



Consell Comarcal
de l'Alt Urgell



Rd
Ripollès Desenvolupament



PIRINNOWATT
Pirineu Sostenible



**EFICIÈNCIA
ENERGÈTICA DE
L'ENLLUMENAT**

© Lluís Miret i Mas

Aquesta acció està subvencionada pel Servei Públic d'Ocupació de Catalunya en el marc del Programa de projectes innovadors i experimentals.



SOC
Servei d'Ocupació
de Catalunya



Generalitat
de Catalunya



RESUM DE CONTINGUTS

- Repàs de conceptes luminotècnics
- Continguts de normativa
- Aplicació pràctica de Dialux



Consell Comarcal
de l'Alt Urgell



Rd
Ripollès Desenvolupament



PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible



II·luminació: Repàs de conceptes

© Lluís Miret i Mas

Aquesta acció està subvencionada pel Servei Públic d'Ocupació de Catalunya en el marc del Programa de projectes innovadors i experimentals.



SOC
Servei d'Ocupació
de Catalunya

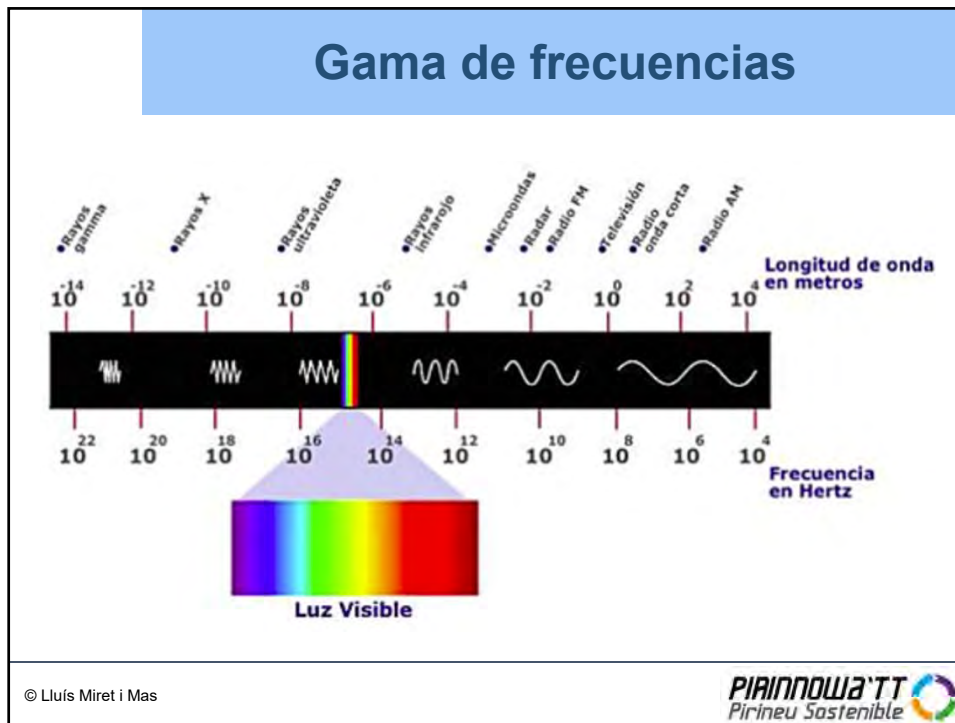


Generalitat
de Catalunya



Luz

- Luz: *“Espectro de energía radiante, que es capaz de excitar la retina humana y crear una sensación visual.”*
(Illuminating Engineering Society of North America, IESNA)

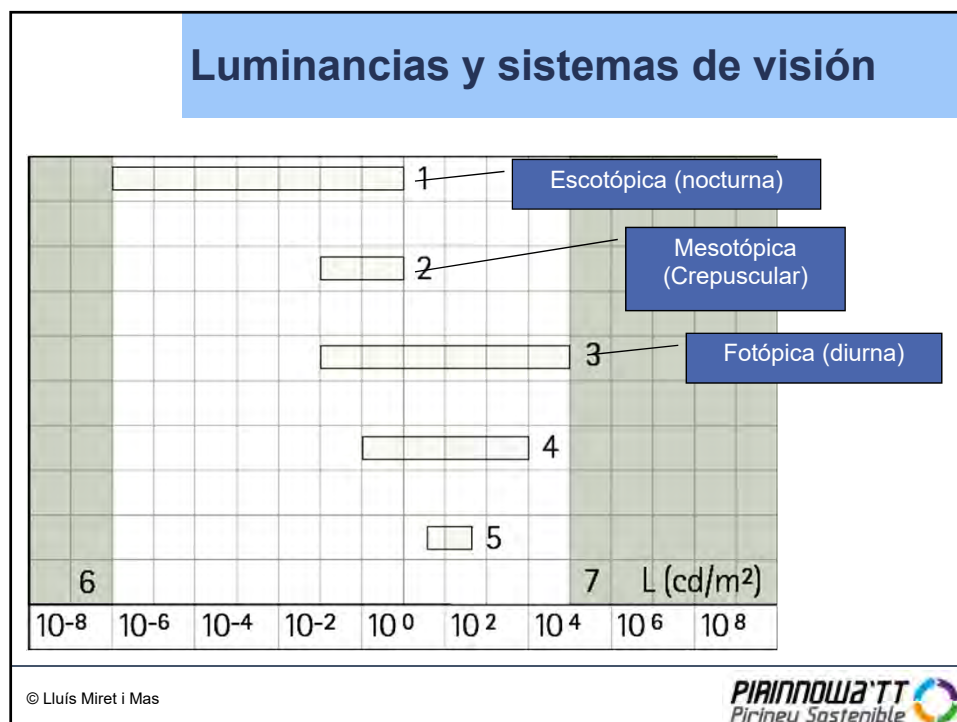
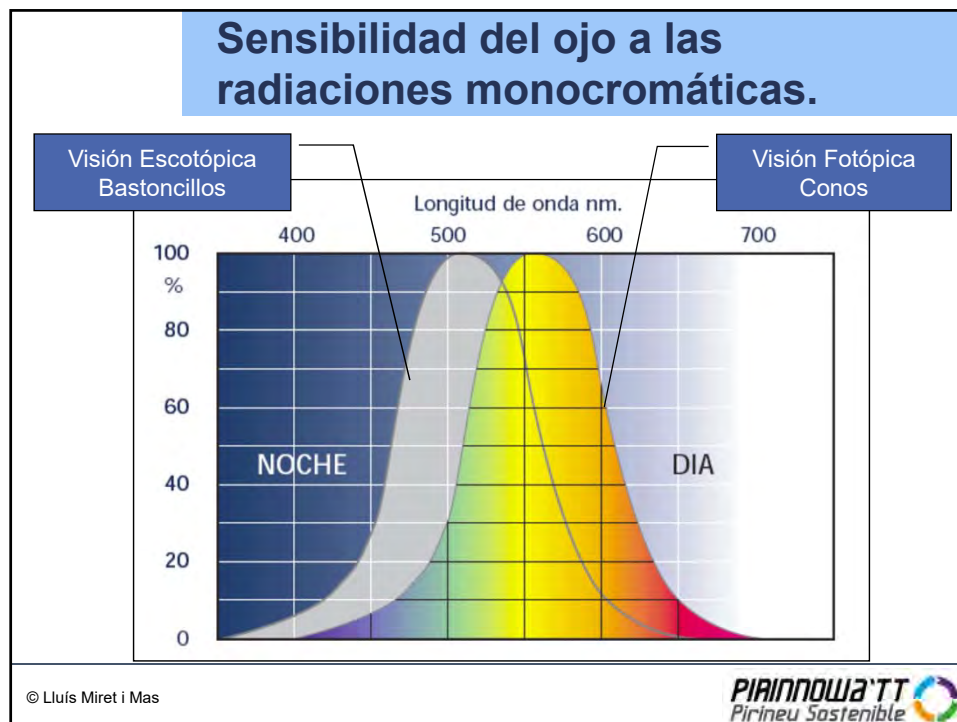


Sensibilidad del ojo

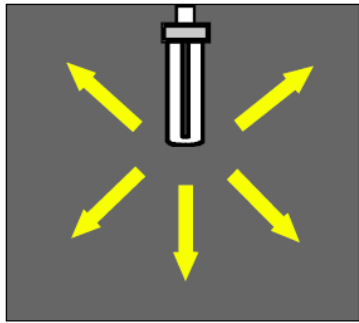
- La parte sensible del ojo tiene dos tipos de sensores
 - Conos:
 - Dan información de los colores.
 - Necesitan intensidad de luz fuerte.
 - Luz diurna: Visión fotópica
 - Bastoncillos
 - Sólo informan sobre la intensidad de luz.
 - Sensibilidad elevada (menos de 1 lx)
 - Luz nocturna: Visión escotópica

© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible



Potencia luminosa = Flujo luminoso Φ

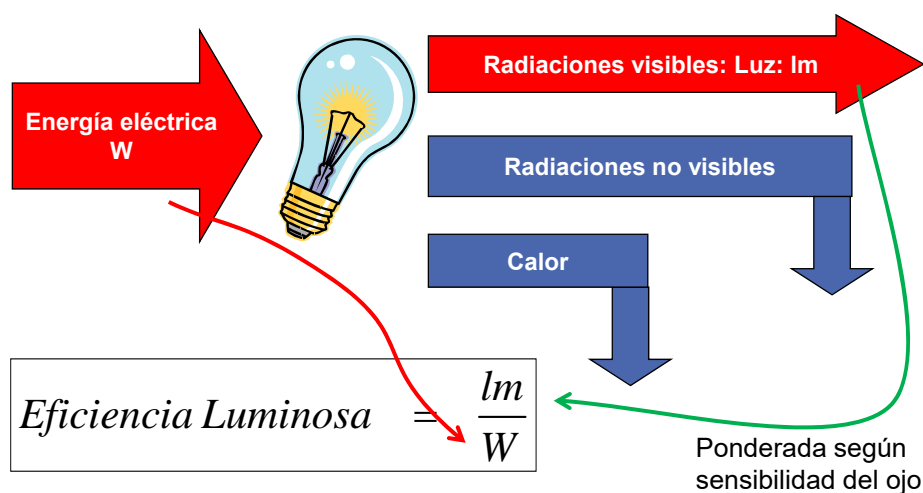


- Unidad: Lumen (lm).
- Equivale a 1/683 W emitidos en la frecuencia de $540 \cdot 10^{12}$ Hz. (555 nm)
- Respecto a una superficie que envuelve a todo el emisor de luz:
Flujo total

© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible

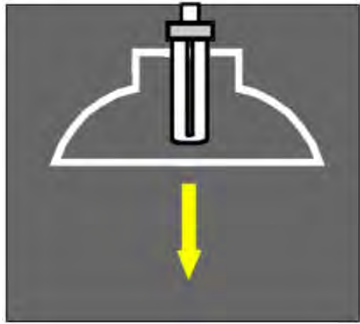
Eficiencia luminosa



© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible

Intensidad luminosa I en una dirección

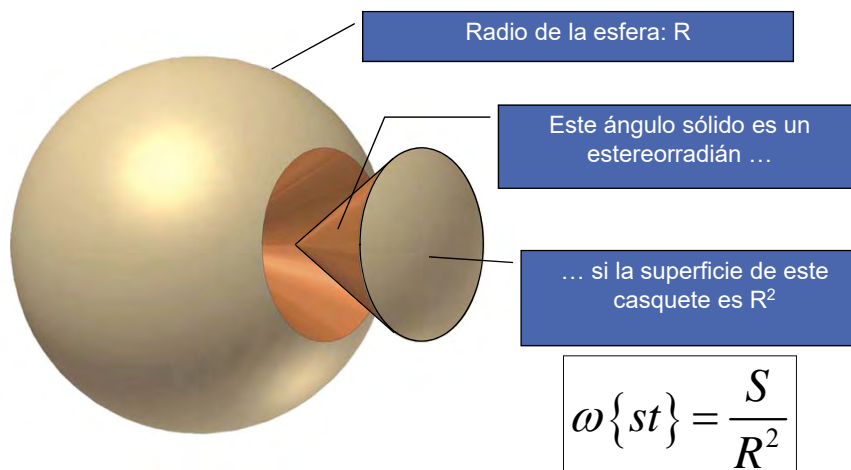


- Unidad: Candela (cd):
 - Intensidad que produce 1 lumen por estereorradián.

© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible

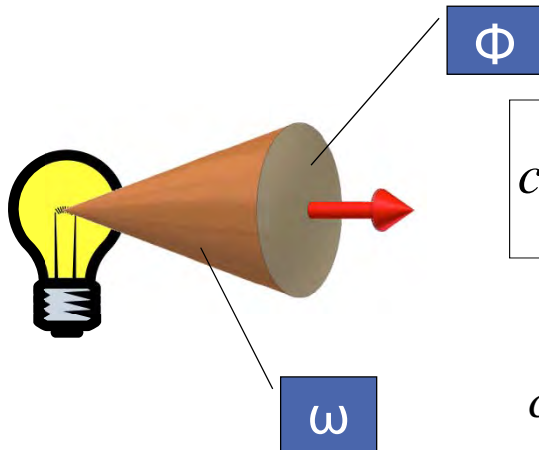
Un estereorradián



© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible

Candela: Intensidad luminosa “I” en una direcció



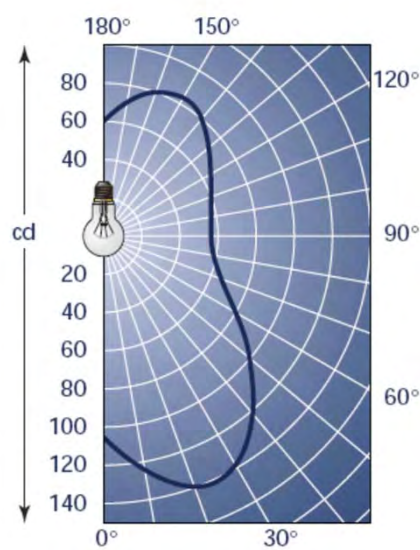
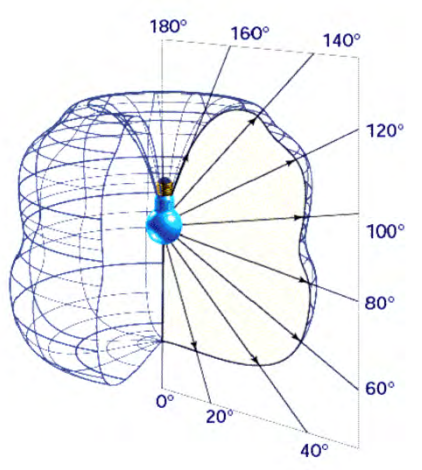
$$cd = \frac{\Phi}{\omega} \left\{ \frac{lm}{st} \right\}$$

$$cd = \frac{d\Phi}{d\omega} \left\{ \frac{lm}{st} \right\}$$

© Lluís Miret i Mas

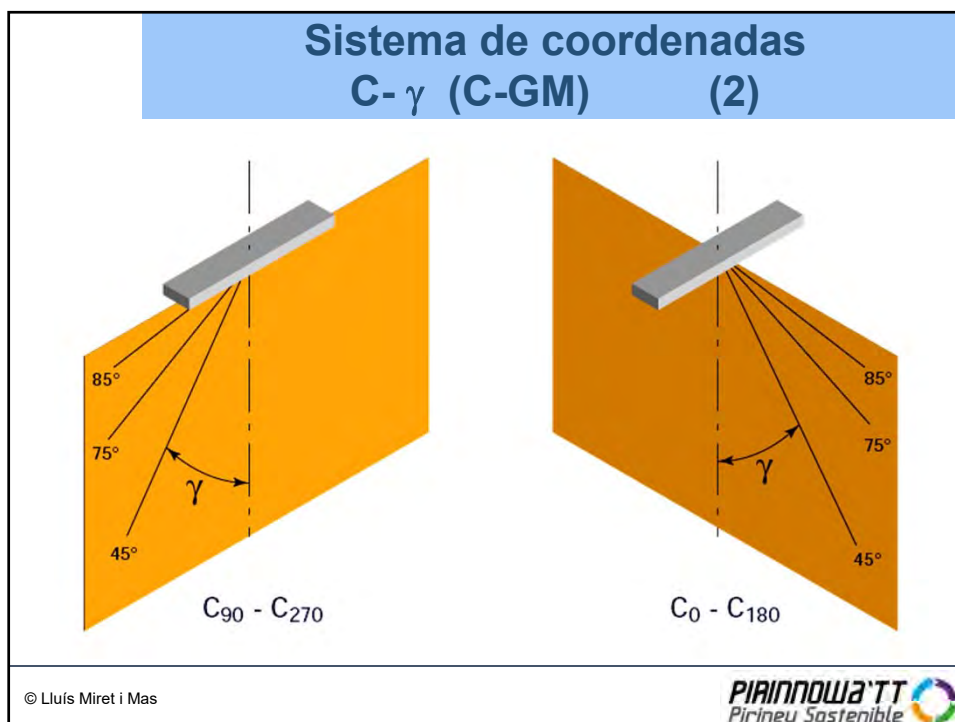
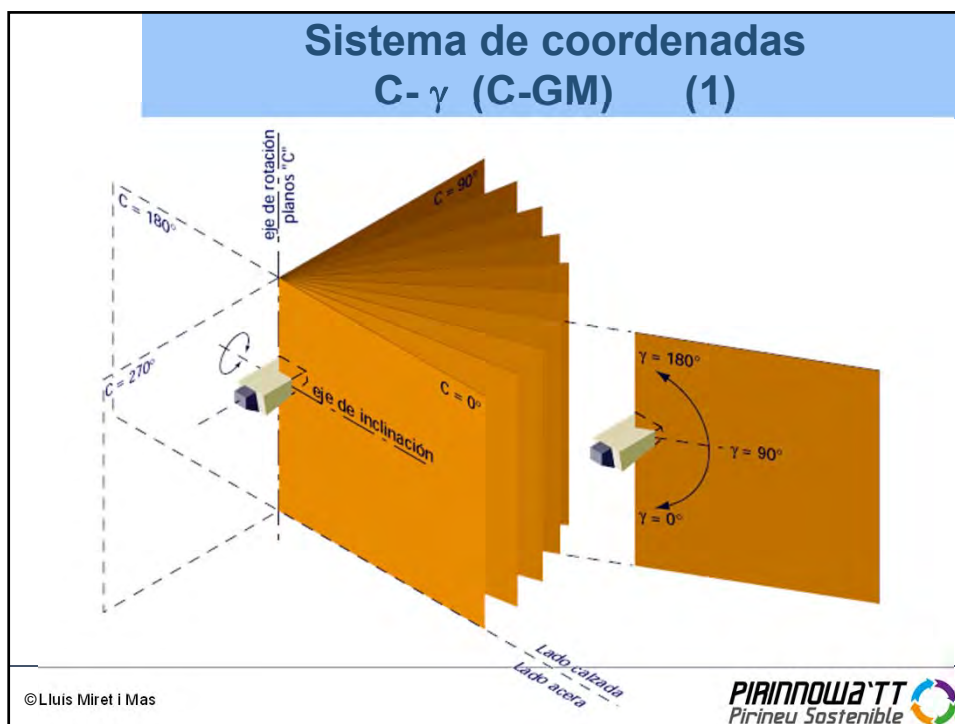
PIRINEU SOSTENIBLE

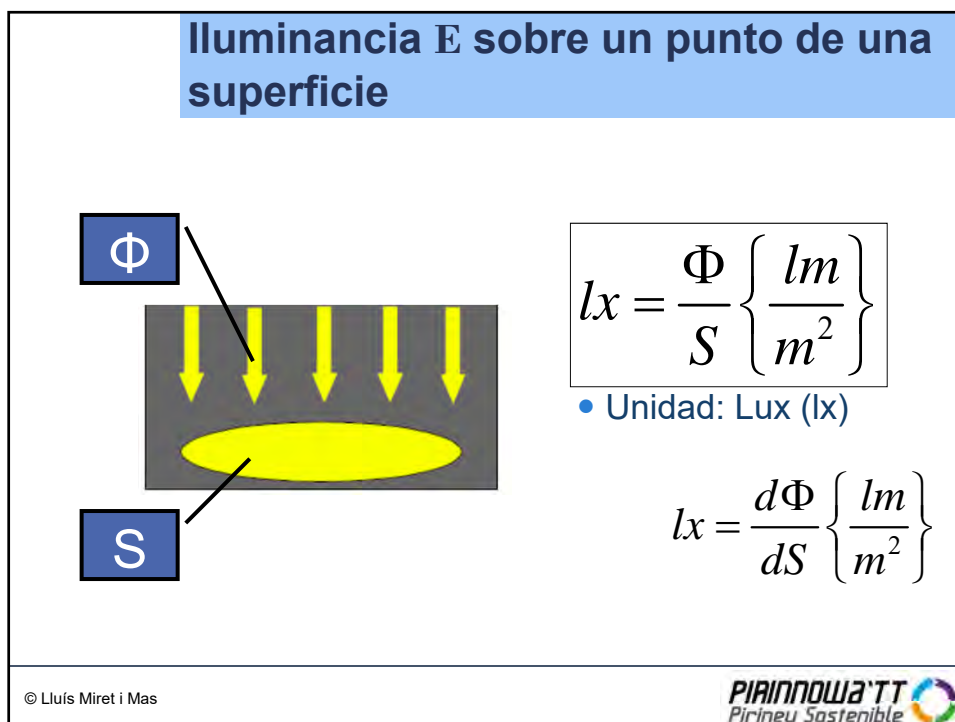
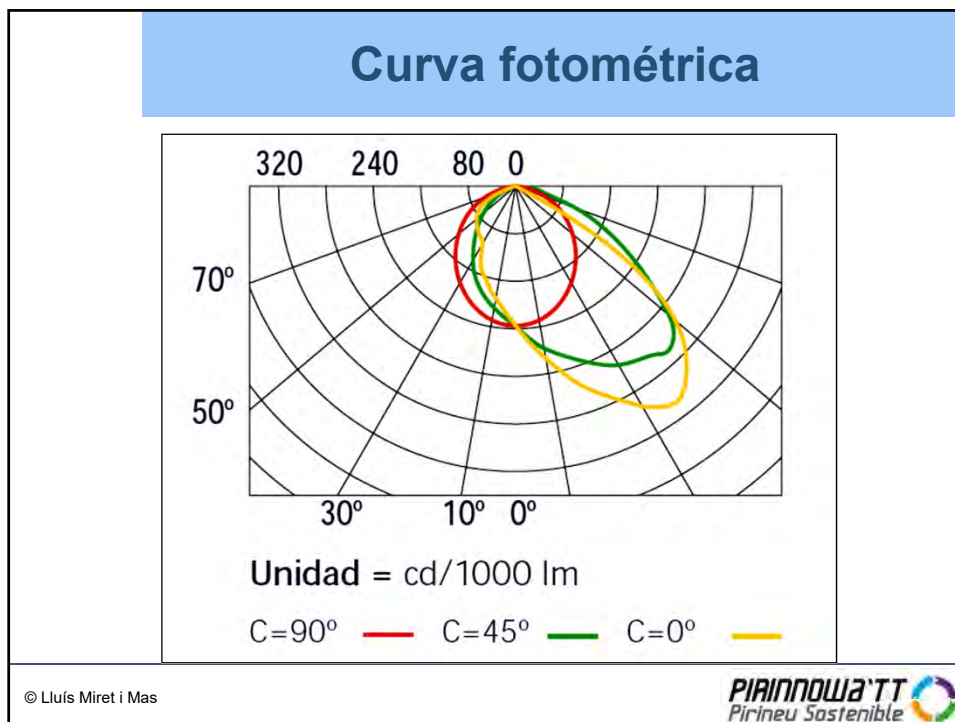
Fotometría de luminarias



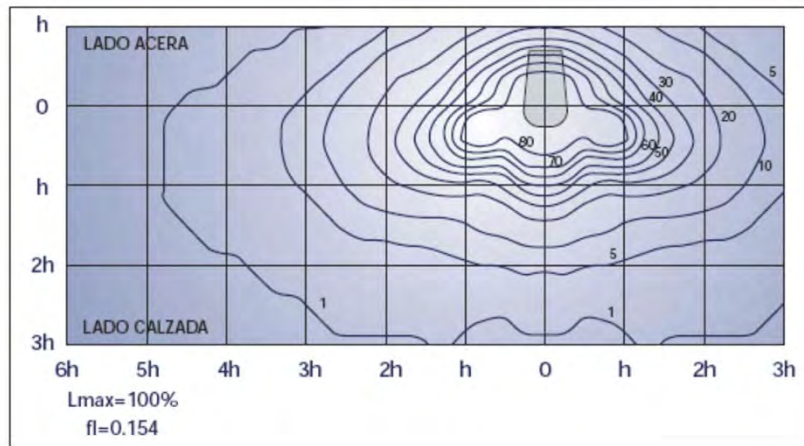
© Lluís Miret i Mas

PIRINEU SOSTENIBLE





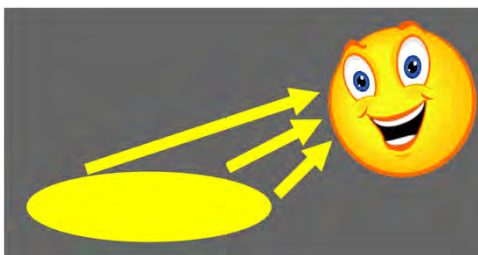
Curvas Isolux



© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA`TT
Pirineu Sostenible

Luminancia. L

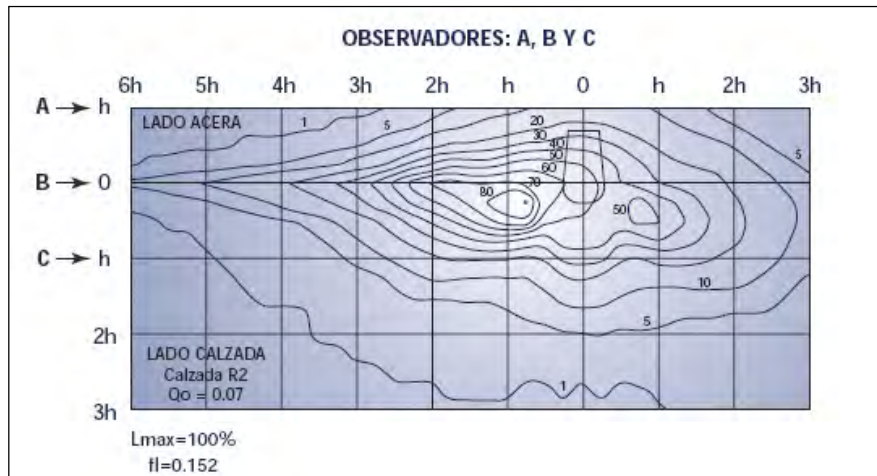


- *Unidad: cd/m^2 (nit)*
- *Efecto de luminosidad que produce una superficie en la retina del ojo.*

© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA`TT
Pirineu Sostenible

Curvas Isoluminancia

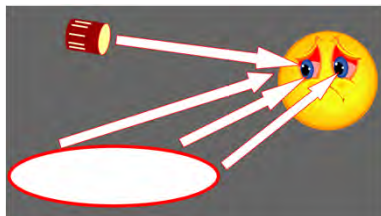


© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible

Deslumbramiento

- Fenómeno de la visión que produce molestia y/o disminución en la capacidad para distinguir objetos.
- Sistemas referenciados
 - TI%: Alumbrado vial
 - Clases G1 a G6: Vial a partir de Intensidades de luminarias
 - Clases D0 a D6: Alumbrado ambiente
 - Índice GR de 0 a 100, para espacios abiertos.
 - UGR: Usado en CTE-HE3.



© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible

Escala deslumbramiento UGR

Denominación	Valor UGR
Imperceptible	10
Just perceptible	13
Perceptible	16
Just acceptable	19
Unacceptable	22
Just uncomfortable	25
Uncomfortable	28
Just intolerable	31

© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible

Resumen de unidades y conceptos (1)



- Potencia luminosa o flujo luminoso Φ :
 - Unidad: Lumen (lm)
 - Se mide en base a la cantidad de energía que cruza una superficie por unidad de tiempo. Por ejemplo, para la potencia luminosa total de una lámpara se utilizaría una esfera.



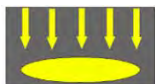
- Intensidad luminosa I en una dirección :
 - Unidad: Candela (cd).
 - Es la potencia luminosa en una determinada dirección. Es la derivada del flujo luminoso con respecto al ángulo sólido que lo abarca. (candela=lumen/estereoradián)

© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible

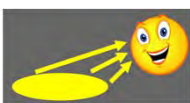
Resumen de unidades y conceptos (2)

- Iluminancia E:



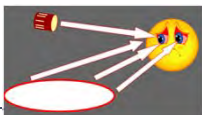
- Unidad: Lux (lx)
- Potencia luminosa por unidad de superficie plana. $\text{Lux} = \text{lumen/metro}^2$.

- Luminancia L:



- Unidad: Candela/metro² (nit).
- Efecto de luminosidad que produce una superficie en la retina del ojo de un observador. Depende de las condiciones lumínicas exteriores y del observador.

- Deslumbramiento



- Unidades. Diversas según aplicaciones.
- Fenómeno que molesta y/o dificulta la visión.

© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible



Consell Comarcal
de l'Alt Urgell



Ripollès Desenvolupament

PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible



**NORMATIVA
D'ENLLUMENAT**

© Lluís Miret i Mas

Aquesta acció està subvencionada pel Servei Públic d'Ocupació de Catalunya en el marc del Programa de projectes innovadors i experimentals.

SOC

Servei d'Ocupació
de Catalunya



**Generalitat
de Catalunya**



Principal normativa a considerar	
INTERIOR	<ul style="list-style-type: none">• Código Técnico de la Edificación (CTE)<ul style="list-style-type: none">□ Ahorro Energético (HE)<ul style="list-style-type: none">○ Secciones HE0 y HE3□ Seguridad de uso y Accesibilidad (SUA)<ul style="list-style-type: none">○ Secciones SUA3 y SUA4
EXTERIOR	<ul style="list-style-type: none">• RD 1890/2008, Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior• Decret 190/2015, d'ordenació ambiental de l'enllumenament per a la protecció del medi nocturn.
GENERAL	<ul style="list-style-type: none">• Reglamento electrotécnico de Baja Tensión. (REBT)

© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible



Consell Comarcal
de l'Alt Urgell



Rd
Ripollès Desenvolupament



PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible



Reglamento de Eficiencia Energética de las instalaciones de Alumbrado Exterior

REEAE

© Lluís Miret i Mas

Aquesta acció està subvencionada pel Servei Públic d'Ocupació de Catalunya en el marc del Programa de projectes innovadors i experimentals.



Estructura del REEAE

RD
Aprobación
REEAE



Reglamento
15 artículos

- Instrucciones Técnicas Complementarias
 - ITC-EA 01- Eficiencia energética
 - ITC-EA 02- Niveles de iluminación
 - ITC-EA 03 - Contaminación luminosa
 - ITC-EA 04 - Componentes
 - ITC-EA 05 - Documentación técnica, verificaciones e inspecciones
 - ITC-EA 06 - Mantenimiento
 - ITC-EA 07 - Mediciones

© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA`TT
Pirineu Sostenible



**Articulado del
Reglamento**

© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA`TT
Pirineu Sostenible

Objeto: En alumbrado exterior

- **SÍ** es finalidad del reglamento
 - ▢ Mejorar eficiencia y ahorro energético
 - ▢ Disminuir emisiones de gases de efecto invernadero.
 - ▢ Limitar resplandor luminoso nocturno o contaminación luminosa
 - ▢ Reducir luz intrusa o molesta.
- **NO** es finalidad del reglamento
 - ▢ Establecer valores mínimos para los niveles de iluminación (pero sí máximos en IT-EA-02)

© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible

Ámbito de aplicación: Instalaciones



- INCLUIDAS
 - ▢ de más de 1kW
 - ▢ A las que se refiere el REBT en
 - Alumbrado exterior, ITC-BT 09;
 - Fuentes, ITC-BT 31
 - Alumbrados festivos y navideños, ITC-BT 34.



- EXCLUIDAS:
 - ▢ uso exclusivo en minas, usos militares, regulación de tráfico, balizas, faros, señales marítimas, aeropuertos y otras instalaciones y equipos que estuvieran sujetos a reglamentación específica.

© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible

Tipos de alumbrado:

- Vial
 - Funcional: Velocidad > 30 km/h
 - Ambiental: Velocidad ≤ 30 km/h
 - Carril bici, áreas de aparcamiento, estación autobuses, calle residencial con aceras, zona de velocidad muy limitada.
- Específico
 - enlaces e intersecciones, gloriets y rotondas, zonas de reducción del número de carriles o disminución del ancho de la calzada, curvas y viales sinuosos en pendiente, zonas de incorporación de nuevos carriles, o pasos inferiores
- Ornamental
- Vigilancia y seguridad nocturna
- Señales y anuncios luminosos
- Festivo y navideño

© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible 

Art. 3 Definiciones

$$TI = 95 \frac{L_v}{(L_m)^{1,05}} \text{ (en \%)}$$

Luminancia de Velo:

- Definiciones y fórmulas de parámetros luminotécnicos

$$E_v = \frac{I(c, \gamma) \sin \gamma \cos^2 \gamma}{h^2}$$

Uniformidad global de luminancias:

$$E = \frac{I(c, \gamma) \cos^3 \gamma}{h^2}$$

© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible 

Régimen de funcionamiento



- Alumbrado exterior
 - Accionamiento según luminosidad ambiente
- Alumbrado ornamental, anuncios luminosos, espacios deportivos y áreas de trabajo exteriores
 - Accionamiento por relojes astronómicos o sistemas equivalentes programables.
- Alumbrado exterior con excepción de túneles y pasos inferiores
 - Máximo: periodo comprendido entre la puesta de sol y su salida o cuando la luminosidad ambiente lo requiera.
- Alumbrado exterior, según actividad o características de utilización
 - dos niveles de iluminación, manteniendo la uniformidad.
- Régimen de funcionamiento ajustable
 - Según festivos, acontecimientos, afluencia turística...



© Lluís Miret i Mas

PIRINOWA TT
Pirineu Sostenible

Documentación, información y puesta en servicio

- Documentación según ITC-EA-05
- Puesta en servicio según REBT y ITC-EA-05
- Información al usuario
 - Certificado de la instalación
 - Instrucciones de uso y mantenimiento
 - Etiqueta energética
 - Relación de receptores y lámparas

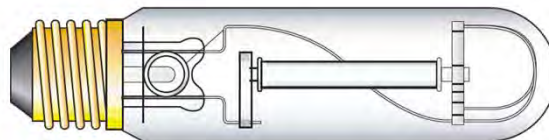
Art. 12.5: Registro fiable de lámparas, luminarias, equipos auxiliares, dispositivos de regulación del nivel luminoso, sistemas de accionamiento y gestión centralizada, cuadros de alumbrado, etc.

Mantenimiento

- Registro de operaciones de mantenimiento
- Plan de mantenimiento:
 - ▢ Reposiciones masivas de lámparas, operaciones de limpieza de luminarias, trabajos de inspección y mediciones eléctricas
 - ▢ Periodicidad según factor mantenimiento (ITC-EA-06)
- Mínimo una vez al año evaluación de consumos.



ITC-EA-01 Eficiencia energética de una instalación



Eficiencia energética: Definición

$$\varepsilon = \frac{S \cdot E_m}{P} \left(\frac{m^2 \cdot lux}{W} \right)$$

ε	Eficiencia energética de la instalación
P	Potencia activa total. (W) (lámparas y equipos auxiliares)
S	Superficie iluminada. (m ²)
E_m	Iluminancia media en servicio y con mantenimiento. (lux)

© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible 

Factores que intervienen en la eficiencia energética

$$\varepsilon = \varepsilon_L \cdot f_m \cdot f_u$$

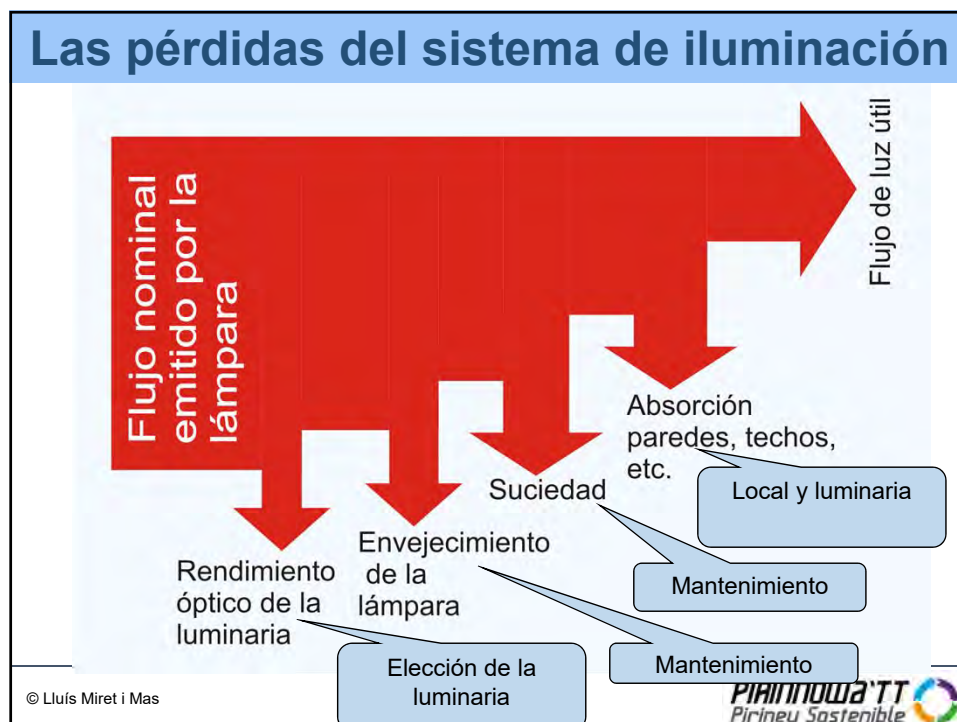
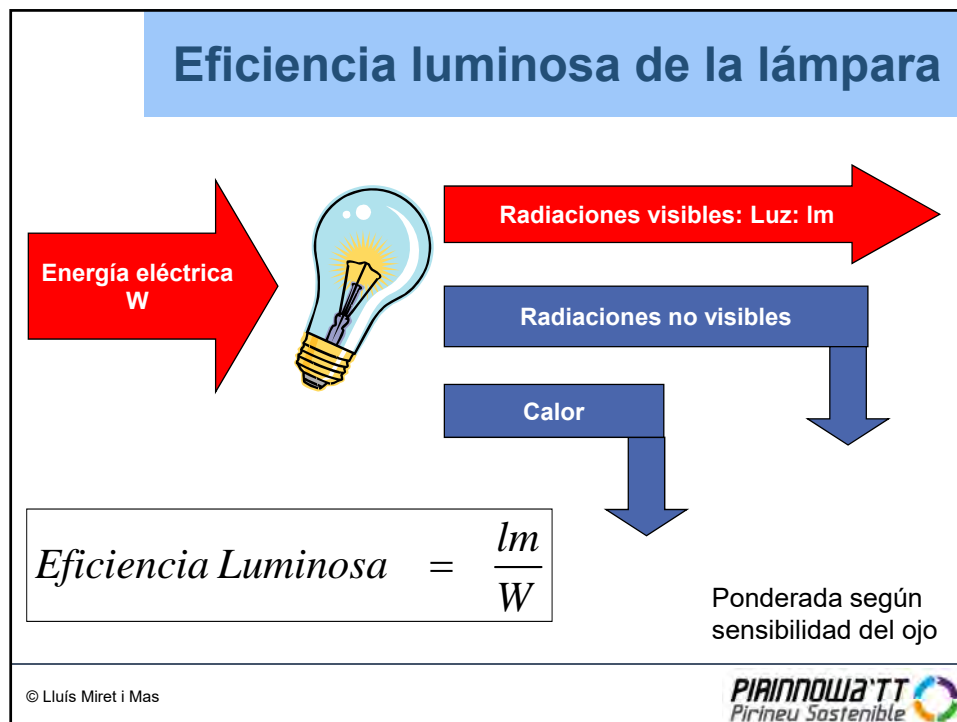
Eficiencia de la
lámpara y equipos
auxiliares
(lm/W)

