

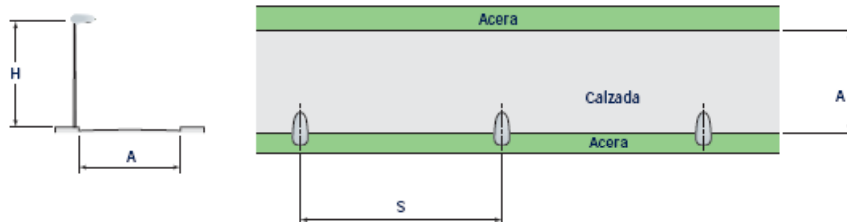
Introducción Iluminación Vial y Urbana

Alumbrado ambiental

Alumbrado viario tipologías distribución

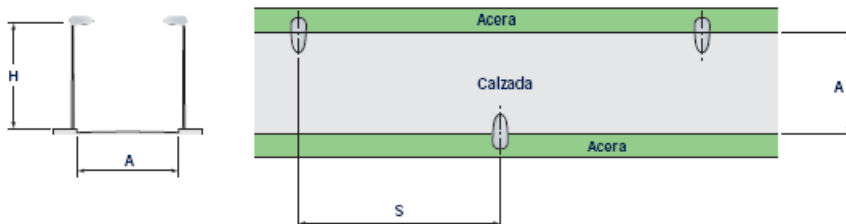
Unilateral

Cuando los puntos de luz se sitúan en un mismo lado de la vía de tráfico . Se utilizará generalmente cuando la anchura A de la calzada sea igual o inferior a la altura H de montaje de las luminarias.



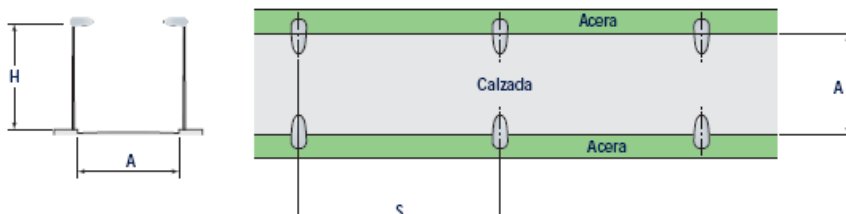
Bilateral tresbolillo

Cuando los puntos de luz se sitúan en ambos lados de la vía de tráfico a tresbolillo o en zigzag . Se utilizará principalmente cuando la anchura de la calzada A sea de 1 a 1'5 veces la altura H de montaje de las luminarias, considerándose más idóneo el intervalo de 1 a 1'3 H.



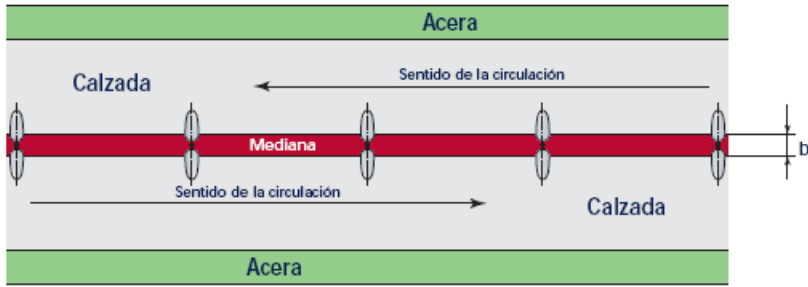
Bilateral pareada

Cuando los puntos de luz se sitúan en ambos lados de la vía de tráfico, uno opuesto al otro (Fig. 13). Se utilizará normalmente cuando la anchura de la calzada A sea mayor de 1'5 veces la altura H de montaje de las luminarias, considerándose más adecuado utilizarlo cuando la anchura supere 1'3 veces la altura H.



Central o axial

En las vías de tráfico con mediana de separación entre los dos sentidos de circulación, los puntos de luz se implantarán en columnas o báculos de doble brazo, situados en la mediana central, cuando la anchura de ésta esté comprendida entre 1 y 3 m.



Para anchuras de medianas superiores a 3 m. no se utilizarán báculos dobles. En cualquier caso, la disposición se estudiará como si se tratara de dos calzadas independientes, dando lugar a las implantaciones de las figuras siguientes, en este caso se puede incitar a los conductores de los vehículos para que circulen permanentemente por el carril de tráfico más próximo a la mediana (carril de la izquierda).

