

JORNADA D'APLICACIÓ DEL REGLAMENT D'EFICIÈNCIA ENERGÈTICA EN ENLLUMENAT EXTERIOR

Afectació del reglament a les làmpades, equips, LEDs...



GE Lighting

Miguel Florido

Prescripción Alumbrado Público

Responsable Nacional

miguel.florido@ge.com

Agenda

1. Les làmpades
2. Els equips
3. Els LEDs
4. Aplicacions Pràctiques
5. La *Llum Blanca*

Les lampades



imagination at work

Qué diu el nou Reglament?

2. LÁMPARAS

Con excepción de las iluminaciones navideñas y festivas, las lámparas utilizadas en instalaciones de alumbrado exterior tendrán una eficacia luminosa superior a:

- a) 40 lum/W, para alumbrados de vigila
- b) 65 lum/W, para alumbrados vial, esp

Tabla 8 - Series S de clase de alumbrado para viales tipos C, D y E

Clase de Alumbrado ⁽¹⁾	Iluminancia horizontal en el área de la calzada	
	Iluminancia Media E_m (lux) ⁽¹⁾	Iluminancia mínima E_{min} (lux) ⁽¹⁾
S1	15	5
S2	10	3
S3	7,5	1,5
S4	5	1

⁽¹⁾ Los niveles de la tabla son valores mínimos en servicio con mantenimiento de la instalación de

6. SISTEMAS DE REGULACIÓN DEL NIVEL LUMINOSO

Con la finalidad de ahorrar energía, las instalaciones de alumbrado recogidas en el capítulo 9 de la ITC-EA-02, se proyectarán con dispositivos o sistemas para regular el nivel luminoso mediante alguno de los sistemas siguientes:

- a) balastos serie de tipo inductivo para doble nivel de potencia;
- b) reguladores - estabilizadores en cabecera de línea;
- c) balastos electrónicos de potencia regulable.

Los sistemas de regulación del nivel luminoso deberán permitir la disminución del flujo emitido hasta un 50% del valor en servicio normal, manteniendo la uniformidad de los niveles de iluminación durante las horas con funcionamiento reducido.

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_L \cdot f_m \cdot f_u \left(\frac{\text{m}^2 \cdot \text{lux}}{\text{W}} \right)$$

3. Todas las instalaciones deberán disponer de un plan de mantenimiento que comprenderá fundamentalmente las reposiciones masivas de lámparas, las operaciones de limpieza de luminarias y los trabajos de inspección y mediciones eléctricas. La programación de los trabajos y su periodicidad, se ajustarán al factor de mantenimiento adoptado, según lo establecido en la ITC-EA-06.

1. Eficàcia de la làmpada
2. Nivells d'il·luminació
3. Regulació
4. Eficiència del sistema
5. Manteniment/
Substitució massiva

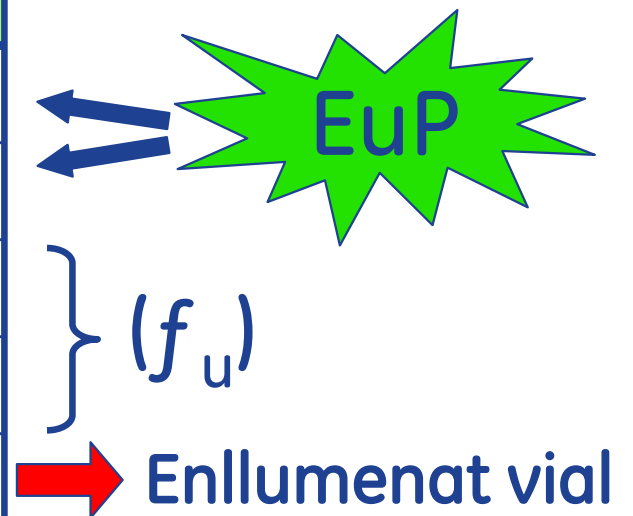
1. Eficàcia de la làmpada:

2. LÁMPARAS

Con excepción de las iluminaciones navideñas y festivas, las lámparas utilizadas en instalaciones de alumbrado exterior tendrán una eficacia luminosa superior a:

- a) 40 lum/W, para alumbrados de vigilancia y seguridad nocturna y de señales y anuncios luminosos
- b) 65 lum/W, para alumbrados vial, específico y ornamental

Tecnologia	Eficàcia (lm/W)
Incandescent	12-18
Halògena	15-20
Fluorescència Linial	80-100
Fluorescència Compacta	65-90
Descàrrega (HID)	50-150



1. Eficàcia de la làmpada:

• *APORTACIONS DE LES LÀMPADES*



- Vapor de Sodi Alta Pressió
 - ✓ *Lucalox XO* vs. *Lucalox Std*
→ Entre **10%** i **30%** més lm/W
- Halogenurs Metà·lics
 - ✓ *CMH Constantcolor* vs. *QMH*
→ Fins més d'un **20%** més lm/W

