ-GR-MA-NE)			
5 G 1,5	5 G 2,5	5 G 4	5 G 6
5 G 10	5 G 16	5 G 25	5 G 35

* Sujeto a modificaciones. (Consulta tarifa vigente).

**AV-GR-MA-NE

Código de colores: AV-Amarillo/Verde ; AZ-Azul ; GR-Gris ; MA-Marrón ; NE-Negro.

Nota: La "G", en lugar del signo "x", indica que incluye conductor de protección amarillo/verde.

RETENAX FLEX 

Tensión nominal:

0,6/1 kV

Norma básica:

UNE 21123-2

Designación genérica:

RV-K

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

DIMENSIONES, PESOS Y RESISTENCIAS (aproximados)

Sección nominal mm ²	Espesor de aislamiento mm	Diámetro exterior mm	Peso total kg/km	Resistencia del conductor a 20 °C Ω/km
1 x 1.5	0.7	5.7	42	13.3
1 x 2.5	0.7	6.2	54	7.98
1 x 4	0.7	6.6	70	4.95
1 x 6	0.7	7.2	91	3.3
1 x 10	0.7	8.3	135	1.91
1 x 16	0.7	9.4	191	1.21
1 x 25	0.9	11	280	0.78
1 x 35	0.9	12.5	389	0.554
1 x 50	1	14.2	537	0.386
1 x 70	1.1	15.8	726	0.272
1 x 95	1.1	17.9	958	0.206
1 x 120	1.2	18.9	1170	0.161
1 x 150	1.4	21.2	1460	0.129
1 x 185	1.6	23.8	1830	0.106
1 x 240	1.7	26.7	2310	0.0801
1 x 300	1.8	29.3	3100	0.0641
-				
2 x 1.5	0.7	8.7	95	13.3
2 x 2.5	0.7	9.6	125	7.98
2 x 4	0.7	10.5	165	4.95
2 x 6	0.7	11.7	215	3.3
2 x 10	0.7	13.9	330	1.91
2 x 16	0.7	16.9	503	1.21
2 x 25	0.9	20.6	775	0.78
2 x 35	0.9	23.6	1060	0.554
2 x 50	1	27	1470	0.386
-				
3 x 1.5	0.7	9.2	110	13.3
3 x 2.5	0.7	10.1	150	7.98
3 x 4	0.7	11.1	200	4.95
3 x 6	0.7	12.3	270	3.3
3 x 10	0.7	14.7	415	1.91
3 x 16	0.7	18	639	1.21
3 x 25	0.9	21.4	946	0.78
3 x 35	0.9	25.1	1355	0.554
3 x 50	1	28.8	1900	0.386
3 x 70	1.1	32.3	2550	0.272

RETENAX FLEX 
Tensión nominal: **0,6/1 kV**Norma básica: **UNE 21123-2**Designación genérica: **RV-K****DIMENSIONES, PESOS Y RESISTENCIAS (aproximados) - continuación**

Sección nominal mm ²	Espesor de aislamiento mm	Diámetro exterior mm	Peso total kg/km	Resistencia del conductor a 20 °C Ω/km
3 x 95	1,1	35,9	3290	0,206
3 x 120	1,2	39,2	4060	0,161
3 x 150	1,4	44,2	5070	0,129
3 x 185	1,6	50,3	6400	0,106
3 x 240	1,7	56,7	8200	0,0801
3 x 300	1,8	62,2	10450	0,0641
4 x 1,5	0,7	9,9	135	13,3
4 x 2,5	0,7	11	180	7,98
4 x 4	0,7	12,1	245	4,95
4 x 6	0,7	13,5	330	3,3
4 x 10	0,7	16,2	520	1,91
4 x 16	0,7	19,9	796	1,21
4 x 25	0,9	24	1240	0,78
4 x 35	0,9	27,7	1700	0,554
4 x 50	1	32,2	2430	0,386
4 x 70	1,1	35,8	3260	0,272
4 x 95	1,1	39,8	4210	0,206
4 x 120	1,2	43,7	5178	0,161
4 x 150	1,4	49,5	6476	0,129
4 x 185	1,6	56,1	8778	0,106
4 x 240	1,7	63,2	10526	0,0801
5 x 1,5	0,7	10,8	160	13,3
5 x 2,5	0,7	12	215	7,98
5 x 4	0,7	13,2	300	4,95
5 x 6	0,7	14,8	400	3,3
5 x 10	0,7	17,7	630	1,91
5 x 16	0,7	21,8	976	1,21
5 x 25	0,9	26,2	1460	0,78
5 x 35	0,9	30,6	2070	0,54

CÁLCULOS

Intensidades máximas admisibles: Ver apartado A.) en página 17 para instalaciones interiores o receptoras. Para redes de distribución subterráneas ver apartado C.) en página 28.