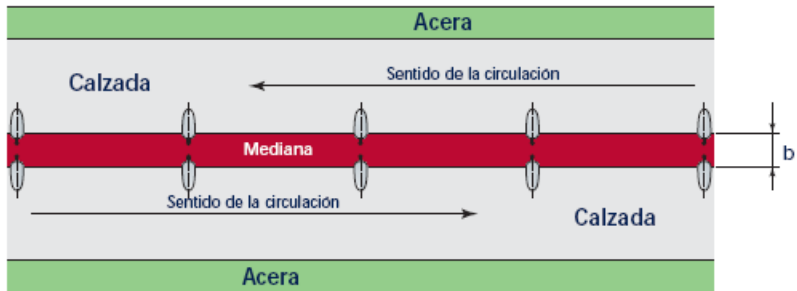
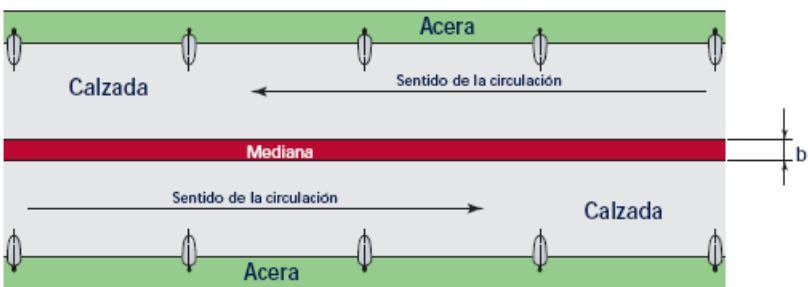
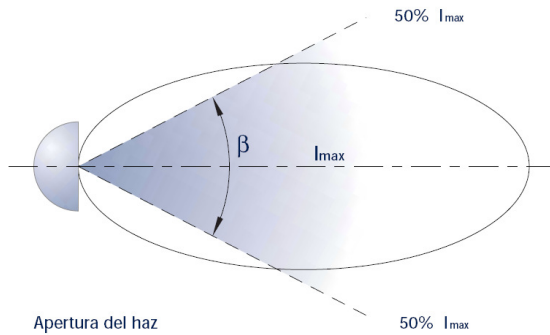


Figura 16. Implantación para valores de $b > 3\text{m}$.

Alumbrado de proyección

La iluminación de un lugar (escena, área) o de un objeto, por medio de proyectores, a fin de aumentar fuertemente su iluminación en relación con los alrededores. Los proyectores también se clasifican de acuerdo con la apertura de su haz que es el ángulo, en un plano que contiene al eje del haz, sobre el cual la intensidad luminosa disminuye hasta un porcentaje determinado (generalmente 50% o 10%) de su valor pico.

Descripción	Apertura del haz (al 50% I_{max})
Haz estrecho	$< 20^\circ$
Haz medio	20° a 40°
Haz ancho	$> 40^\circ$



Para un proyector con distribución de la intensidad de la luz rotacionalmente simétrica (es decir, una distribución que permanece sin cambios independientemente del plano que contiene al eje del haz que se considere) se puede establecer una cifra para la apertura del haz, por ejemplo 28° a ambos lados del eje del haz.

En los casos de distribución asimétrica, como la proporcionada por los proyectores rectangulares, se dan dos cifras: por ejemplo $6^\circ/24^\circ$, ya que el haz se disemina en los dos planos mutuamente perpendiculares de simetría (vertical y horizontal respectivamente). En ocasiones, la distribución en el plano vertical de dichos proyectores es asimétrica con relación al eje del haz. En ese caso, se dan dos cifras para la apertura del haz en este plano: por ejemplo $5^\circ - 8^\circ/24^\circ$, esto es 5° por encima y 8° por debajo del eje del haz y en el plano horizontal 12° a la izquierda y 12° a la derecha del haz.

Magnitudes lumínicas de las luminarias:

1. Eficacia luminosa de una lámpara

Es la relación entre el flujo luminoso emitido por la lámpara y la potencia consumida por ésta. Se expresa en lm/W (lúmenes/vatio).

2. Flujo luminoso

Potencia emitida por una fuente luminosa en forma de radiación visible y evaluada según su capacidad de producir sensación luminosa, teniendo en cuenta la variación de la sensibilidad del ojo con la longitud de onda. Su símbolo es Φ y su unidad es el lumen (lm).

3. Flujo Hemisférico Superior Instalado de la Luminaria (FHSinst)

También denominado ULORinst, se define como la proporción en % del flujo de una luminaria que se emite sobre el plano horizontal que pasa por el centro óptico de la luminaria respecto al flujo total saliente de la luminaria, cuando la misma está montada en su posición de instalación.

4. Rendimiento de una Luminaria

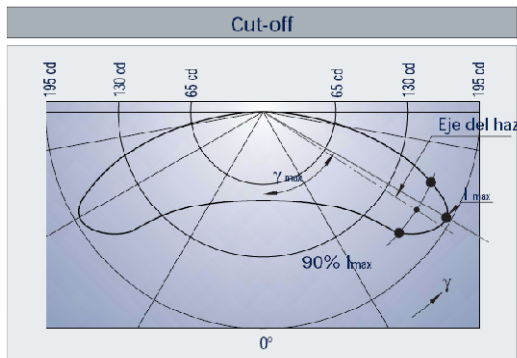
Es la relación entre el flujo luminoso total procedente de la luminaria y el flujo luminoso emitido por la lámpara o lámparas instaladas en la luminaria. Su símbolo es η y carece de unidades.