2. Nivells d'il·luminació:

Clase de Alumbrado ⁽¹⁾	Iluminancia horizontal en el área de la calzada	
	Iluminancia Media E_m (lux) ⁽¹⁾	Iluminancia mínima E_{min} (lux) ⁽¹⁾
S1	15	5
S2	10	3
S3	7,5	1,5
S4	5	1

Clase de Alumbrado	Luminancia de la superficie de la calzada en condiciones secas		
	Luminancia ⁽¹⁾ Media L_m (cd/m²) ⁽¹⁾	Uniformidad Global U_g (mínima)	Uniformidad Longitudinal U_l (mínima)
ME1	2,00	0,40	0,70
ME2	1,50	0,40	0,70
ME3a	1,00	0,40	0,70
ME3b	1,00	0,40	0,60
ME3c	1,00	0,40	0,50
ME4a	0,75	0,40	0,60
ME4b	0,75	0,40	0,50
ME5	0,50	0,35	0,40
ME6	0,30	0,35	0,40

Clase de Alumbrado ⁽¹⁾	Iluminancia horizontal en el área de la calzada	
	Iluminancia Media E_m (lux) ⁽¹⁾	Iluminancia mínima E_{min} (lux) ⁽¹⁾
S1	15	5
S2	10	3
S3	7,5	1,5
S4	5	1

- Es defineixen nivells mitjos i MÀXIMS (+20%)
- Nivells mínims per vials tipus C, D i E (vianants, ...)
- Qualsevol tecnologia pot assolir aquests nivells d'il·luminació
- Objectiu: Fer-ho amb el menor consum possible → **EFICIÈNCIA**

➤ Nivells definits amb paràmetres *fotòpics* – $V(\lambda)$

2. Nivells d'il·luminació:

- *APORTACIONS DE LES LÀMPADES*

- Rang estès de potències

- ✓ *Lucalox XO* → De 50 a 600W

- ✓ *CMH Constantcolor* → De 20 a 400W

- Mínim consum

- ✓ Làmpades *CMH Constantcolor*
amb potències de **20W** i **35W**



3. Regulació:

6. SISTEMAS DE REGULACIÓN DEL NIVEL LUMINOSO

Con la finalidad de ahorrar energía, las instalaciones de alumbrado recogidas en el capítulo 9 de la ITC-EA-02, se proyectarán con dispositivos o sistemas para regular el nivel luminoso mediante alguno de los sistemas siguientes:

- a) balastos serie de tipo inductivo para doble nivel de potencia;
- b) reguladores - estabilizadores en cabecera de línea;
- c) balastos electrónicos de potencia regulable.

Los sistemas de regulación del nivel luminoso deberán permitir la disminución del flujo emitido hasta un 50% del valor en servicio normal, manteniendo la uniformidad de los niveles de iluminación, durante las horas con funcionamiento reducido.

- Afecta a instal·lacions > 5kW (excepte raons de seguretat)
 - S'ha de poder regular, fins el 50%, el fluxe lluminós
 - La regulació no pot afectar greument la qualitat de l'instal·lació
 - La regulació no ha de retallar la vida útil de les làmpades
- No totes les làmpades HID admeten regulació

3. Regulació:

• *APORTACIONS DE LES LÀMPADES*



➤ Halogenurs metàl·lics

✓ *CMH Constantcolor* vs. *QMH*

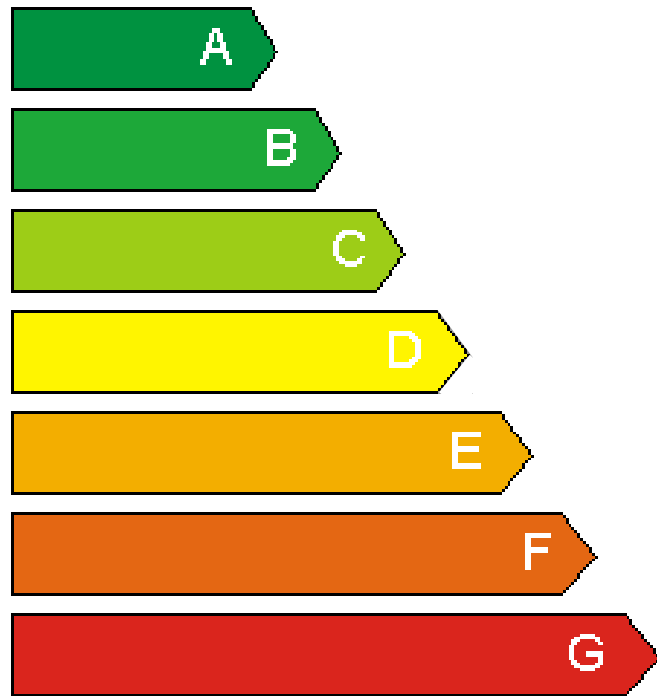
✓ *CMH Constantcolor* T150W 4200K

➔ Regulable al **50%** de potència

✓ Ampliació del rang CMH regulable

(50-150W, 3000K amb eficàcia > VSAP)

4. Eficiència del sistema:



$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_L \cdot f_m \cdot f_u \left(\frac{\text{m}^2 \cdot \text{lux}}{\text{W}} \right)$$