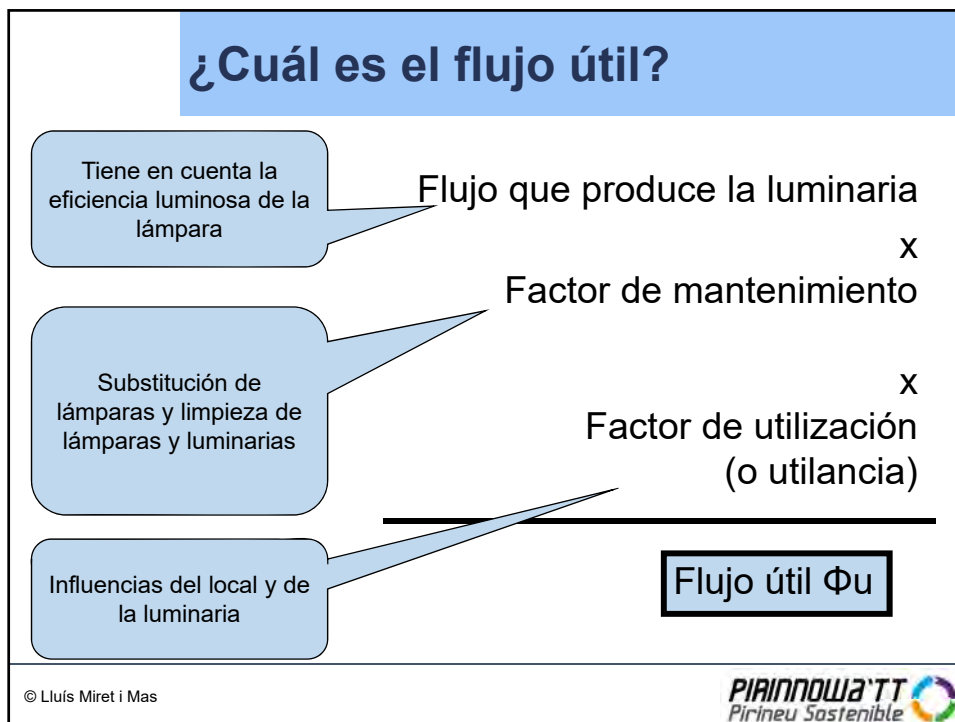
Factor de
mantenimiento:
Envejecimiento,
suciedad, ..

Factor de utilización:
Relación entre el flujo útil
sobre la calzada y el
emitido por las lámparas

© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible 







Niveles mínimos de eficiencia Alumbrado vial funcional:

- ITC-EA-02

Situaciones de proyecto A y B = Vías de circulación con velocidad prevista > 30 km/h

Iluminancia media en servicio $E_m(\text{lux})$	EFICIENCIA ENERGÉTICA MÍNIMA $\left(\frac{\text{m}^2 \cdot \text{lux}}{\text{W}}\right)$
≥ 30	22
25	20
20	17,5
15	15
10	12
$\leq 7,5$	9,5

Valores
intermedios:
Interpolar

© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible



Niveles mínimos de eficiencia Alumbrado vial ambiental:

- ITC-EA-02

Situaciones de proyecto C, D y E =
Vías de circulación con velocidad prevista
< 30 km/h, carril bici, peatonales, jardines,
etc.

Iluminancia media en servicio $E_m(\text{lux})$	EFICIENCIA ENERGÉTICA MÍNIMA $\left(\frac{\text{m}^2 \cdot \text{lux}}{\text{W}}\right)$
≥ 20	9
15	7,5
10	6
7,5	5
≤ 5	3,5

Valores
intermedios:
Interpolar

© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible



Niveles mínimos de eficiencia Otros alumbrados, (excepto festivos y navideños)

- Alcance:
 - Específico, ornamental, vigilancia y seguridad, señales y anuncios luminosos
- Requisitos
 - Iluminar sólo superficie deseada
 - Componentes que cumplan ITC-EA-04
 - lámparas, luminarias, equipos auxiliares, factores de utilización
 - Factor de mantenimiento según ITC-EA-06

© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible



Niveles mínimos de eficiencia Alumbrados festivos y navideños

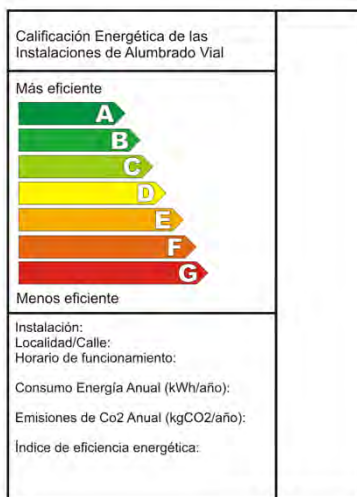
- Máxima potencia por lámpara incandescente: 15 W
- Potencia máxima instalada por m² según ITC-EA-02, Tabla 14:

Anchura de la calle entre fachadas	Potencia máxima instalada por unidad de superficie W/m ²	
	Nº de horas al año de funcionamiento mayor de 200 horas	Nº de horas al año de funcionamiento entre 100 y 200 horas
Hasta 10 m	10	15
Entre 10 m y 20 m	8	12
Más de 20 m	6	9

© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible

Calificación energética



- Además de cumplir con los requisitos
- Se compara la eficiencia energética con unos valores de referencia. El resultado de traduce en la etiqueta de calificación.

© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible

Valores de eficiencia energética de referencia: ϵ_R

Alumbrado vial funcional		Alumbrado vial ambiental y otras instalaciones de alumbrado	
Iluminancia media en servicio proyectada E_m (lux)	Eficiencia energética de referencia ϵ_R $\left(\frac{m^2 \cdot lux}{W}\right)$	Iluminancia media en servicio proyectada E_m (lux)	Eficiencia energética de referencia ϵ_R $\left(\frac{m^2 \cdot lux}{W}\right)$
≥ 30	32	--	--
25	29	--	--
20	26	≥ 20	13
15	23	15	11
10	18	10	9
$\leq 7,5$	14	7,5	7
--	--	≤ 5	5

© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible

Valores para la calificación energética

- Índice de eficiencia energética I_{ϵ}

$$I_{\epsilon} = \frac{\epsilon}{\epsilon_R}$$

- Índice de consumo energético ICE

$$ICE = \frac{1}{I_{\epsilon}}$$

© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible

Ejemplo 1



- En una plaza esencialmente peatonal se usa una potencia de 2,1 kW en la instalación de alumbrado. La superficie de la plaza es de 800 m². Como promedio, se espera que la plaza tendrá una iluminación de 25 lux.
- ¿Es aceptable la eficiencia energética de la instalación?
- ¿Cuál es su calificación energética?

© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible

Resolución ejemplo 1. Eficiencia energética

$$\mathcal{E} = \frac{S \cdot E_m}{P} \left(\frac{\text{m}^2 \cdot \text{lux}}{\text{W}} \right)$$

$$\varepsilon = \frac{800 \cdot 25}{2100} = 9,52$$

Según ITC-EA-01 Tabla 2, para más de 20 lux,
el valor mínimo de ε es 9.
La eficiencia energética es correcta.

© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible

Resolución ejemplo 1. Calificación energética: Índices

Alumbrado vial ambiental y otras instalaciones de alumbrado	
Iluminancia media en servicio proyectada E_m (lux)	Eficiencia energética de referencia ε_R $\left(\frac{\text{m}^2 \cdot \text{lux}}{\text{W}} \right)$
--	--
--	--
≥ 20	13
15	11
10	9
7,5	7
≤ 5	5

- De Tabla 3, alumbrado ambiental y para más de 20 lux: $\varepsilon_R=13$

$$I_\varepsilon = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_R} = \frac{9,52}{13} = 0,732$$

$$ICE = \frac{1}{I_\varepsilon} = \frac{1}{0,732} = 1,366$$

© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible

Resolución ejemplo 1. Calificación energética: Letra

Calificación Energética	Índice de consumo energético	Índice de Eficiencia Energética
A	$ICE < 0,91$	$IE > 1,1$
B	$0,91 \leq ICE < 1,09$	$1,1 \geq IE > 0,92$
C	$1,09 \leq ICE < 1,35$	$0,92 \geq IE > 0,74$
D	$1,35 \leq ICE < 1,79$	$0,74 \geq IE > 0,56$
E	$1,79 \leq ICE < 2,63$	$0,56 \geq IE > 0,38$
F	$2,63 \leq ICE < 5,00$	$0,38 \geq IE > 0,20$
G	$ICE \geq 5,00$	$IE \leq 0,20$

<p>Calificación Energética de las Instalaciones de Alumbrado</p> <p>Más eficiente</p> <p>A</p> <p>B</p> <p>C</p> <p>D</p> <p>E</p> <p>F</p> <p>G</p> <p>Menos eficiente</p>	D
<p>Instalación:</p> <p>Localidad/Calle:</p> <p>Horario de funcionamiento:</p> <p>Consumo Energía Anual (kWh/año):</p> <p>Emisiones de CO₂ Anual (kgCO₂/año):</p> <p>Índice de eficiencia energética (I_E):</p> <p>Iluminancia media en servicio E_m (lux):</p> <p>Uniformidad (%):</p>	0,732 25

© Lluís Miret i Mas



ITC-EA-02
Niveles de
iluminación

Nivel de iluminación

- Conjunto de requisitos luminotécnicos o fotométricos cubiertos por la presente instrucción. :
 - ▢ luminancia,
 - ▢ iluminancia,
 - ▢ uniformidad,
 - ▢ deslumbramiento,
 - ▢ relación de entorno,
 - ▢ etc.
- En alumbrado vial, el nivel de iluminación se conoce también como **clase de alumbrado**.

© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible 

Prescripciones respecto a parámetros luminotécnicos

- Niveles de luminancia e iluminancia
 - ▢ Basados en normas serie UNE-EN 13201
 - ▢ No puede superarse el 20% de los niveles medios recomendados.
 - ▢ En este reglamento, estos parámetros no tienen valores mínimos
- Uniformidad mínima
 - ▢ Este parámetro es obligatorio cumplirlo
- Resto de parámetros
 - ▢ Valores de referencia, pero no exigidos.

© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible 

Situaciones que se consideran en ITC-EA-02

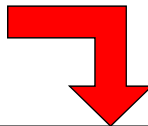
- Alumbrado vial
- Alumbrados específicos
 - Pasos peatonales, escaleras, parques, túneles, etc.
- Alumbrado ornamental
- Alumbrado para vigilancia y seguridad nocturna
- Alumbrado para señales y anuncios luminosos
- Alumbrado festivo y navideño
- Deslumbramiento
- Niveles reducidos

© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible 

Alumbrado Vial

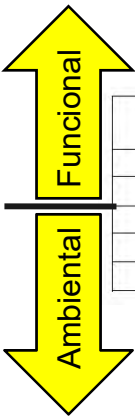

- Clasificación de vía (A, B, C, ...)
 - Situación de proyecto (A1, A2, ...)
 - Otras condiciones




Conjuntos de requisitos fotométricos:
"Clases de Alumbrado"

© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible 

Clasificación de vías		
	Tabla 1 – Clasificación de las vías	
	Clasificación	Tipo de vía
	A	de alta velocidad
	B	de moderada velocidad
	C	carriles bici
	D	de baja velocidad
	E	vías peatonales
<div> <div>Velocidad del tráfico rodado (km/h)</div> <div> $v > 60$ $30 < v \leq 60$ $--$ $5 < v \leq 30$ $v \leq 5$ </div> </div>		
<div> <div>© Lluís Miret i Mas</div> <div>  </div> </div>		

Ejemplo de prescripción de clases de alumbrado		
Tabla 3 – Clases de alumbrado para vías tipo B		
Situaciones de proyecto	Tipos de vías	Clase de Alumbrado ^(*)
B1	<ul style="list-style-type: none"> Vías urbanas secundarias de conexión a urbanas de tráfico importante. Vías distribuidoras locales y accesos a zonas residenciales y fincas. 	
	Intensidad de tráfico	
	$IMD \geq 7.000$ $IMD < 7.000$	$ME2 / ME3c$ $ME4b / ME5 / ME6$
B2	<ul style="list-style-type: none"> Carreteras locales en áreas rurales. 	
	Intensidad de tráfico y complejidad del trazado de la carretera.	
	$IMD \geq 7.000$ $IMD < 7.000$	$ME2 / ME3b$ $ME4b / ME5$
^(*) Para todas las situaciones de proyecto B1 y B2, cuando las zonas próximas sean claras (fondos claros), todas las vías de tráfico verán incrementadas sus exigencias a las de la clase de alumbrado inmediata superior.		
<div> <div>© Lluís Miret i Mas</div> <div>  </div> </div>		

Criterios adicionales de selección de clase de alumbrado

- Complejidad del trazado
- Control de tráfico
- Separación de los distintos tipos de usuarios
- Otros parámetros específicos

En viales A o B, donde la superficie de la calzada permanezca mojada una parte significativa de las horas nocturnas a lo largo del año, (aproximadamente 120 días de lluvia anuales) se pasará de la serie ME a la serie MEW