Caídas de tensión: Ver tabla E.2 en página 37.

Intensidades de cortocircuito máximas admisibles: Ver tabla F.2 en página 40.

Annex B.7 Glossari tècnic

Magnituds luminotècniques:

- Color de la llum: es determina per la temperatura de color i es defineixen tres grups.

Blanc càlid < 3300 K (càlida)

Blanc 3300 – 5300 K (intermitja)

Llum de dia > 5300 K (freda)

Dues fonts de llum poden tenir la mateixa T_c però degut a la seva composició espectral poden tenir propietats de reproducció dels colors molt diferents.

- Corba isolux: lloc geomètric dels punts d'una superfície on el valor de la il·luminància és idèntic.
- Cromaticitat: propietat d'un estímul de color definida per les seves coordenades de cromaticitat, o per la seva longitud d'ona dominant o complementària i puresa preses juntes.
- Diagrama polar: representa la distribució angular de la llum en diferents plans de visió.

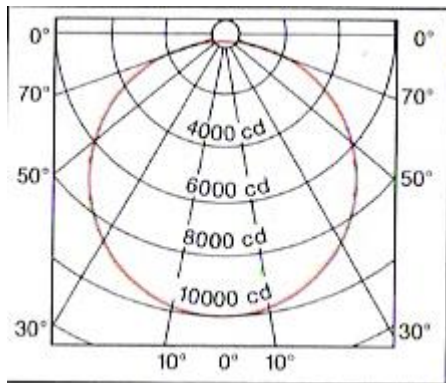


Figura 1: diagrama polar que donen els fabricants per saber com es distribueix la intensitat lluminosa en l'entorn del focus. "Càtalogo General de Luz 2007" de OSRAM.

- Distribució espacial de la intensitat lluminosa d'una font: representació, mitjançant corbes i taules del valor de la intensitat lluminosa de la font en funció de les seves direccions a l'espai.
- Distribució espectral: per l'estudi i ús de la llum és necessari conèixer la corba de distribució espectral relativa de les diferents radiacions que la componen. Depenent de quina sigui variarà la reproducció del color i certs colors es veuran més o menys potenciats.
- Eficàcia lluminosa d'una font: quocient entre el flux emès en lm i la potència consumida per la font en W. Les unitats són lm/W.
- Flux lluminós: tota la radiació emesa per una font de llum en totes les direccions i percebuda per l'ull humà. La seva unitat és el lumen (lm) i equival a la

potència lluminosa útil d'una font determinada. 1 watt-llum a 555 nm és equivalent a 683 lm. El seu símbol és Φ .

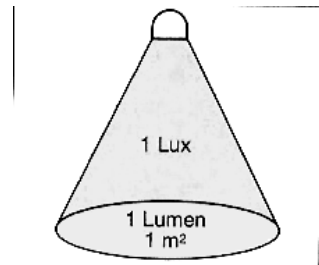
$$\Phi = K_m \int \left(\frac{d\phi_e(\lambda)}{d\lambda} \right) V(\lambda) d\lambda$$

On:

$\frac{d\phi_e(\lambda)}{d\lambda}$ és la distribució espectral del flux radiant

$V(\lambda)$ és l'eficiència lluminosa espectral

- Flux lluminós nominal: valor del flux inicial d'un tipus de làmpada donat pel fabricant o venedor responsable en lúmens, quan es fa funcionar sota unes condicions especificades. S'entén que aquest flux lluminós inicial és després d'un curt període de funcionament que s'especifica a la norma pertinent.
- Fotometria: mesura de magnituds relacionades amb radiació quan es valora segons una funció d'eficiència lluminosa relativa espectral donada.
- Il·luminància o nivell d'il·luminació: flux lluminós incident en una superfície determinada. La seva unitat és el lux (lx) i es representa per E. La il·luminància és d'1 lx si el flux lluminós d'1 lm es distribueix sobre una superfície d'1 m².



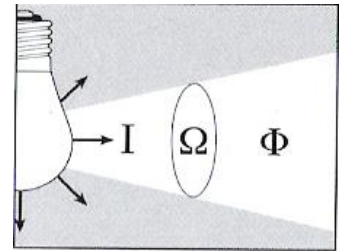
Es pot dir que $E = \Phi / A_{il\text{-}luminada}$

$$E = \frac{d\phi}{dA} = \int_{2\pi\Omega} L \cos\theta d\Omega$$

Figura 2: representació de la il·luminància extreta del "Catálogo General de Luz 2007" de OSRAM.