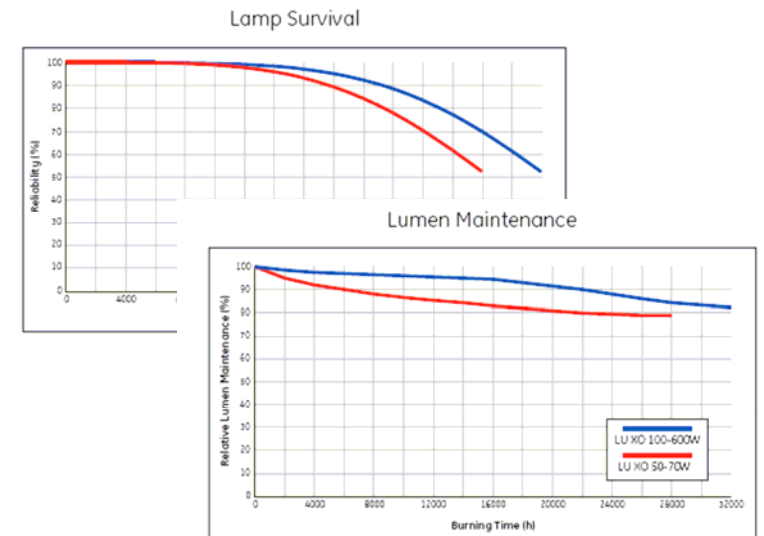
- Determina la Classificació Energètica de la instal·lació
- Dependència forta amb la làmpada triada

4. Eficiència del sistema:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_L \cdot f_m \cdot f_u \left(\frac{\text{m}^2 \cdot \text{lux}}{\text{W}} \right)$$

- FACTOR DE MANTENIMENT (f_m):

- ✓ Manteniment del fluxe lluminós de la làmpada
- ✓ Vida mitja de la làmpada



➤ Les làmpades amb millor manteniment del fluxe i major vida mitja donaran una millor *Eficiència Energètica de la Instal·lació*

4. Eficiència del sistema:

$$\epsilon = \epsilon_L \cdot f_m \cdot f_u \left(\frac{\text{m}^2 \cdot \text{lux}}{\text{W}} \right)$$

- *APORTACIONS DE LES LÀMPADES*

- FACTOR DE MANTENIMENT (f_m):

- Vapor de Sodi Alta Pressió

- ✓ *Lucalox XO* vs. *Lucalox Std*

- ➔ Fins un **12%** més vida mitja i un **10%** més manteniment del fluxe

- ✓ *Lucalox SBY* vs. *Lucalox Std/XO*

- ➔ Fins un **100%** més vida mitja



4. Eficiència del sistema:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_L \cdot f_m \cdot f_u \left(\frac{\text{m}^2 \cdot \text{lux}}{\text{W}} \right)$$

- *APORTACIONS DE LES LÀMPADES*

- FACTOR DE MANTENIMENT (f_m):

- Halogenurs Metà·lics

- ✓ *CMH Constantcolor* vs. *QMH*

- ➔ Fins un **100%** més vida mitja i un **20%** més manteniment del fluxe

4. Eficiència del sistema:

$$\epsilon = \epsilon_L \cdot f_m \cdot f_u \left(\frac{\text{m}^2 \cdot \text{lux}}{\text{W}} \right)$$

- **FACTOR D'UTILITZACIÓ (f_u):**

- ✓ Geometria de la làmpada (font de llum)



- Exemple longitud tub descàrrega (150W):

- ✓ *Lucalox XO* → 58mm
- ✓ *CMH Constantcolor* → 21.2mm

➤ Un “punt de llum” més petit afavoreix un Factor d'Utilització millor i, per tant, una millor *Eficiència Energètica de la Instal·lació*

5. Manteniment/Substitució massiva:

3. Todas las instalaciones deberán disponer de un plan de mantenimiento que comprenderá fundamentalmente las reposiciones masivas de lámparas, las operaciones de limpieza de luminarias y los trabajos de inspección y mediciones eléctricas. La programación de los trabajos y su periodicidad, se ajustarán al factor de mantenimiento adoptado, según lo establecido en la ITC-EA-06.

- Garanteix manteniment de condicions lumíniques
- Evita augments indesitjats de consum elèctric
- Evita danys als equips
- Redueix costos d'accions correctives

➤ Substitució massiva de làmpades = ESTALVI

Eficiència Energètica en Enllumenat Exterior:

- RESUMINT:

- | | |
|-----------------------------|-----------|
| ✓ Eficàcia de la làmpada | ➔ FL, HID |
| ✓ Nivells d'il·luminació | ➔ FL, HID |
| ✓ Regulació | ➔ FL, HID |
| ✓ Eficiència del sistema | ➔ HID |
| ✓ Manteniment/Subs. Massiva | ➔ FL, HID |

➤ Les làmpades HID són les més indicades per la majoria d'instal·lacions d'Enllumenat Exterior

Les Làmpades de Descàrrega:

	Ceràmic MH	Quars MH	Sodi Alta Pressió	Vapor Mercuri
Tecnologia				
Eficiència (lm/W)	86 - 105	68 - 90	83 - 141	48 - 60
Vida Mitja (hores)	12,000 - 20,000	10,000 - 12,000	28,500 - 55,000	16,000 - 24,000
IRC - Repr.Color (Ra)	83 - 93	65 - 90	25	40 - 57
Mantenim. Lumínic	75 - 85%	60 - 75%	67 - 90%	55 - 60%
Temperatures Color	3000, 4200	4000, 4200, 4500, 6000	2000, 2100	3400, 4000

 Bona opció
 Millor opció

Les Làmpades de Descàrrega:



- Aprovats:

- *Face out* VSAP estàndar (incluent recanvi) – 2012
- *Face out* Halogenurs Metà·lics de baix rendiment – 2012
- *Face out* Vapor de Mercuri – 2015
- *Face out* tots el QMH - 2017

	Ceràmic MH	Cuars MH	Sodi Alta Pressió	Vapor Mercuri
Tecnologia				
Eficiència (lm/W)	86 - 105	68 - 90	83 - 141	48 - 60
Vida Mitja (hores)	12,000 - 20,000	10,000 - 12,000	28,500 - 55,000	16,000 - 24,000
IRC - Repr.Color (Ra)	83 - 93	65 - 90	25	40 - 67
Mantenim. Luminic	75 - 85%	60 - 75%	67 - 90%	55 - 60%
Temperatures Color	3000, 4200	4000, 4200, 4500, 6000	2000, 2100	3400, 4000

➤ Només es podran vendre VSAP d'Alta Eficiència i CMH
(GE *Lucalox XO* i *CMH Constantcolor*)

Els equips



imagination at work

Qué diu el nou Reglament?

Tabla 2 - Potencia máxima del conjunto lámpara y equipo auxiliar.

POTENCIA NOMINAL DE LÁMPARA (W)	POTENCIA TOTAL DEL CONJUNTO (W)			
	SAP	HM	SBP	VM
18	--	--	23	--
35	--	--	42	--
50	62	--	--	60
55	--	--	65	--
70	84	84	--	--
80	--	--	--	92
90	--	--	112	--
100	116	116	--	--
125	--	--	--	139
135	--	--	163	--
150	171	171	--	--
180	--	--	215	--

6. SISTEMAS DE REGULACIÓN DEL NIVEL LUMINOSO

Con la finalidad de ahorrar energía, las instalaciones de alumbrado recogidas en el capítulo 9 de la ITC-EA-02, se proyectarán con dispositivos o sistemas para regular el nivel luminoso mediante alguno de los sistemas siguientes:

- a) balastos serie de tipo inductivo para doble nivel de potencia;
- b) reguladores - estabilizadores en cabecera de línea;
- c) balastos electrónicos de potencia regulable.

Los sistemas normal, ma

5. SISTEMAS DE ACCIONAMIENTO

Los sistemas de accionamiento deberán garantizar que las instalaciones de alumbrado exterior se enciendan y apaguen con precisión a las horas previstas cuando la luminosidad ambiente lo requiera, al objeto de ahorrar energía.

El accionamiento de las instalaciones de alumbrado exterior podrá llevarse a cabo mediante diversos dispositivos, como por ejemplo, fotocélulas, relojes astronómicos y sistemas de encendido centralizado.

Toda instalación de alumbrado exterior con una potencia de lámparas y equipos auxiliares superiores a 5 kW, deberá incorporar un sistema de accionamiento por reloj astronómico o sistema de encendido centralizado, mientras que en aquellas con una potencia en lámparas y equipos auxiliares inferior o igual a 5 kW también podrá incorporarse un sistema de accionamiento mediante fotocélula.

1. Potència del conjunt

2. Accionament

3. Regulació



1. Potència del conjunt:

Tabla 2 - Potencia máxima del conjunto lámpara y equipo auxiliar.

POTENCIA NOMINAL DE LÁMPARA (W)	POTENCIA TOTAL DEL CONJUNTO (W)			
	SAP	HM	SBP	VM
18	--	--	23	--
35	--	--	42	--
50	62	--	--	60
55	--	--	65	--
70	84	84	--	--
80	--	--	--	92
90	--	--	112	--
100	116	116	--	--
125	--	--	--	139
135	--	--	163	--
150	171	171	--	--
180	--	--	215	--
250	277	270 (2.15A) 277 (3A)	--	270
400	435	425 (3.5A) 435 (4.6A)	--	425

- Es defineixen consums màxims del conjunt làmpada+balaste

➤ Els balastes electrònics poden aportar un estalvi entre el **10%** i el **25%** respecte als EM

2. Accionament:

5. SISTEMAS DE ACCIONAMIENTO

Los sistemas de accionamiento deberán garantizar que las instalaciones de alumbrado exterior se enciendan y apaguen con precisión a las horas previstas cuando la luminosidad ambiente lo requiera, al objeto de ahorrar energía.

El accionamiento de las instalaciones de alumbrado exterior podrá llevarse a cabo mediante diversos dispositivos, como por ejemplo, fotocélulas, relojes astronómicos y sistemas de encendido centralizado.