Clases de alumbrado ME

Tabla 6 – Series ME de clase de alumbrado para viales secos tipos A y B

Clase de Alumbrado	Luminancia de la superficie de la calzada en condiciones secas			Deslumbramiento Perturbador	Iluminación de alrededores
	Luminancia ⁽⁴⁾ Media L_m (cd/m ²) ⁽¹⁾	Uniformidad Global U_o [mínima]	Uniformidad Longitudinal $U_{l,0}$ [mínima]	Incremento Umbral TI (%) ⁽²⁾ [máximo]	Relación Entorno SR ⁽³⁾ [mínima]
ME1	2,00	0,40	0,70	10	0,50
ME2	1,50	0,40	0,70	10	0,50
ME3a	1,00	0,40	0,70	15	0,50
ME3b	1,00	0,40	0,60	15	0,50
ME3c	1,00	0,40	0,50	15	0,50
ME4a	0,75	0,40	0,60	15	0,50
ME4b	0,75	0,40	0,50	15	0,50
ME5	0,50	0,35	0,40	15	0,50
ME6	0,30	0,35	0,40	15	Sin requisitos

Clases de alumbrado MEW

Tabla 7 – Series MEW de clase de alumbrado para viales húmedos tipos A y B

Clase de Alumbrado	Luminancia de la superficie de la calzada en condiciones secas y húmedas			Deslumbramiento Perturbador	Iluminación de alrededores	
	Calzada seca		Calzada húmeda			
	Luminancia Media L_m (cd/m ²) ⁽¹⁾	Uniformidad Global U_0 [mínima]	Uniformidad Longitudinal U_l ⁽²⁾ [mínima]	Uniformidad Global U_0 [mínima]	Incremento Umbral TI (%) ⁽³⁾ [máximo]	Relación Entorno SR ⁽⁴⁾ [mínima]
MEW1	2,00	0,40	0, 60	0,15	10	0,50
MEW2	1,50	0,40	0, 60	0,15	10	0,50
MEW3	1,00	0,40	0, 60	0,15	15	0,50
MEW4	0,75	0,40	Sin requisitos	0,15	15	0,50
MEW5	0,50	0,35	Sin requisitos	0,15	15	0,50

© Lluís Miret i Mas

PIRINOWA TT
Pirineu Sostenible

Clases de alumbrado: Series S y C

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

Tabla 9 – Series CE de clase de alumbrado para viales tipos D y E

Clase de Alumbrado ⁽¹⁾	Iluminancia horizontal	
	Iluminancia Media E_m (lux)	Uniformidad Media U_m
	[mínima mantenida ⁽¹⁾]	[mínima]
CE0	50	0,40
CE1	30	0,40
CE1A	25	0,40
CE2	20	0,40
CE3	15	0,40
CE4	10	0,40
CE5	7,5	0,40

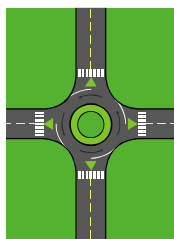
Zonas especiales de los viales. Definición

- Zonas especiales por problemas específicos de
 - ▢ visión y
 - ▢ maniobras que tienen que realizar los vehículos que circulan por la zona
- En los carriles-bici o zonas peatonales (vías del tipo C o E), no se considera que existan este tipo de zonas especiales.

© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible

Zonas especiales de los viales. Ejemplos



- enlaces e intersecciones
- glorietas y rotondas
- zonas de
 - ▢ reducción del número de carriles
 - ▢ disminución del ancho de la calzada
- curvas y viales sinuosos en pendiente
- zonas de incorporación de nuevos carriles
- pasos inferiores.

© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible

Criterios para zonas especiales de los viales

- Luminancia
 - ▢ En general un grado superior al que le corresponda al resto
- Iluminancia
 - ▢ En vías A o B cuando no se pueda aplicar luminancia y en vías D, aplicar tabla CE con un grado superior

© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible

Alumbrados específicos



- Tipos: pasarelas peatonales, escaleras y rampas, pasos subterráneos peatonales, alumbrado adicional de pasos de peatones, parques y jardines, pasos a nivel de ferrocarril, fondos de saco, glorietas, túneles y pasos inferiores, aparcamientos de vehículos al aire libre y áreas de trabajo exteriores
- Para cada tipo se especifican criterios, en general prescribiendo una clase de alumbrado de las anteriores.

© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible

Alumbrados no viales

- Tablas para alumbrados
 - Ornamental
 - Vigilancia y seguridad nocturna
 - Señales y anuncios luminosos
- Alumbrado festivo y navideño
 - Alumbrado incandescente:
 - Máximo por lámpara 15W
 - Tabla de W/m².

© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible 

Niveles de iluminación reducidos.

- Reducir el nivel de iluminación a ciertas horas de la noche en:
 - Alumbrado vial, alumbrado específico, alumbrado ornamental y alumbrado de señales y anuncios luminosos
 - Y con potencia > 5kW
 - Mantener la uniformidad (Art 8.4)

© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible 



ITC-EA-03
Resplandor
luminoso
nocturno y luz
intrusa o molesta

© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible

**Incidencia de la contaminación
luminosa nocturna**





© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible



© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA`TT
Pirineu Sostenible

Catalunya “by night”



© Lluís Miret i Mas

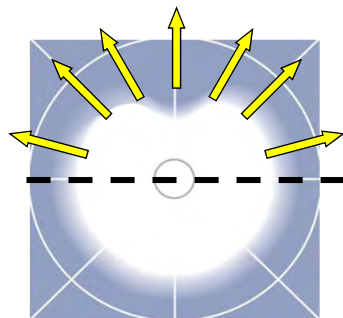
PIRINNOWA`TT
Pirineu Sostenible

Clasificación de zonas

- E1. Entornos o paisajes oscuros.
 - ▢ Máximo nivel de protección: Observatorios astronómicos internacionales, parques naturales,...
- E2. Áreas de brillo o luminosidad baja.
 - ▢ Extrarradios de las ciudades, áreas rurales,...
- E3. Áreas de brillo o luminosidad media
 - ▢ Zonas urbanas residenciales
- E4. Áreas de brillo o luminosidad alta
 - ▢ Centros urbanos, sectores comerciales y de ocio, zonas residenciales,...

© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible



Limitación del Flujo Hemisférico Superior Instalado

CLASIFICACIÓN DE ZONAS	FLUJO HEMISFÉRICO SUPERIOR INSTALADO $F_{HS_{INST}}$
E1	$\leq 1\%$
E2	$\leq 5\%$
E3	$\leq 15\%$
E4	$\leq 25\%$

© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible

Flujo hemisférico superior



© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible

Farolas con contaminación nocturna



© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible

Para disminuir la luminosidad hacia el cielo:

- Limitar la luz de las luminarias hacia el cielo:
Flujo Hemisférico Superior
- Limitar la superficie iluminada a la necesaria.
- Limitar la iluminancia a lo necesario. Máximo 20% prescrito medio. (ITC-EA-02)
- En zonas E1: Lámparas monocromáticas (sodio) o filtrado de longitudes de onda < 440 nm

© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible

Luz intrusa o molesta



- Efectos sobre residentes
 - Iluminancia vertical.
Especialmente ventanas
 - Luminancia de luminarias
- Efectos sobre ciudadanos
 - Luminancia media de paramentos verticales
 - Luminancia máxima de rótulos y anuncios
- Efectos sobre usuarios de transporte
 - Ti sistema alumbrado

© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible

Luz intrusa o molesta

Parámetros luminotécnicos	Valores máximos			
	Observatorios astronómicos y parques naturales E1	Zonas periurbanas y áreas rurales E2	Zonas urbanas residenciales E3	Centros urbanos y áreas comerciales E4
Iluminancia vertical (E_v)	2 lux	5 lux	10 lux	25 lux
Intensidad luminosa emitida por las luminarias (I)	2.500 cd	7.500 cd	10.000 cd	25.000 cd
Luminancia media de las fachadas (L_m)	5 cd/m ²	5 cd/m ²	10 cd/m ²	25 cd/m ²
Luminancia máxima de las fachadas (L_{max})	10 cd/m ²	10 cd/m ²	60 cd/m ²	150 cd/m ²
Luminancia máxima de señales y anuncios luminosos ($L_{máx}$)	50 cd/m ²	400 cd/m ²	800 cd/m ²	1.000 cd/m ²
Incremento de umbral de contraste (TI)	Clase de Alumbrado			
	Sin iluminación	ME 5	ME3 / ME4	ME1 / ME2
	TI = 15% para adaptación a L = 0,1 cd/m ²	TI = 15% para adaptación a L = 1 cd/m ²	TI = 15% para adaptación a L = 2 cd/m ²	TI = 15% para adaptación a L = 5 cd/m ²



Consell Comarcal
de l'Alt Urgell



Rd
Ripollès Desenvolupament



PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible



**Componentes de
las instalaciones**

ITC-EA-04

© Lluís Miret i Mas

Aquesta acció està subvencionada pel Servei Públic d'Ocupació de Catalunya en el marc del Programa de projectes innovadors i experimentals.





Lámparas



- Eficacia luminosa de las lámparas (excepto iluminaciones navideñas y festivas)

Tipo de instalación	Eficacia luminosa
Alumbrados de vigilancia y seguridad nocturna y de señales y anuncios luminosos	> 40 lum/W
Alumbrados vial, específico y ornamental	>65 lum/W

© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible

Luminarias y proyectores

PARÁMETROS	ALUMBRADO VIAL		RESTO ALUMBRADOS (1)	
	Funcional	Ambiental	Proyectores	Luminarias
Rendimiento	≥ 65%	≥ 55%	≥ 55%	≥ 60%
Factor de utilización	(2)	(2)	≥ 0,25	≥ 0,30

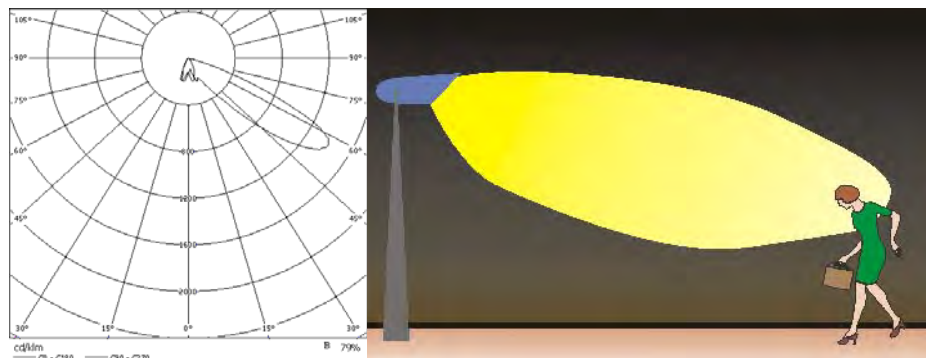
(1) A excepción de alumbrado festivo y navideño.
(2) Alcanzarán los valores que permitan cumplir los requisitos mínimos de eficiencia energética establecidos en las tablas 1 y 2 de la ITC-EA-01.

- Además
 - Flujo hemisférico superior según ITC-EA-03
 - Factor de mantenimiento según ITC-EA-06

© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible

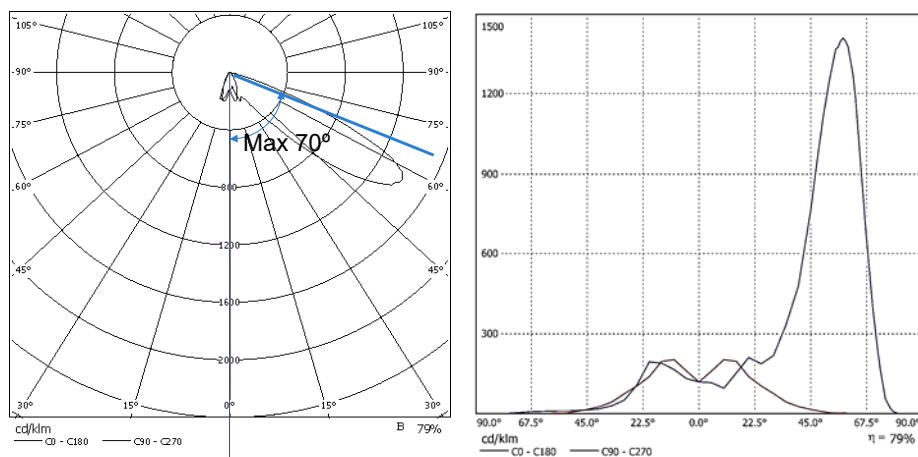
Proyectores: Alumbrado de superficies horizontales