- Il·luminància mitja: (\bar{E}) il·luminància promig sobre de la superfície especificada.
- Il·luminància mantinguda: (\bar{E}_m) valor per sota del qual no ha de baixar la il·luminància mitja.
- Il·luminància inicial: il·luminància mitja quan la instal·lació és nova.

- Intensitat lluminosa: flux emès per unitat d'angle sòlid en una direcció determinada, és a dir, com es pogués destriar cada part del flux lluminós en cada diferent direcció. La seva unitat és la candela (cd) i es representa per I.



si

$$I = \Phi / \Omega$$

$$I = \frac{d\phi}{d\Omega}$$

Figura 3: representació de la intensitat lluminosa extreta del "Catálogo General de Luz 2007" de OSRAM.

- Luminància, lluïssor o esplendor: sensació de claredat que produeix una superfície concreta. És la mesura física de la sensació de la brillantor. Dit més tècnicament; intensitat lluminosa de la llum emesa o reflexada en una direcció donada d'un element d'una superfície dividida per l'àrea d'aquest element projectada en la mateixa direcció. La seva unitat és la candela dividida per metre quadrat equivalent al nit ($\text{cd}/\text{m}^2 = \text{nt}$). Si en comptes de dividir per metre quadrat es divideix per centímetre quadrat la unitat rep el nom d'stilb (sb). Cal destacar que l'ull humà veu luminàncies, no il·luminàncies.

$$L = I / A_{\text{visible}}$$

$$L = \frac{d\phi}{dA \cos\theta}$$

$d\phi$ és el flux lluminós transmès per un feix elemental que passa per un punt donat i es propaga a l'angle sòlid que conté la direcció donada

dA és l'àrea d'una secció d'aquest feix que conté el punt donat

$d\Omega$ és l'angle entre la normal d'aquesta secció i la direcció del feix

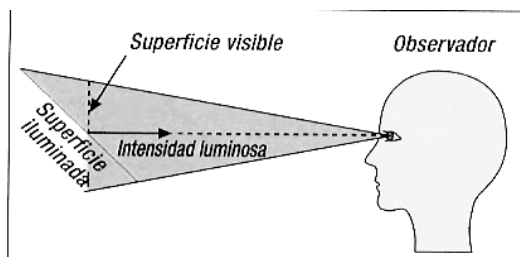


Figura 4: representació de la luminància extreta del "Catálogo General de Luz 2007" de OSRAM.

- Luminància mitja: (\bar{L}) luminància promig d'una superfície o un angle sòlid especificat.
- Luminància mantinguda: (\bar{L}_m) valor per sota del qual no ha de decaure el valor de la luminància.
- Luminància inicial: és la luminància quan la instal·lació és nova.
- Reflectància: quocient entre el flux reflectit per una superfície i el rebut.

$$\eta = \Phi_{\text{reflexat}} / \Phi_{\text{rebut}}$$
- Rendiment del color: efecte d'una font de llum en l'aparença cromàtica d'un objecte comparada amb l'aparença al ser il·luminat amb una font de llum patró. És l'habilitat d'una font de llum per reproduir un color relativament al mateix color il·luminat per una font de llum patró. Es determina amb l'índex de reproducció cromàtica, que diu el grau amb el qual els colors d'objectes il·luminats amb una determinada font lluminosa concorden amb els d'una font patró. S'abreua IRC o Ra i quan més alt és millor. La determinació de les propietats de reproducció cromàtica es realitza il·luminant un conjunt de 8 colors de mostra establerts per la norma DIN 6169, amb la llum de referència i amb la llum que es vol comparar.
- Rendiment de la lluminària (o eficiència): quocient entre el flux emès per la lluminària i l'emès per la làmpada/làmpades que incorpora la lluminària, sota certes condicions estandarditzades. Aquest rendiment és inferior a 1 perquè les superfícies no són totalment reflectores.
- Rendiment lluminós o eficàcia lluminosa: quocient entre el flux lluminós emès per la làmpada i la potència que consumeix (lm/W). Quan major sigui aquest quocient millor eficiència lluminosa té la font.

$$\eta = \Phi / P$$
- Temperatura de color correlacionada d'una font de llum: temperatura del cos negre (absorbidor i emissor perfecte de radiacions) en la que aquest emet llum amb la mateixa aparença cromàtica que la font de llum considerada. Augmentant aquesta temperatura s'augmenta la part blava i disminueix la part roja de l'espectre. La seva unitat és el kelvin (K) i la seva nomenclatura és T_c . Per exemple una bombeta incandescent de llum blanca càlida té una T_c de 2700 K i un tub fluorescent de llum de dia 6000 K.