Toda instalación de alumbrado exterior con una potencia de lámparas y equipos auxiliares superiores a 5 kW, deberá incorporar un sistema de accionamiento por reloj astronómico o sistema de encendido centralizado, mientras que en aquellas con una potencia en lámparas y equipos auxiliares inferior o igual a 5 kW también podrá incorporarse un sistema de accionamiento mediante fotocélula.

- $> 5 \text{ kW}$ → accionament per rellotge astronòmic o centralitzat
- $\leq 5 \text{ kW}$ → poden ser accionades per fotocèl·lules

3. Regulació:

6. SISTEMAS DE REGULACIÓN DEL NIVEL LUMINOSO

Con la finalidad de ahorrar energía, las instalaciones de alumbrado recogidas en el capítulo 9 de la ITC-EA-02, se proyectarán con dispositivos o sistemas para regular el nivel luminoso mediante alguno de los sistemas siguientes:

- a) balastos serie de tipo inductivo para doble nivel de potencia;
- b) reguladores - estabilizadores en cabecera de línea;
- c) balastos electrónicos de potencia regulable.

Los sistemas de regulación del nivel luminoso deberán permitir la disminución del flujo emitido hasta un 50% del valor en servicio normal, manteniendo la uniformidad de los niveles de iluminación, durante las horas con funcionamiento reducido.

- Afecta a instal·lacions > 5kW (excepte raons de seguretat)
- S'ha de poder regular, fins el 50%, el fluxe lluminós

➤ Grans esforços en desenvolupament i millora dels equips de regulació

Els LEDs



imagination at work

Qué diu el nou Reglament?

2. LÁMPARAS

Con excepción de las iluminaciones navideñas y festivas, las lámparas utilizadas en instalaciones de alumbrado exterior tendrán una eficacia luminosa superior a:

- a) 40 lum/W, para alumbrados de vigila
- b) 65 lum/W, para alumbrados vial, esp

Tabla 8 - Series S de clase de alumbrado para viales tipos C, D y E

Clase de Alumbrado ⁽¹⁾	Iluminancia horizontal en el área de la calzada	
	Iluminancia Media E_m (lux) ⁽¹⁾	Iluminancia mínima E_{min} (lux) ⁽¹⁾
S1	15	5
S2	10	3
S3	7,5	1,5
S4	5	1

⁽¹⁾ Los niveles de la tabla son valores mínimos en servicio con mantenimiento de la instalación de

6. SISTEMAS DE REGULACIÓN DEL NIVEL LUMINOSO

Con la finalidad de ahorrar energía, las instalaciones de alumbrado recogidas en el capítulo 9 de la ITC-EA-02, se proyectarán con dispositivos o sistemas para regular el nivel luminoso mediante alguno de los sistemas siguientes:

- a) balastos serie de tipo inductivo para doble nivel de potencia;
- b) reguladores - estabilizadores en cabecera de línea;
- c) balastos electrónicos de potencia regulable.

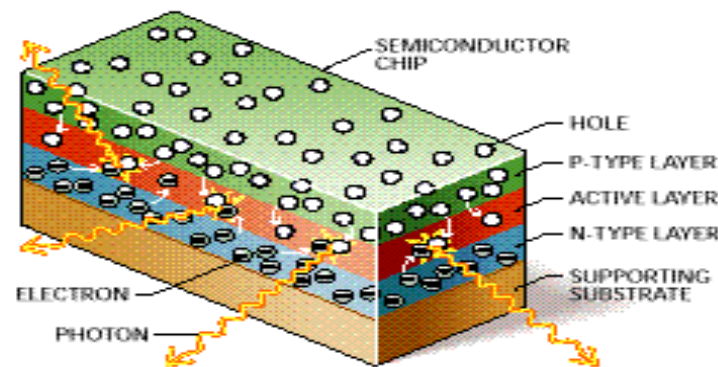
Los sistemas de regulación del nivel luminoso deberán permitir la disminución del flujo emitido hasta un 50% del valor en servicio normal, manteniendo la uniformidad de los niveles de iluminación durante las horas con funcionamiento reducido.

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_L \cdot f_m \cdot f_u \left(\frac{\text{m}^2 \cdot \text{lux}}{\text{W}} \right)$$

3. Todas las instalaciones deberán disponer de un plan de mantenimiento que comprenderá fundamentalmente las reposiciones masivas de lámparas, las operaciones de limpieza de luminarias y los trabajos de inspección y mediciones eléctricas. La programación de los trabajos y su periodicidad, se ajustarán al factor de mantenimiento adoptado, según lo establecido en la ITC-EA-06.