© Lluís Miret i Mas

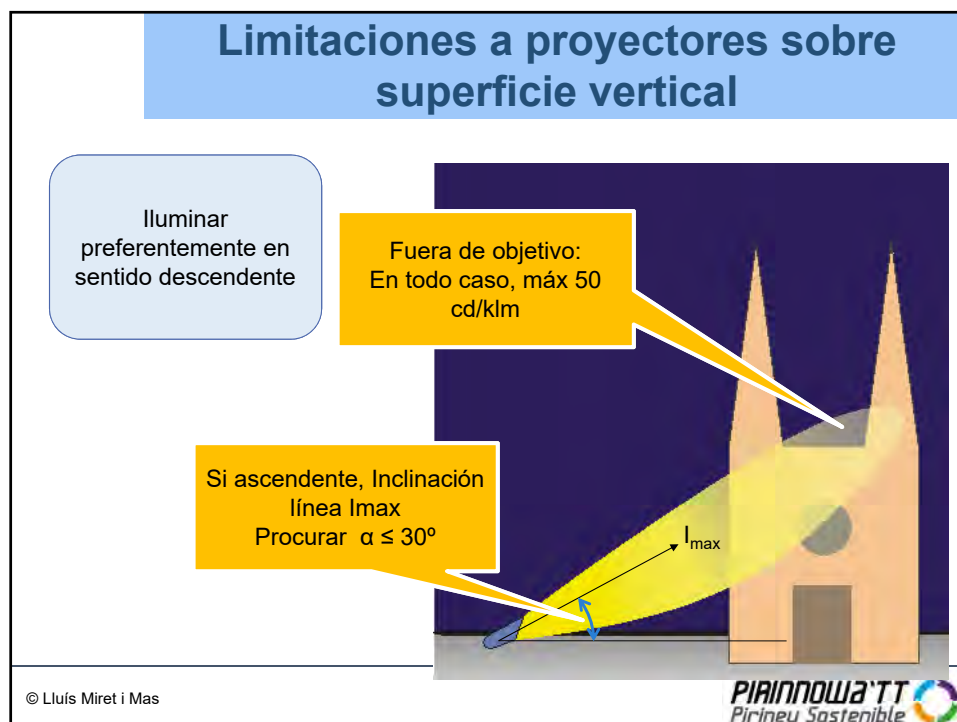
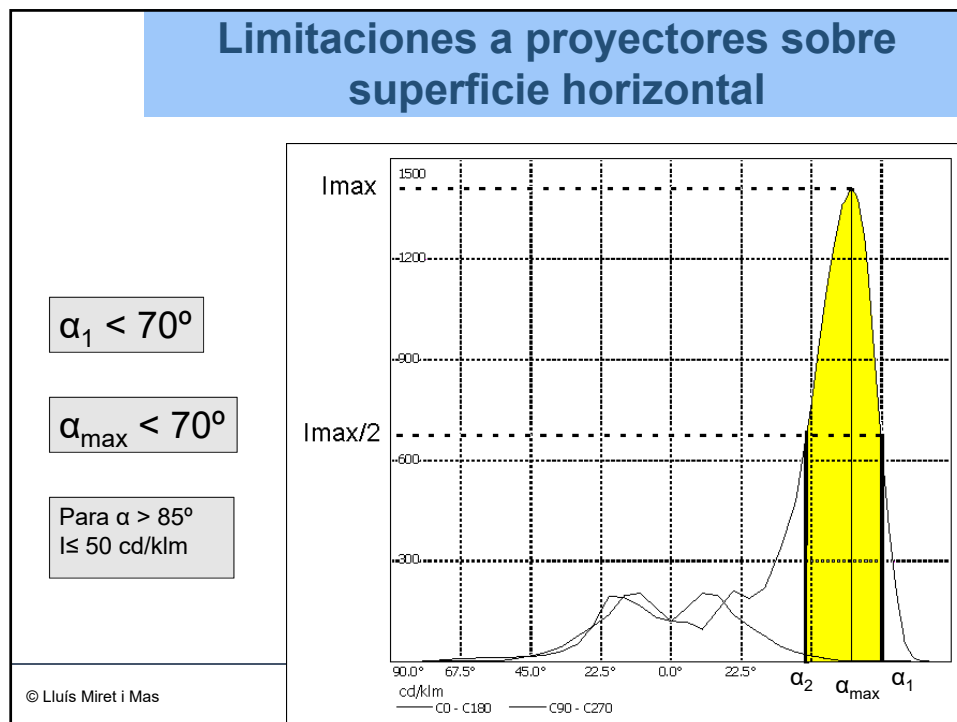
PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible

Proyectores



© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible





© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible

Equipos auxiliares. Potencias máximas totales

SAP	Sodio Alta Presión	HM	Halogenuros Metálicos	
SBP	Sodio Baja Presión	VM	Vapor de Mercurio	
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

Además, para lámparas fluorescentes, RD838/2002

© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible

Otras prescripciones

- Sistemas de accionamiento
 - Asegurar horarios y necesidad: Relojes, fotocélulas, control centralizado,
 - Si potencia $\geq 5\text{kW}$, reloj o sistema centralizado
 - Si potencia $< 5\text{kW}$, puede incorporar fotocélula.
- Sistemas de regulación
 - Capaz de regular hasta el 50% del nivel luminoso, pero manteniendo la uniformidad
 - Métodos
 - Balasto serie tipo inductivo
 - Reguladores-estabilizadores en cabecera
 - Balastos electrónicos

© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA^{TT}
Pirineu Sostenible



Consell Comarcal
de l'Alt Urgell

Rd
Ripollès Desenvolupament

PIRINNOWA^{TT}
Pirineu Sostenible



**Documentación técnica,
verificaciones e
inspecciones**

ITC-EA-05

© Lluís Miret i Mas

Aquesta acció està subvencionada pel Servei Públic d'Ocupació de Catalunya en el marc del Programa de projectes innovadors i experimentals.

SOC

Servei d'Ocupació
de Catalunya



**Generalitat
de Catalunya**



Documentación técnica

- Proyecto o Memoria Técnica de Diseño, según REBT:
 - $P > 5\text{kW}$: Proyecto
 - $P \leq 5\text{kW}$: MTD
- Índice de contenidos mínimos para cada caso

© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible 

Verificaciones e inspecciones

	$P \leq 5\text{kW}$	$P > 5\text{kW}$
Verificación inicial	Sí	Sí
Inspección inicial	No	Sí
Cada 5 años	Verificación	Inspección

- Verificación: Instalador eléctrico habilitado REBT
- Inspección: Organismo de Control de la Administración

© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible 

Verificación

- Instalador habilitado:
 - Potencia eléctrica consumida
 - Iluminancia media
 - Uniformidad
- Inspección inicial del Organismo de Control
 - Verificación completa con todas la medidas eléctricas y luminotécnicas indicadas
 - Discrepancia:
 - Índice de eficiencia energética no menor que el 10% del proyecto.
 - Calificación energética coincidente con el proyecto.

© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible



Consell Comarcal
de l'Alt Urgell



Ripollès Desenvolupament

PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible




**Mantenimiento
de las
instalaciones**

ITC-EA-06

© Lluís Miret i Mas

Aquesta acció està subvencionada pel Servei Públic d'Ocupació de Catalunya en el marc del Programa de projectes innovadors i experimentals.

SOC Servei d'Ocupació
de Catalunya

 **Generalitat
de Catalunya**

 **© Luis Miret
Mas**

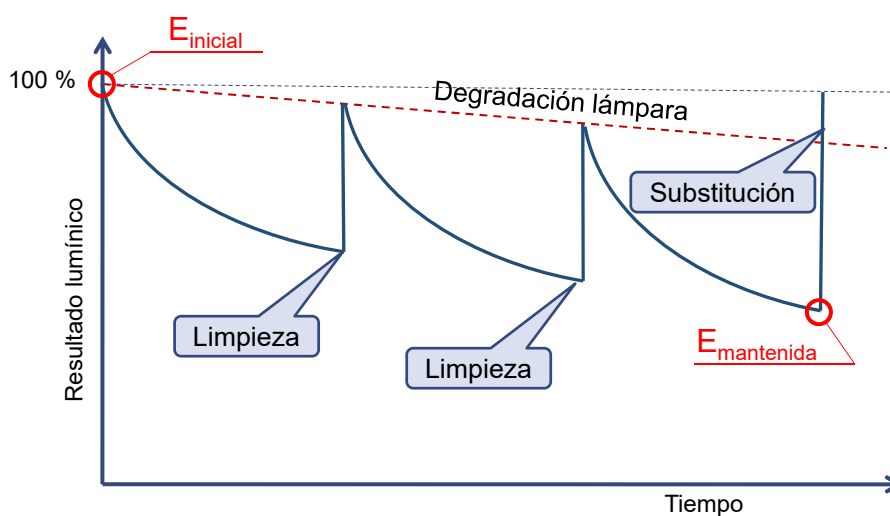
Mantenimiento y conservación.

- Incluir en el proyecto plan de mantenimiento de las instalaciones de iluminación con:
 - ▢ operaciones de reposición de lámparas con la frecuencia de reemplazamiento
 - ▢ limpieza de luminarias con la metodología prevista y periodicidad.
 - ▢ limpieza de la zona iluminada y periodicidad.
 - ▢ Mantenimiento de sistemas de regulación y control utilizados en las diferentes zonas.

© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible

Efectos del plan de mantenimiento

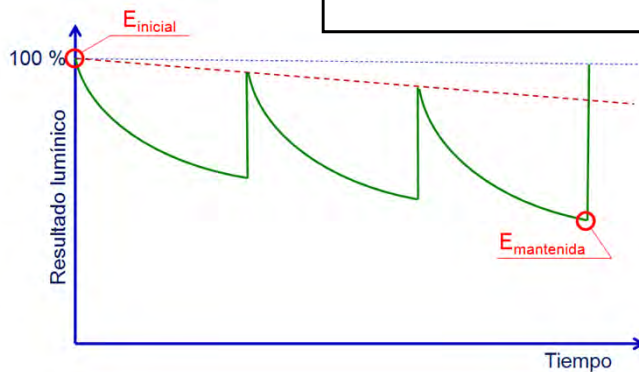


© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible

Significado del factor de mantenimiento

$$f_{\text{mantenimiento}} = \frac{E_{\text{mantenida}}}{E_{\text{inicial}}}$$



© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible

Ahorro energético por sensor de luminosidad



Esta idea no está contenida en esta ITC-EA-06
Se incluye aquí solo para comprensión de la posibilidad

© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible

Factor de mantenimiento

$$f_m = \frac{E_{servicio}}{E_{inicial}} = FDFL \cdot FSL \cdot FDLU \cdot FDSR$$

- f_m : Factor de mantenimiento
- E: Iluminancia en servicio
- E_i : Iluminancia inicial
- FDFL: Factor de depreciación del flujo luminoso de la lámpara
- FSL: Factor de supervivencia de la lámpara
- FDLU: Factor de depreciación de la luminaria
- FDSR: Factor de depreciación de las superficies del recinto (especialmente túneles)

© Lluís Miret i Mas



Factores

- Factores relativos a la lámpara
FDFL y FSL:
 - Tablas en función de tipo de lámpara y número de horas de funcionamiento
- Factor relativo a la luminaria FDLU:
 - Tabla en función del grado IP de la luminaria, contaminación del medio e intervalo entre limpiezas.
- Factor de superficies del recinto FDSR:
 - Tabla según índice del recinto, iluminación directa o indirecta, intervalo de limpieza, grado de contaminación.

© Lluís Miret i Mas



Tabla 1 – Factores de depreciación del flujo luminoso de las lámparas (FDFL)

Tipo de lámpara	Periodo de funcionamiento en horas				
	4.000 h	6.000 h	8.000 h	10.000 h	12.000 h
Sodio alta presión	0,98	0,97	0,94	0,91	0,90
Sodio baja presión	0,98	0,96	0,93	0,90	0,87
Halogenuros metálicos	0,82	0,78	0,76	0,76	0,73
Vapor de mercurio	0,87	0,83	0,80	0,78	0,76
Fluorescente tubular Trifósforo	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91
Fluorescente tubular Halofosfato	0,82	0,78	0,74	0,72	0,71
Fluorescente compacta	0,91	0,88	0,86	0,85	0,84

© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible

Tabla 2 – Factores de supervivencia de las lámparas (FSL)

Tipo de lámpara	Periodo de funcionamiento en horas				
	4.000 h	6.000 h	8.000 h	10.000 h	12.000 h
Sodio alta presión	0,98	0,96	0,94	0,92	0,89
Sodio baja presión	0,92	0,86	0,80	0,74	0,62
Halogenuros metálicos	0,98	0,97	0,94	0,92	0,88
Vapor de mercurio	0,93	0,91	0,87	0,82	0,76
Fluorescente tubular Trifósforo	0,99	0,99	0,99	0,98	0,96
Fluorescente tubular Halofosfato	0,99	0,98	0,93	0,86	0,70
Fluorescente compacta	0,98	0,94	0,90	0,78	0,50

© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible

Tabla 3 – Factores de depreciación de las luminarias (FDLU)

Grado protección sistema óptico	Grado de contaminación	Intervalo de limpieza en años				
		1 año	1,5 años	2 años	2,5 años	3 años
IP 2X	Alto	0,53	0,48	0,45	0,43	0,42
	Medio	0,62	0,58	0,56	0,54	0,53
	Bajo	0,82	0,80	0,79	0,78	0,78
IP 5X	Alto	0,89	0,87	0,84	0,80	0,76
	Medio	0,90	0,88	0,86	0,84	0,82
	Bajo	0,92	0,91	0,90	0,89	0,88
IP 6X	Alto	0,91	0,90	0,88	0,85	0,83
	Medio	0,92	0,91	0,89	0,88	0,87
	Bajo	0,93	0,92	0,91	0,90	0,90

A los efectos del cálculo del factor de mantenimiento, 1 año equivale a 4.000 h de funcionamiento.