- Transmitància: quocient entre el flux radiant o lluminós transmès i el flux incident en les condicions donades.
- Vida mitja: quan el 50% de les làmpades ha deixat de funcionar.
- Vida útil: temps en el qual el flux lluminós encara té el 80% del valor inicial.

Instal·lació:

- Arrencador: dispositiu que per sí mateix, o en combinació amb altres elements del circuit, genera els impulsos de tensió necessaris per l'encesa d'una làmpada de descàrrega.
- Cebador: dispositiu utilitzat per les làmpades fluorescents per proporcionar el preescalfament necessari dels elèctrodes i en combinació amb la reactància provocar una tensió momentània a la làmpada.
- Cicle de manteniment: repetició d'interval·ls de reemplaçament de làmpada, neteja de làmpada/lluminària i neteja de superfície de l'habitació
- Circuit elèctric: conjunt de materials elèctrics alimentats per la mateixa font d'energia i protegits contra sobreintensitats pels mateixos dispositius de protecció.
- Coefficient d'utilització: quocient entre el flux lluminós que arriba al pla de treball i l'emès per les lluminàries.
- Difusor: part d'una lluminària que modifica la distribució de llum d'una làmpada utilitzant el fenomen de difusió de la llum.
- Efecte estroboscòpic: aparent canvi de moviment i/o aparença d'un objecte mòbil quan l'objecte és il·luminat per una llum d'intensitat variable. El moviment de l'objecte pot ser de rotació o de translació.
- Enllumenat d'emergència: enllumenat previst per ser utilitzat en cas de fallada de l'alimentació de l'enllumenat normal.
- Entorn de treball: combinació de persones i objectes que interactuen amb el procés visual.
- Espai de treball: espai destinat a una o més persones per desenvolupar una tasca.
- Factor de manteniment o de pèrdua de llum: quocient entre la il·luminació produïda per una instal·lació en un moment donat i quan va ser instal·lada. Dit d'una altra manera, divisió entre la il·luminància mitja sobre el pla de treball després d'un cert període d'ús d'una instal·lació d'enllumenat i la il·luminància mitja obtinguda sota la mateixa condició per la instal·lació considerada usualment com a nova. La pèrdua pot ser degut a l'acumulació de brutícia sobre de la lluminària, la depreciació de la pròpia font de llum i l'embrutiment de les superfícies il·luminades.

- Factor de supervivència de la làmpada: fracció del nombre total de làmpades que continua funcionant en un temps donat sota condicions definides i freqüència d'engegades.
- Il·luminació d'accent o accentuada: il·luminació dissenyada per il·luminar localitzadament un objecte per així aconseguir realçar més respecte envers l'entorn.
- Il·luminació decorativa: il·luminació dissenyada per obtenir un efecte ornamental per les pròpies lluminàries, o ambiental, per l'efecte de la il·luminació. No vol obtenir les condicions luminotècniques necessàries per poder-hi desenvolupar una tasca.
- Il·luminació general: il·luminació dissenyada per il·luminar tot amb la mateixa il·luminància aproximadament.
- Il·luminació localitzada: il·luminació dissenyada per il·luminar un interior i al mateix temps proveir de major il·luminació a una zona particular.
- Il·luminació perimetral: il·luminació dissenyada per il·luminar les parets o el sostre en la seva àrea contigua a les parets, amb la finalitat d'aconseguir un efecte decoratiu, o d'il·luminar objectes que es troben en aquestes parets.
- Índex d'eficiència energètica: quocient entre la potència elèctrica total instal·lada i la superfície de la instal·lació referida a una il·luminància de 100 lx en servei. Les unitats són $W/m^2 - 100 \text{ lx}$. En el nou CTE figuren els valors que han de tenir les instal·lacions per ser eficients.

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

- Làmpada: element que mitjançant un tipus de mecanisme transforma un tipus d'energia, generalment elèctrica, a lluminosa.
- Lluminària: aparell que distribueix, filtra, transforma la llum emesa per les làmpades o làmpada i que comprèn els elements necessaris per a la seva fixació, protecció i connexió amb el circuit d'alimentació.
- Luminancímetre: instrument per mesurar la luminància.
- Luxímetre o lúxmetre: instrument per mesurar la il·luminància.
- Pla de treball: pla horitzontal sobre el qual es calcularà la il·luminància mitja. Usualment per oficines i similar es considera 0,85 m.