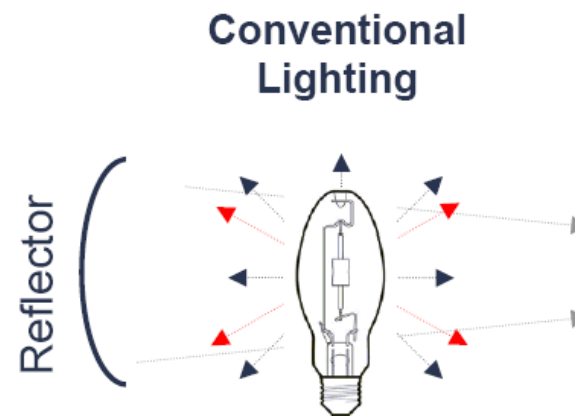
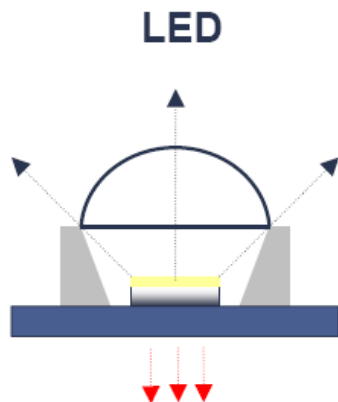
1. ~~Eficàcia de la làmpada~~
2. Nivells d'il·luminació
3. Regulació
4. Eficiència del sistema
5. Manteniment/
Substitució massiva

Particularitats dels LEDs:

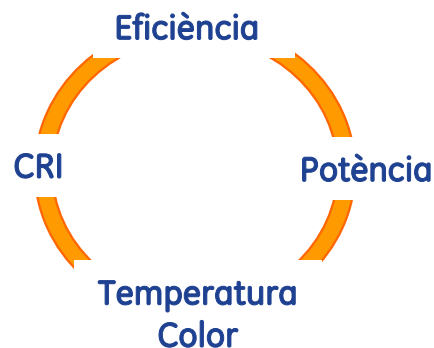


- Dispositiu semiconductor (diode) que emet llum quan condueix un corrent elèctric
- Tecnologia d'il·luminació en estat sòlid – Disseny robustos
- Regulació sense problemes 0-100%
- Llarga vida mitja – (i l'electrònica associada??!!!)
- Dependència amb la temperatura

Particularitats dels LEDs:



- No és el mateix l'eficiència del LED que la d'una làmpada
- Relació entre els paràmetres principals



Exemple:

$P, T^a \text{ cnt} \rightarrow +\text{Efi} \rightarrow -\text{CRI}$

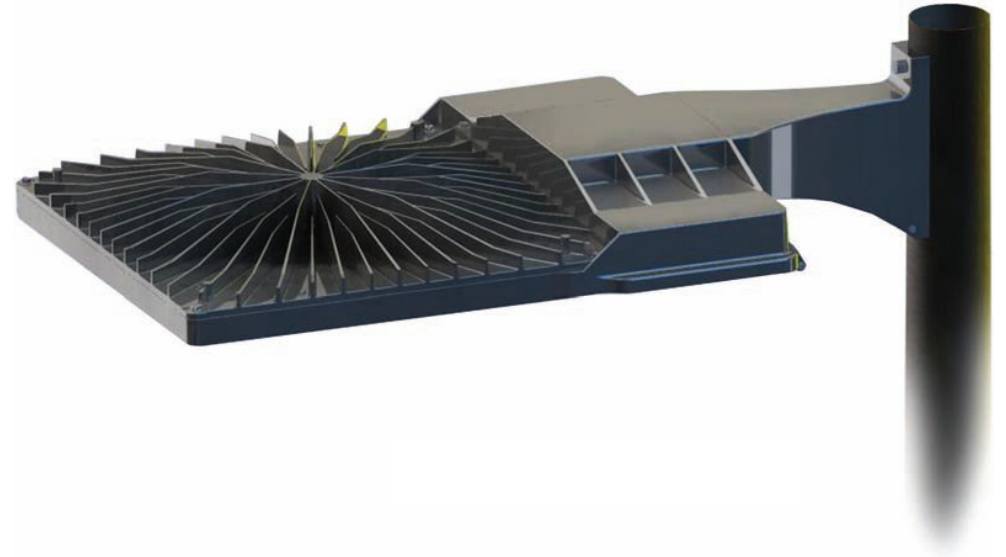
$\text{CRI}, T^a \text{ cnt} \rightarrow +\text{Pot} \rightarrow -\text{Efi}$

Particularitats dels LEDs:



- REPTES:
 - Millorar eficiència vs. calor generat (alt cost d'evacuació)
 - Reducció de costos:
 - Reduint #LEDs
 - Reduint preu dissipació de la calor
 - Manteniment?

Particularitats dels LEDs:



- AVANTATGES:

- Millor uniformitat (òptiques i disseny)
- Baix consum
- Regulació total (0-100%)

➤ Necessitat d'una reglamentació específica?

Aplicacions pràctiques



imagination at work

Solucions d'Estalvi Energètic...