Grados de contaminación del medio

- Alto: Humo, polvo, medio corrosivo
 - Vías de tráfico rodado de muy alta intensidad de tráfico. Zonas expuestas al polvo, contaminación atmosférica elevada y, eventualmente, a compuestos corrosivos generados por la industria de producción o de transformación. Sectores sometidos a la influencia marítima.
- Medio: Entorno con generadores moderados de polvo o humo, tráfico medio,
 $150 < \text{contenido partículas} \leq 600 \mu\text{g} / \text{m}^3$
 - Vías urbanas o periurbanas y zonas residenciales, de actividad u ocio, sometidas a una intensidad de tráfico medio. Aparcamientos al aire libre de vehículos
- Bajo: Circundantes de zonas medias, tráfico ligero,
 $\text{contenido partículas} \leq 150 \mu\text{g} / \text{m}^3$
 - Vías principalmente residenciales, grandes espacios de baja contaminación, medio rural

Tabla 4 – Factores de depreciación de las superficies del recinto (FDSR)

Índice del recinto ⁽¹⁾ I_r	Distribución flujo luminoso	Intervalo de limpieza en años																	
		0,5 años			1 año			1,5 años			2 años			2,5 años			3 años		
		Grado de Contaminación ⁽¹⁾			Grado de Contaminación ⁽¹⁾			Grado de Contaminación ⁽¹⁾			Grado de Contaminación ⁽¹⁾			Grado de Contaminación ⁽¹⁾			Grado de Contaminación ⁽¹⁾		
		B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A
Pequeño $I_r = 0,7$	Directo	0,97	0,96	0,95	0,97	0,94	0,93	0,96	0,94	0,92	0,95	0,93	0,90	0,94	0,92	0,89	0,94	0,92	0,88
	Direc/Indirec	0,94	0,88	0,84	0,90	0,86	0,82	0,89	0,83	0,80	0,87	0,82	0,78	0,85	0,80	0,75	0,84	0,79	0,74
	Indirecto	0,90	0,84	0,80	0,85	0,78	0,73	0,83	0,75	0,69	0,81	0,73	0,66	0,77	0,70	0,62	0,75	0,68	0,59
Medio $I_r = 2,5$	Directo	0,98	0,97	0,96	0,98	0,96	0,95	0,97	0,96	0,95	0,96	0,95	0,94	0,96	0,95	0,94	0,96	0,95	0,94
	Direc/Indirec	0,95	0,90	0,86	0,92	0,88	0,85	0,90	0,86	0,83	0,89	0,85	0,81	0,87	0,84	0,79	0,86	0,82	0,78
	Indirecto	0,92	0,87	0,83	0,88	0,82	0,77	0,86	0,79	0,74	0,84	0,77	0,70	0,81	0,74	0,67	0,78	0,72	0,64
Grande $I_r = 5$	Directo	0,99	0,97	0,96	0,98	0,96	0,95	0,97	0,96	0,93	0,96	0,95	0,94	0,96	0,95	0,94	0,96	0,95	0,94
	Direc/Indirec	0,95	0,90	0,86	0,94	0,88	0,85	0,90	0,86	0,83	0,89	0,85	0,81	0,87	0,84	0,79	0,86	0,82	0,78
	Indirecto	0,92	0,87	0,83	0,88	0,82	0,77	0,86	0,79	0,74	0,84	0,77	0,70	0,81	0,74	0,68	0,78	0,72	0,65

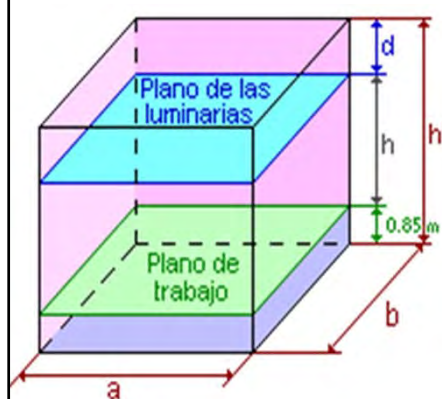
⁽¹⁾ Grado de contaminación: B = baja, M = media, A = alta

⁽²⁾ Índice del recinto $I_r = \frac{L \cdot A}{H \cdot (L + A)}$; siendo L = longitud recinto, A = anchura recinto y H = altura montaje luminarias

© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible

Índice I_r del recinto



$$I_r = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)}$$

- a: anchura
- b: longitud
- h: altura desde la luminaria hasta el plano de trabajo

Alternativa recinto
no rectangular

$$I_r = \frac{2 \cdot \text{Superficie iluminada}}{\text{Superficie paredes laterales luz}}$$

Registro de operaciones

- El responsable del mantenimiento es el titular.
- Limpieza y substitución de lámparas puede hacerlas el titular o por subcontrata.
- El verificador ha de ser un instalador habilitado en baja tensión.
- Obligación de llevar un registro de operaciones.
- Los documentos deben guardarse durante 5 años.

© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA`TT
Pirineu Sostenible 



Consell Comarcal
de l'Alt Urgell



Ripollès Desenvolupament

PIRINNOWA`TT
Pirineu Sostenible 

Mediciones y cálculos luminotécnicas

ITC-EA-07

© Lluís Miret i Mas

Aquesta acció està subvencionada pel Servei Públic d'Ocupació de Catalunya en el marc del Programa de projectes innovadors i experimentals.



Generalitat
de Catalunya



Contenidos de la ITC-EA-07



Complementar
con definiciones
y fórmulas
de Artículo 3

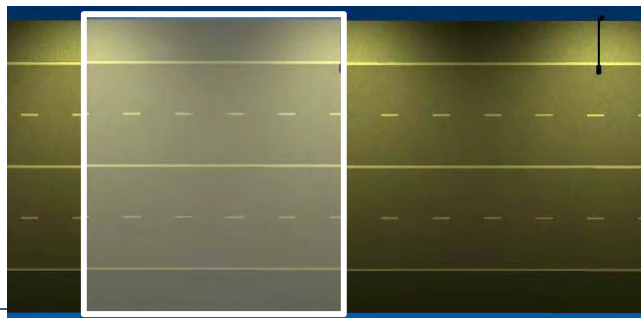
- Aspectos generales
- Medida de Luminancia
- Medida de Iluminancia
 - General
 - Glorietas
- Deslumbramiento perturbador
 - General
 - Glorietas
- Relación de entorno SR

© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible

Seleccionar zonas representativas del trazado.

- ILUMINACIÓN EN UN LADO
 - Tramo entre dos farolas.
 - Ancho completo



© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible

Magnitudes utilizadas en las clases de alumbrado

- Luminancia
 - Luminancia media. L_m (cd/m^2)
 - Uniformidad global. U_0
 - Uniformidad longitudinal. U_l
- Iluminancia horizontal
 - Iluminancia media. E_m (lx)
 - Iluminancia mínima. E_{min} (lx)
 - Uniformidad media. U_m
- Deslumbramiento perturbador. Incremento del umbral. TI (%)
- Iluminación de alrededores. Relación de entorno. SR

© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible 

Otras condiciones a comprobar

- Tensión de alimentación
- Influencia de otras instalaciones:
 - Faros de vehículos
 - Area límite
- Condiciones meteorológicas
 - Estado del pavimento: Seco o mojado
 - Brumas y nieblas
- Valoración de resultados
 - Diferencia máxima: 10% de cálculos del proyecto

© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible 

Contenidos de la ITC-EA-07

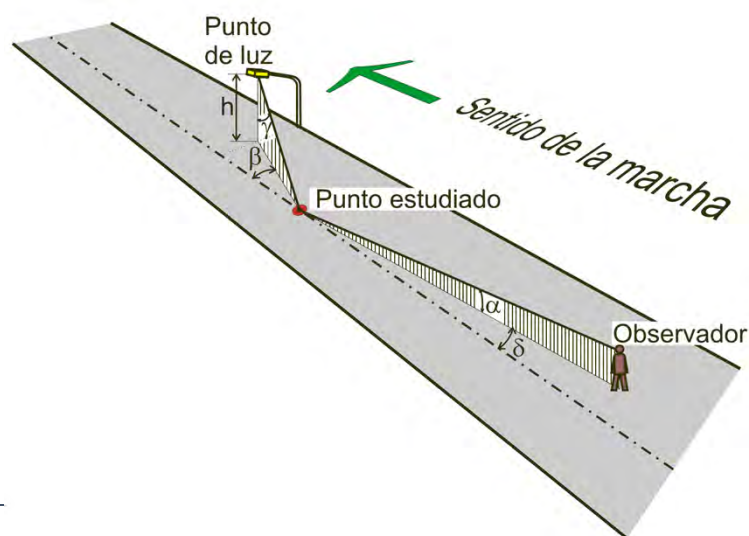


- Aspectos generales
- Medida de Luminancia
- Medida de Iluminancia
 - General
 - Glorietas
- Deslumbramiento perturbador
 - General
 - Glorietas
- Relación de entorno SR

© Lluís Miret i Mas

PIRINEUWA'TT
Pirineu Sostenible

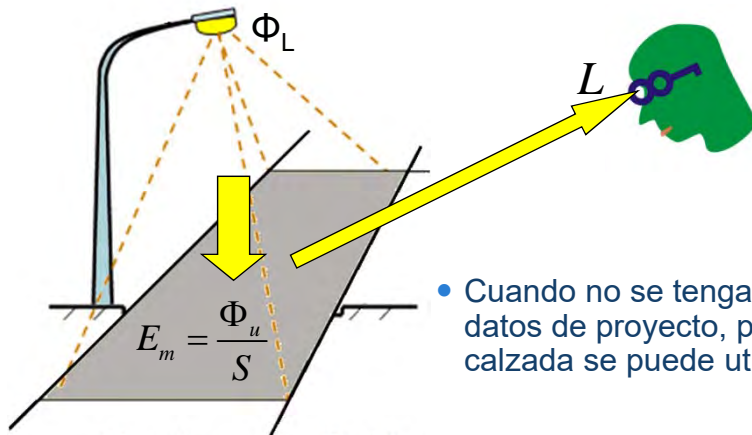
Ángulos estudio luminancia



© Lluís Miret i Mas

Pirineu Sostenible

Luminancia



- Cuando no se tengan mejores datos de proyecto, para una calzada se puede utilizar:

$$\text{Iluminancia } E_m (\text{lux}) = 15 \times \text{Luminancia } L (\text{cd} / \text{m}^2)$$

© Lluís Miret i Mas

PIRINOWA TT
Pirineu Sostenible

Fórmulas relativas a cálculos de luminancia de un punto

- Coeficiente de luminancia q (C,α,β,γ)

$$q = \frac{L \left\{ \frac{\text{cd}}{\text{m}^2} \right\}}{E \left\{ \text{lux} \right\}} \approx \frac{1}{15}$$

- Coeficiente de luminancia reducido r. Como q es función de ángulos y tipos de superficie, hay tablas de r.

$$r = q \cdot \cos^3 \gamma$$

- Cálculos de luminancia:

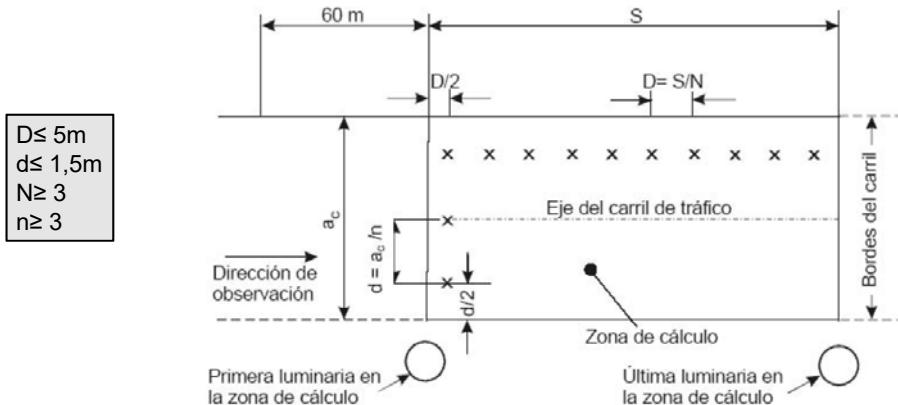
$$L = q \cdot E = \frac{I \cdot r}{h^2}$$

© Lluís Miret i Mas

PIRINOWA TT
Pirineu Sostenible

Medida de luminancia: Puntos de cálculo.