- Programa de manteniment: conjunt d'instruccions que especifiquen el cicle de manteniment i els procediments de servei.
- Projector: lluminària en la qual la llum emesa per la làmpada es concentra per reflexió o refracció per aconseguir una intensitat lluminosa dintre d'un cert grau d'angle sòlid.
- Reactància o balast: dispositiu que limita el corrent d'una làmpada a un valor determinat. Molt important en les làmpades de descàrrega i està connectat entre l'alimentació i les fonts lluminoses.

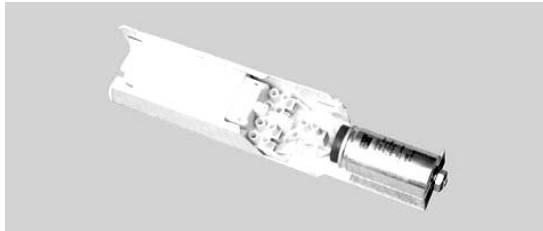


Figura 5: tipus de reactància. (Guía Técnica: Aprovechamiento de la luz natural en la iluminación de edificios).

- Reflectòmetre: instrument per mesurar quantitats que pertanyen a la reflexió.
- Reflector: part de la lluminària que modifica la distribució de la llum d'una làmpada sense alterar la longitud d'ona de les seves components monocromàtiques.
- Refractor: part d'una lluminària que modifica la distribució de llum d'una làmpada mitjançant el canvi de direcció experimentat per la radiació quan travessa un medi o la superfície de separació entre dos medis diferents.
- Relació de separació a altura de muntatge: relació de separació d'altura de muntatge dels centres geomètrics de les lluminàries per sobre del pla de referència. Per enllumenat d'interiors el pla de referència sol ser el pla de treball horitzontal; per exterior sol ser el terra.
- Sistema d'aprofitament de la llum natural: conjunt de dispositius, cablejat i components destinats a regular de forma automàtica el flux lluminós d'una instal·lació d'il·luminació, en funció del flux lluminós aportat a la zona per la llum natural, de tal forma que els dos fluxos aporten un nivell d'il·luminació fixat en un punt, on es trobaria el sensor de llum. Hi ha dos tipus fonamentals de regulació:
 - Tot/res: la instal·lació d'enllumenat artificial s'encén o s'apaga per sota o per sobre d'un nivell d'il·luminació prefixat.

- Progressiva: la il·luminació es va ajustant progressivament segons l'aportació de llum natural fins aconseguir el nivell d'il·luminació prefixat.
- Sistema de control: conjunt de dispositius, cablejat i components destinats a controlar de forma automàtica o manual l'encesa i apagada o el flux lluminós d'una instal·lació d'il·luminació. Se'n distingeixen 4 tipus fonamentals:
 - Regulació i control a petició de l'usuari, mitjançant interruptor manual, polsador, potenciòmetre o comandament a distància.
 - Regulació d'il·luminació artificial en funció de l'aportació de llum natural que entra per les finestres, vidrieres, claraboies...
 - Control d'encesa i apagada segons la presència de persones o usuaris en la zona.
 - Regulació i control per sistema de gestió centralitzat.
- Sistema de detecció de presència: conjunt de dispositius, cablejat i components destinats a controlar de forma automàtica, l'encesa i apagada d'una instal·lació d'il·luminació en funció de la presència o absència de persones en la zona. N'hi ha 4 tipus fonamentals:
 - Infrarojos.
 - Acústic per ultrasons.
 - Acústic per microones.
 - Híbrid dels dos anteriors.
- Sistema de regulació: conjunt de dispositius, cablejat i components destinats a controlar de forma automàtica o manual el flux lluminós d'una instal·lació d'il·luminació. Es distingeixen 3 tipus fonamentals:
 - Regulació i control a petició de l'usuari, mitjançant potenciòmetre o comandament a distància.
 - Regulació d'il·luminació artificial en funció de l'aportació de llum natural que entra per finestres...
 - Regulació per sistema de gestió centralitzada.
- Sistema de temporització: conjunt de dispositius, cablejat i components destinats a controlar de forma automàtica, l'apagada d'una instal·lació d'il·luminació en funció d'un temps d'encesa prefixat.