...en Enllumenat Públic

1

Substitució del Mercuri

Per VSAP Lucalox XO

Mercuri	Lucalox XO	Estalvi
125W	70W (+5% de llum)	44%
250W	150W (+35% de llum)	40%
250W	100W (-20% de llum)	60%

Fins el 60% d'estalvi

Per CMH Halogenurs Metà·lics Ceràmics

Mercuri	CMH	Estalvi
125W	70W (+5% de llum)	44%
250W	150W (+8% de llum)	40%
400W	250W (+11% de llum)	38%

Llum Blanca més natural

**Fins el 44%
d'estalvi amb
Llum Blanca**



imagination at work

Actuant en les hores de menor necessitat lumínica:

- **15-17%** d'estalvi anual per Regulació
- **10%** d'estalvi anual per Rellotge Astronòmic

Fins un **27%**
d'estalvi anual
addicional

Regulació

Làmpada	Lucalox XO	CMH
Estalvi	40%	50%

Amb **Lucalox XO**:
fins el 60% + 25% = **85%**

Amb **CMH**:
fins el 44% + 27% = **71%**

d'estalvi energètic respecte al Vapor de Mercuri sense regulació ni control horari



Canvi d'halogenurs de quars per ceràmics CMH Llum Blanca

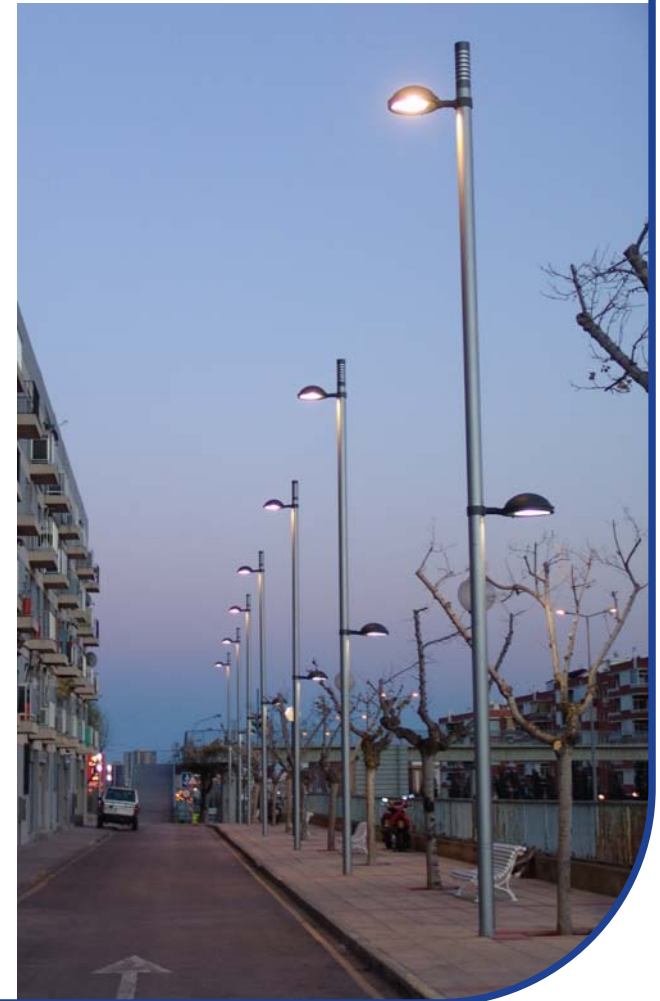
- Fins 24% més fluxe lluminós
- Doble durada. Fins 20.000h
- Major rang de potències (20W– 400W)
- Major percepció de seguretat
- Millor reproducció cromàtica (IRC >80)
- Regulable

Fins el **24%**
d'estalvi amb
Llum Blanca



- Estalvi energètic
- Estalvi en costos de manteniment
- Estalvi al millorar la conservació de les instal·lacions i equips
- Millor planificació d'accions

Fins un 15%
d'estalvi addicional

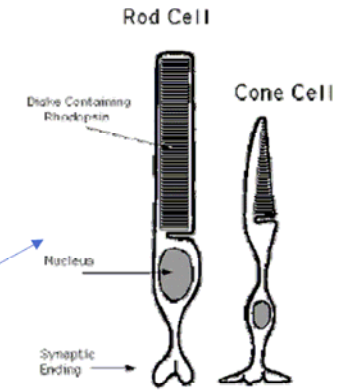
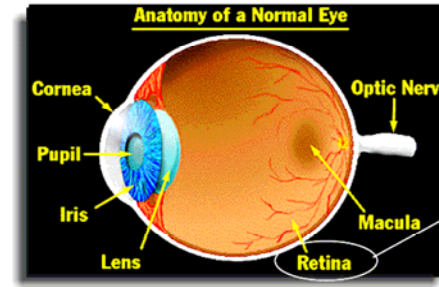