- Se establece una retícula de puntos según marca la ITC-EA-07



© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible

Medidas de la luminancia: Posición del observador

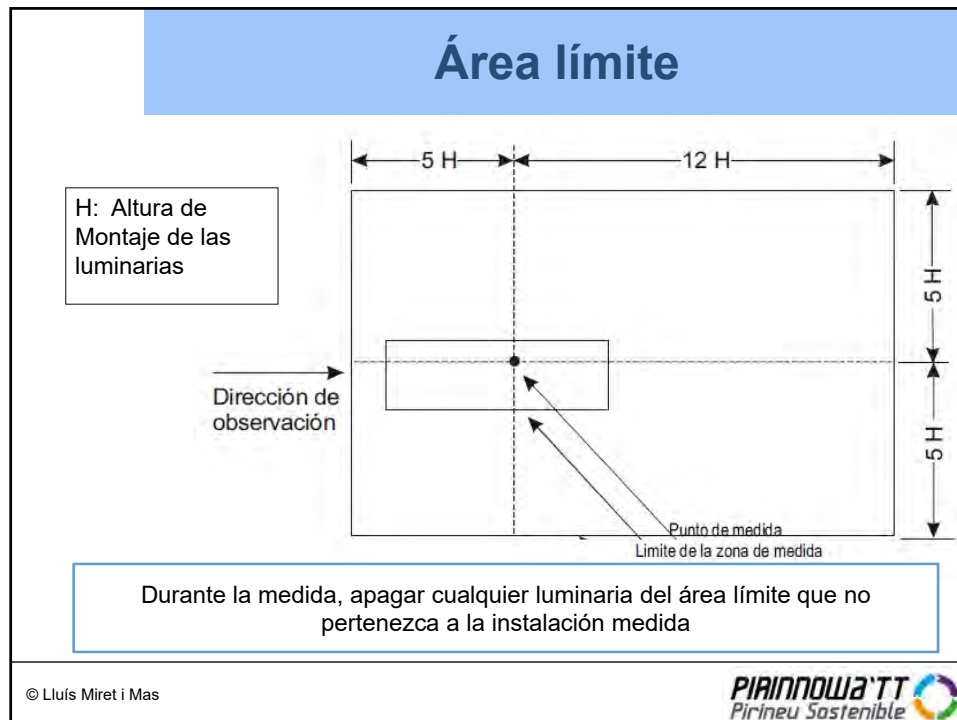
- Posición del observador
 - Distancia 60 m primera farola
 - Altura 1,5 m
- Luminancia media y uniformidad global
 - Posición observador $\frac{1}{4}$ ancho calzada
- Uniformidades longitudinales
 - Posición observador cada eje de carril

MÁXIMOS

MÍNIMOS

© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible



Valores resumen de la medición, a comparar con los prescritos

- Luminancia media L_m :
 - Valor medio de las luminancias en los puntos de la retícula.
- Uniformidad global U_0 :
 - Cociente entre la luminancia mínima en un punto de la retícula y la luminancia media L_m .
- Uniformidad longitudinal U_l :
 - Para cada uno de los carriles: Cociente entre la luminancia mínima y máxima de los puntos del eje del carril. Para el conjunto del alumbrado se toma el valor mínimo de los U_l .

$$U_0 = \frac{L_{\text{mínima}}}{L_{\text{media}}}$$
$$U_l = \frac{L_{\text{mínima del eje}}}{L_{\text{máxima del eje}}}$$

© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible

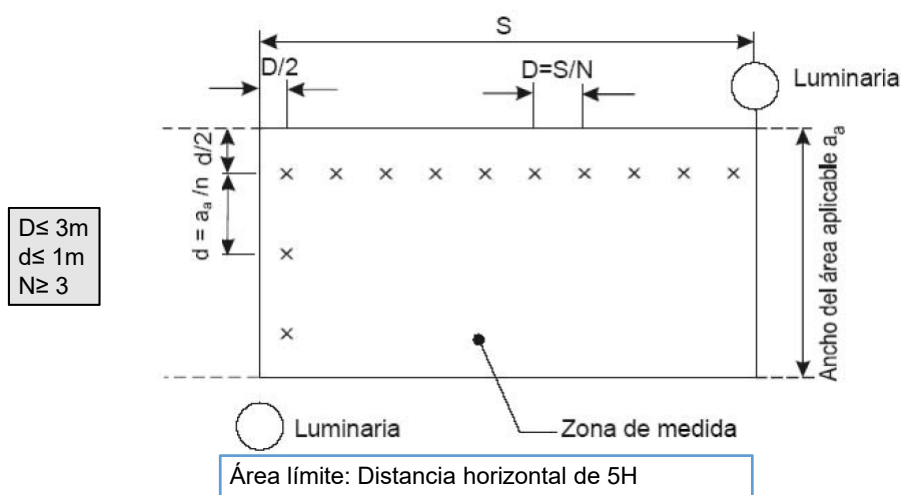
Contenidos de la ITC-EA-07

- Aspectos generales
- Medida de Luminancia
- Medida de Iluminancia
 - General
 - Glorietas
- Deslumbramiento perturbador
 - General
 - Glorietas
- Relación de entorno SR

© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA'TT
Pirineu Sostenible

Medida de iluminancia en general: Retícula de medida y área límite



© Lluís Miret i Mas

PIRINEU SOSTENIBLE
Pirineu Sostenible

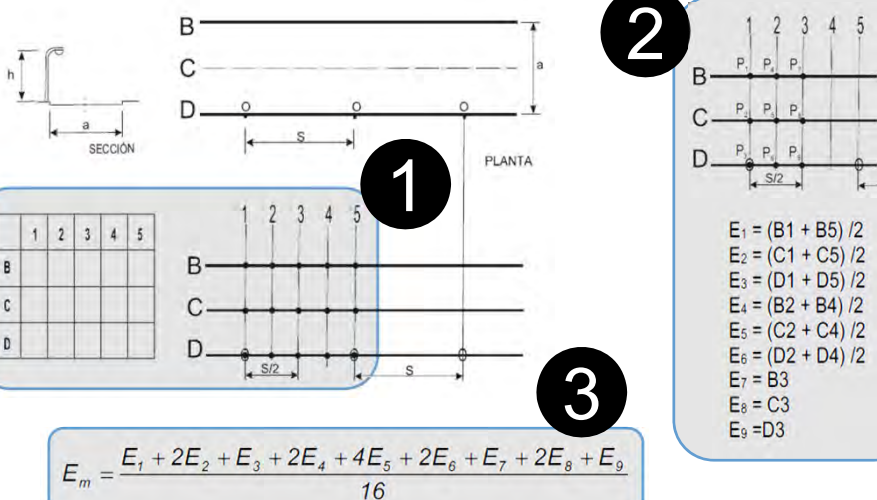
Método de “los 9 puntos”. Resumen

1. Se miden las iluminancias de 15 puntos:
de B1 a D5
2. Se calculan las iluminancias E_i de 9 puntos
teóricos:
de P1 a P9
3. Se calcula la iluminancia media E_m

© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible

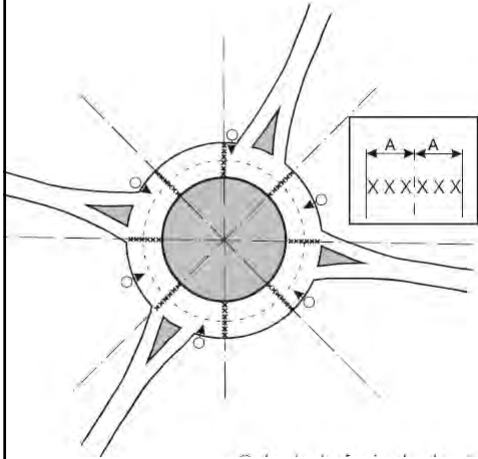
Iluminancia: Método “9 puntos”



© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible

Iluminancia de glorietas



- Retícula radial de 8 radis a 45°
- 3 punts de medición en cada radio para cada carril

- $$E_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} E_i$$

- $$U_m = \frac{\min(E_i)}{E_m}$$

© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible

Contenidos de la ITC-EA-07

- Aspectos generales
- Medida de Luminancia
- Medida de Iluminancia
 - General
 - Glorietas
- Deslumbramiento perturbador
 - General
 - Glorietas
- Relación de entorno SR



© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible

Deslumbramiento perturbador

- Luminancia de velo L_v (en cd/m^2):

$$L_v = 10 \cdot \sum (E_g / \theta^2)$$

- E_g : Iluminancia producida en el ojo en un plano perpendicular a la línea de visión
- θ en grados

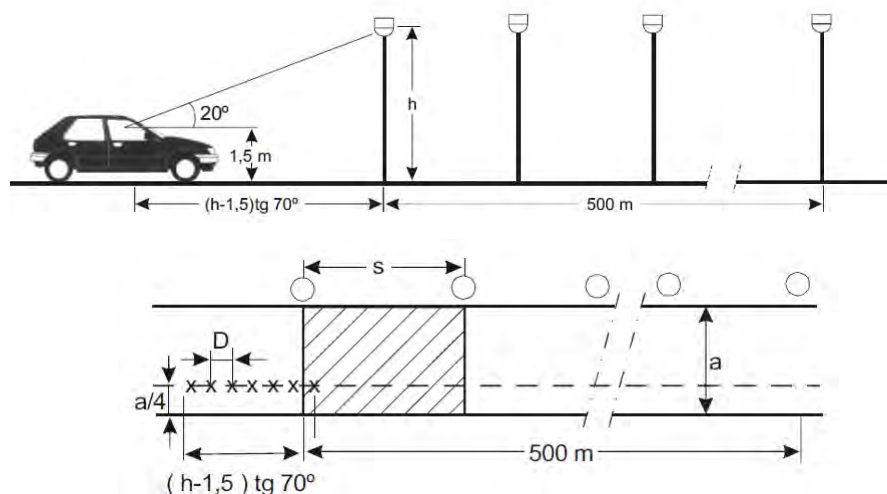
- Incremento del umbral de percepción TI (en %)

$$TI = 65 \cdot \frac{L_v}{(L_m)^{0.8}}$$

© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible

Posición del observador para medida de deslumbramiento perturbador



© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible

Luminarias que se tienen en cuenta para el cálculo del deslumbramiento perturbador.

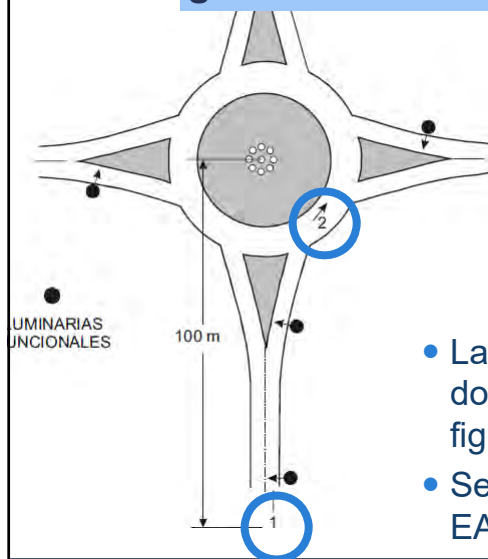
- Luminarias que están con ángulo de visión $\leq 20^\circ$
- Se comienza con la luminaria más cercana
- Para cada luminaria, se convierte iluminancia ($E_i = \text{lux}$) a cd/m^2 y se acumula a L_v
$$L_v = 10 \cdot \sum (E_g / \theta^2)$$

- Se detiene cuando
 - Dist > 500 m
 - o $\Delta L_v \leq 2\%$

© Lluís Miret i Mas

PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible

Deslumbramiento perturbador en glorietas

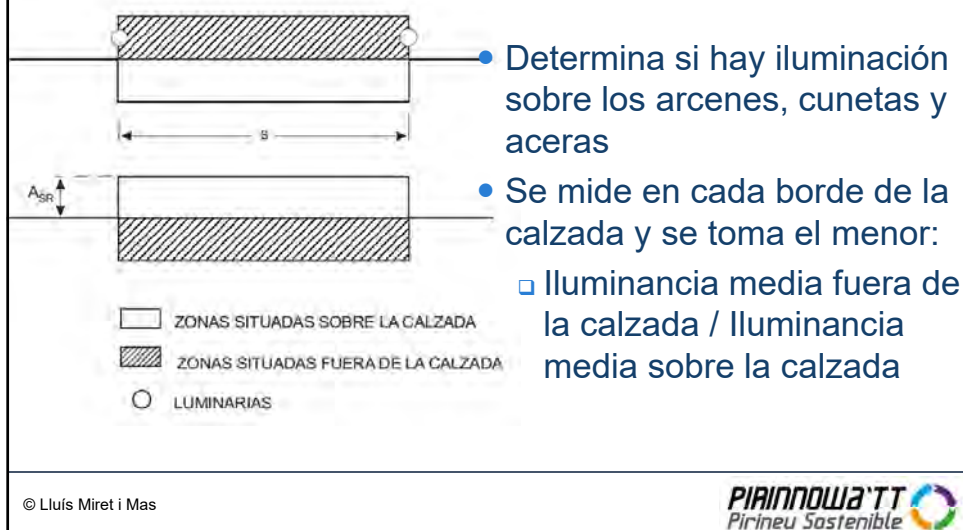


- Las mediciones se toman en dos posiciones: 1 y 2 en la figura
- Se usa el índice GR de ITC-EA-02

© Lluís Miret i Mas

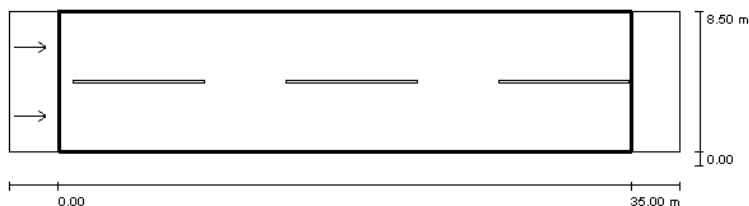
PIRINNOWA TT
Pirineu Sostenible

Relación de entorno SR



DIALux

Calle 1 / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Sumario de los resultados



Factor mantenimiento: 0.50

Escala 1:294

Trama: 12 x 6 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.

Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070, Revestimiento de la calzada (mojado): W3, q0 (mojado): 0.200

Clase de iluminación seleccionada: MEW5

(Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]	SR	U0 (mojado)
Valores reales según cálculo:	1.0	0.72	0.8	13	0.7	0.21
Valores de consigna según clase:	≥ 0.5	≥ 0.35	/	≤ 15	≥ 0.5	≥ 0.15
Cumplido/No cumplido:	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Observador respectivo (2 Pieza):

Nº	Observador	Posición [m]	L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]	U0 (mojado)
1	Observador 1	(-60.000, 2.125, 1.500)	1.0	0.80	0.8	13	0.28
2	Observador 2	(-60.000, 6.375, 1.500)	1.1	0.72	0.8	12	0.21