- Vida d'instal·lació d'enllumenat: període després del qual la instal·lació no pot ser recuperada per satisfer les prestacions requerides degut a deterioraments no recuperables.

Ull i visió:

- Absorció: transformació d'energia radiant en altra energia com ara calor. Passa sempre en superfícies que no sigui totalment reflectores i als materials que no són perfectament transparents. La relació entre la llum absorbida i la incident s'anomena absorptància. Es poden absorbir certes longituds d'ona, llavors aquest fenomen rep el nom de selectiu.
- Acomodació: ajust espontani de l'òptica de l'ull per obtenir la màxima resolució visual a diferents distàncies.
- Adaptació: procés en el qual l'ull s'ajusta a la luminància i color de l'objecte visual.
- Agudes visual: qualitativament és la capacitat de diferenciar objectes molt propers. Quantitativament, és l'invers del valor en minuts del menor angle sota el qual l'ull pot encara percebre separats dos objectes que apareixen molt pròxims. Depèn del nivell de il·luminància, contrast i temps d'observació. És un concepte semblant a la resolució visual.
- Brillantor: sensació visual associada a la quantitat de llum emesa per una àrea determinada. Correspon amb la luminància.
- Camp visual: extensió de l'espai físic visible des d'una posició donada.
- Confort visual: característica que manifesta la falta de perturbacions procedents de l'entorn visual.
- Contrast: sensació subjectiva de la diferència en aparença de dos parts del camp visual. Usualment es quantifica com:
$$(L2 - L1) / L1$$
 L1 és la luminància dominant de fons i L2 la de l'objecte.
- Efecte estroboscòpic: immobilització aparent o canvi de moviment d'un objecte al ser il·luminat amb llum d'una determinada freqüència temporal i intensitat.
- Enlluernament: incomoditat en la visió produïda quan les parts del camp visual són molt brillants en relació a les zones properes a les que l'ull està adaptat.

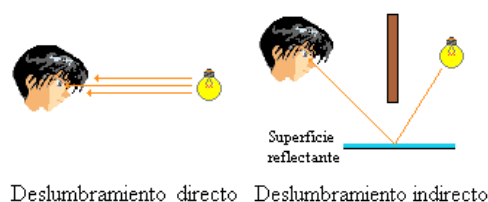


Figura 6: tipus d'enlluernament segons www.edison.upc.es.

- Enlluernament pertorbador: enlluernament que pertorba la visió dels objectes sense causar necessàriament una sensació desagradable.
- Enlluernament molest: enlluernament que produeix una sensació desagradable sense pertorbar necessàriament la visió dels objectes.
- Entorn visual: espai que pot ser vist des d'una posició movent el cap i els ulls.
- Factor de llum natural o de llum dia (D): relació entre la il·luminància, en un punt d'un pla donat, deguda a la llum rebuda directa o indirectament des del cel la distribució de luminància de la qual se suposa o es coneix, i la il·luminància sobre el pla horitzontal procedent d'un hemisferi d'aquest cel sense obstacles. De totes les luminàncies s'exclou la contribució de llum solar directa. Quan es calcula en enllumenat d'interiors, la contribució solar directa ha de ser considerada separatament.
- Llum: radiació electromagnètica que l'ull humà percep amb claredat. Porció de l'espectre electromagnètic amb una longitud d'ona compresa entre 380 i 780 nm.

Figura 7: espectre electromagnètic complet amb totes les longituds d'ona i la seva nomenclatura. Extret de la "Guía Técnica. Aprovechamiento de la luz natural en la iluminación de edificios".

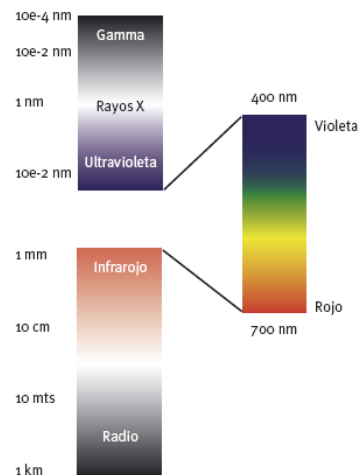
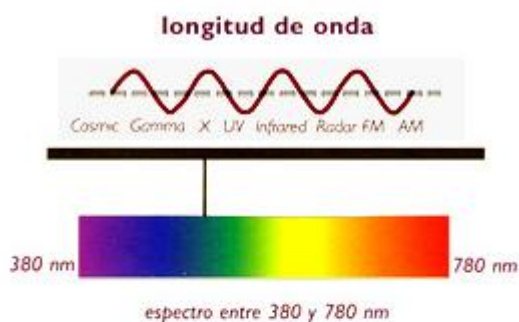


Figura 8: colors del visible, llum natural. Extret de www.unav.es.