La *Llum Blanca*

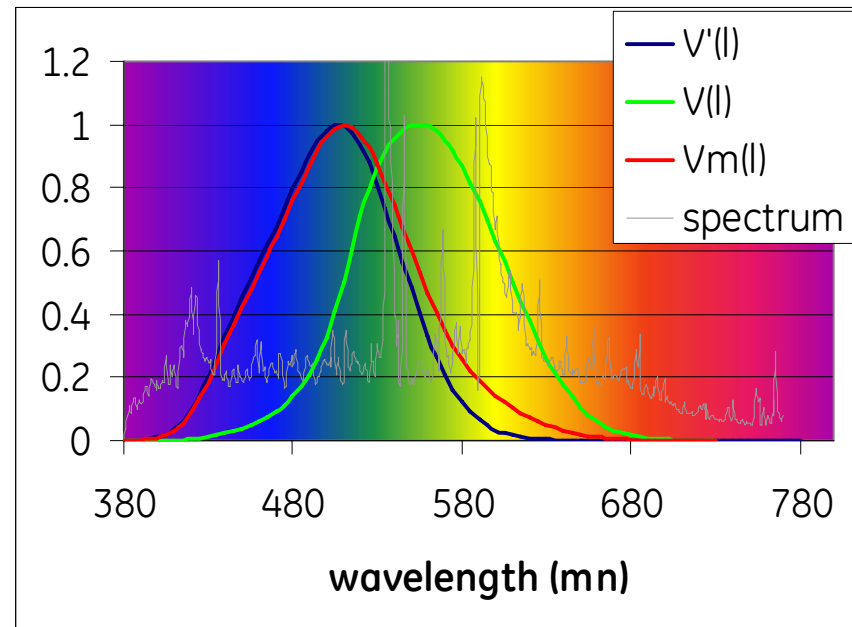


imagination at work

Regió Mesòpica



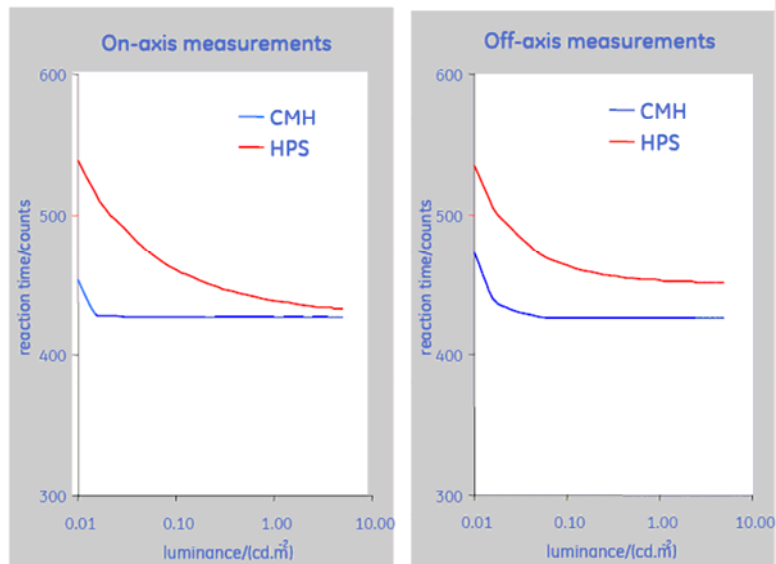
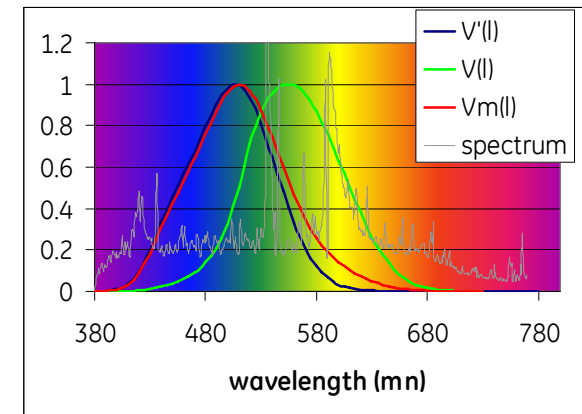
- Nivells d'il·luminació entre 0.01cd/m^2 i 10cd/m^2 aprox.



- Bastons
- Cons

Regió Mesòpica

- Estudis del temps de resposta



CMH 4000K (CRI = 93) vs HPS (CRI = 22)

VSAP

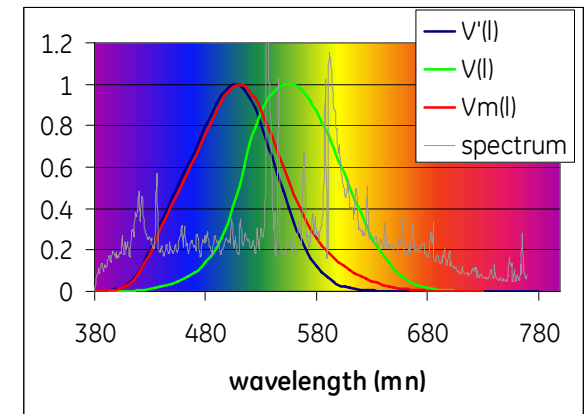


CMH



➤ Alguns reglaments (UK) permeten reduir un (1) nivell d'il·luminació si $R_a > 60$ (Llum Blanca)

Regió Mesòpica



- Comparativa eficàcia làmpades:

	lm/W fotòpic	lm/W mesòpic
VSAP 250W	124	83
CMH 4000K 150W	97	155
VSAP 150W	113	76
CMH 4000K 70W	92	147

➤ Els nous desenvolupaments de làmpades busquen maximitzar el rendiment mesòpic

GE Lighting



La làmpada, primera font d'estalvi

Moltes gràcies!