Impresión del color	Longitud de onda
rojo	630-780
naranja	600-630
amarillo	565-600
verde	500-565
azul	435-500
violeta	380-435

La percepció de llum és una experiència tant física com psicològica i afecta molt al rendiment i comportament de les persones.

La llum es comporta com una partícula

(fotó) i com una ona. Aquest fet s'anomena dualitat ona-corpúscle i implica que

com a partícula transporta una determinada energia i pot causar efectes biològics, químics o fotoelèctrics, i, al mateix temps, com a ona té comportament de reflexió, refracció...

Significat de la llum: la llum ha de servir tant per veure suficientment en una tasca concreta, per mirar i accentuar zones concretes i finalment per contemplar elements decoratius amb un ambient harmònic.

Visió perifèrica i central: en el fons de l'ull hi ha una membrana denominada retina, la qual és sensible a l'estímul lluminós. Aquesta està composta d'una capa fina de teixit nerviós, en la qual hi ha dos tipus de fibres nervioses en forma de cèl·lules sensibles a la llum, denominades cons i bastons. La concentració de cons i bastons varia sobre l'àrea de la retina. Una petita depressió en el centre de la retina, de diàmetre al voltant de 0,5 mm, conté solament cons i s'anomena fòvea. Fora d'aquesta àrea lliure de bastons, els bastons i els cons estan barrejats, i la proporció dels cons disminueix a l'àrea perifèrica de la retina.

En la visió central els cons de la fòvea produeixen una imatge nítida, permetent veure'n tots els detalls. En canvi, en la perifèrica, en la perifèria de la retina composta bàsicament per bastons, els objectes observats en aquesta àrea apareixen borrosos, tot i ser molt sensible al moviment i al parpelleig.

Visió dels colors: els cons permeten distingir els colors. Existeixen tres tipus de cons, amb pigments sensitius a les parts vermelles, verds i blaves de l'espectre. La ment interpreta la estimulació relativa dels tres receptors de color com la impressió de color.

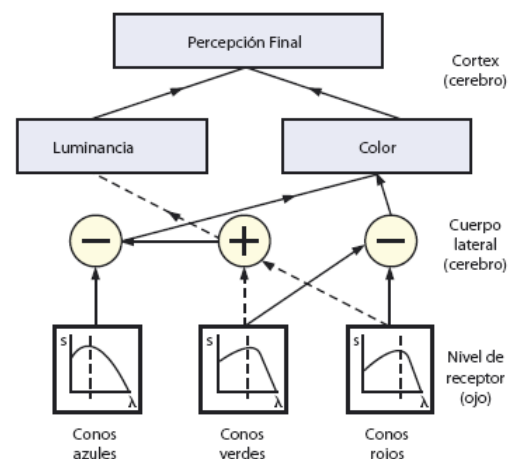


Figura 9: representació esquemàtica de la visió dels colors en el sentit de la vista i el cervell. Extret de la "Guía Técnica. Aprovechamiento de la luz natural en la iluminación de edificios".

- Llum del cel: part visible de la radiació difusa del cel.
- Llum natural o llum dia: part visible de la radiació solar global.

- Llum solar: part visible de la radiació solar directa.
- Parpelleig: impressió d'intermitència, variació en la presentació de la llum. En una làmpada alimentada en corrent alterna amb freqüència de 50 Hz la corrent cau a 0 100 vegades per segon. Encara que l'ull humà no pot detectar aquests canvis en depèn de quines làmpades, en d'altres sí, si no funcionen correctament.
- Radiació solar: radiació electromagnètica procedent del sol.
- Radiació solar directa: la part de radiació solar extraterrestre que arriba a la superfície de la terra en forma de feix dispers després d'una atenuació selectiva a l'atmosfera.
- Radiació difusa del cel: la part de la radiació solar que arriba a la superfície de la terra com a resultat de ser difractada per les molècules d'aire, aerosols, núvols o altres partícules.
- Radiació solar global: combinació de la radiació solar directa i difusa del cel.
- Reflexió: fenomen que es produeix quan un raig de llum impacte sobre una superfície i retorna cap al mateix medi d'on venia. La relació entre la llum reflectida i la llum incident s'anomena reflectància, i generalment depèn de la longitud d'ona. Una part de la llum incident s'absorbeix en forma de calor normalment i perquè la reflexió sigui màxima l'angle entre el raig incident i la normal de la superfície ha de ser quan més gran millor.

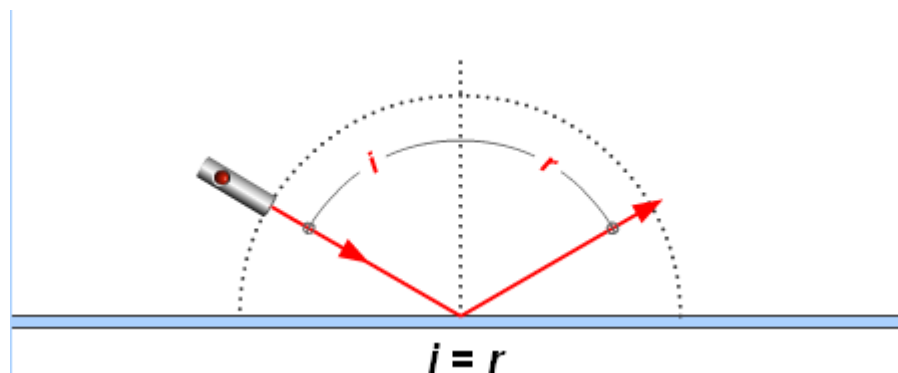


Figura 10: llei de la reflexió. (www.educaplus.org)

Hi ha varis tipus de reflexió entre les quals hi ha l'especular, la difusa, i la mixta. En aquesta propietat es basen els sistemes reflectors dels aparells d'enllumenat.

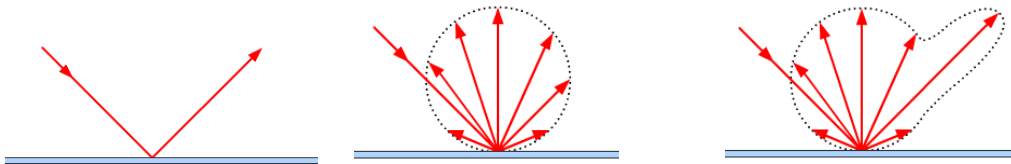


Figura 11: representació de diferents tipus de reflexió en funció de com es distribueix el raig reflectit (www.educaplus.org).

- **Reflexió “de velo”**: reflexions especulars que apareixen a l’objecte vist i que obscureixen total o parcialment els detalls reduint el contrast.
- **Refracció**: es produeix si la llum canvia de direcció al passar d’un medi a l’altra. Hi ha una alteració de la velocitat de la llum. Aquesta disminueix si la densitat del medi és major i al revés.

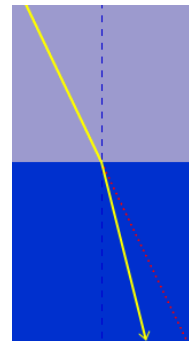


Figura 12: esquema del que passa en el fenomen de la refracció (www.educaplus.org).

- **Resolució visual**: capacitat de discriminar o discernir detalls en objectes molt propers.
- **Sensibilitat espectral**: dins del rang visible de l’espectre electromagnètic la sensibilitat ocular varia segons les longituds d’ona d’igual potència energètica. Per exemple, l’ull és molt més sensible a la llum amb longitud d’ona de 555 nm (grog-verda) que amb 700 nm (vermell profund/fosc).
- **Transmissió**: pas d’una radiació a través d’un medi sense canvi de freqüència de les radiacions monocromàtiques que la componen. Aquest fenomen és característic de certs vidres, plàstics, aigua i altres líquids i l’aire. Quan es travessa un material part de la radiació es perd degut a la reflexió a la superfície del medi següent i part s’absorbeix. La relació entre la radiació transmesa i la incident s’anomena transmitància. Pot ser regular, difusa o mixta.
- **Velocitat de percepció**: depèn del nivell de luminància. Es pot definir com l’invers de l’interval de temps entre la presentació d’un objecte i la percepció de la seva forma. De forma igualitària, la velocitat de percepció de contrast és la inversa de l’interval de temps entre l’instant en el qual es presenta el contrast i l’instant en el qual es percep.

Bibliografia i pàgines web:

Bibliografia:

Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación de Centros Docentes. *IDAE*

Guía Técnica: Aprovechamiento de la luz natural en la iluminación de edificios. *IDAE*

Catálogo General de Luz 2007. *OSRAM*

Enciclopèdia Salvat Català.

Pàgines web:

www.unav.es

www.upc.edu