5. Intensidad luminosa

Es el flujo luminoso por unidad de ángulo sólido. Esta magnitud tiene característica direccional, su símbolo representativo es I y su unidad es la candela, cd = lm/sr (lumen/estereorradián).

6. Alcance

El alcance está definido por el ángulo γ_{max} que forma el eje del haz con la vertical que va hacia abajo. El eje del haz está definido por la dirección de la bisectriz del ángulo formado por las dos direcciones de $90\% I_{max}$ en el plano vertical de intensidad máxima.



Curva polar de intensidad en el plano que contiene la intensidad luminosa máxima, que indica el ángulo utilizado para la determinación del alcance.

Se definen tres grados de alcance de la manera siguiente:

$\gamma_{max} < 60^\circ$: alcance corto.

$70^\circ \geq \gamma_{max} \geq 60^\circ$: alcance medio.

$\gamma_{max} > 70^\circ$: alcance largo

7. Apertura

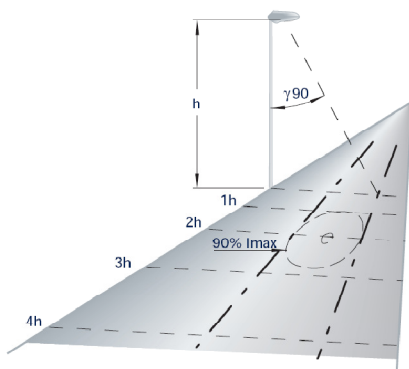
La apertura o dispersión está definida por la posición de la línea, que corre paralela al eje del camino y que apenas toca el lado más alejado del 90% I_{max} en el camino. La posición de esta línea está definida por el ángulo γ_{90} .

Los tres grados de apertura se definen de la siguiente manera:

$\gamma_{90} < 45^\circ$: apertura estrecha.

$55^\circ \geq \gamma_{90} \geq 45^\circ$: apertura media.

$\gamma_{90} > 55^\circ$: apertura ancha.



8.- Control

El control está definido por el índice específico de la luminaria, SLI de la luminaria. Este es parte de la fórmula G de control del deslumbramiento molesto que está determinado sólo por las propiedades de la luminaria.

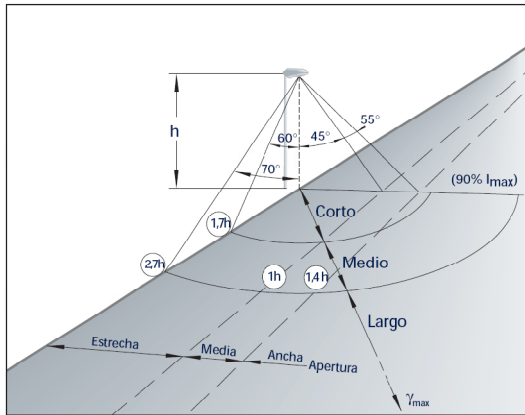
$$SLI = 13,84 \cdot 3,31 \cdot \log(I_{80}) + 1,3 \cdot \log\left(\frac{I_{80}}{188}\right)^{0,5} \cdot 0,08 \cdot \log\left(\frac{I_{80}}{188}\right) + 1,29 \cdot \log(F) + C$$

I_{80} = Intensidad luminosa a un ángulo de elevación de 80° , en un plano paralelo al eje de la calzada (cd).

= Relación entre intensidades luminosas para 80° y 88°.

F = Área emisora de luz de las luminarias (m2) proyectadas en la dirección de elevación a 76°.

C = Factor de color, variable de acuerdo al tipo de lámpara (+0.4 para sodio baja presión y 0 para las otras).



los tres grados de alcance y apertura definidos por la C.I.E., donde “h” es la altura de montaje de la luminaria.

En el caso del control, también se recomiendan tres grados, que son los siguientes:

SLI < 2 : control limitado.

4 ε SLI ε 2 : control moderado.

SLI > 4 : control estricto.

Magnitudes lumínicas de la instalación:

Deslumbramiento perturbador:

Deslumbramiento que perturba la visión de los objetos sin causar necesariamente una sensación desagradable. La medición de la pérdida de visibilidad producida por el deslumbramiento perturbador, ocasionado por las luminarias de la instalación de alumbrado público, se efectúa mediante el incremento de umbral de contraste. Su símbolo TI, carece de unidades y su expresión, en función de la luminancia de velo Lv y la luminancia media de la calzada Lm (entre 0,05 y 5 cd/m2), es la siguiente:

$$TI = 65 \frac{L_v}{(L_m)^{0.8}} \text{ (en \%)}$$

Donde:

TI = Incremento de umbral correspondiente al deslumbramiento perturbador

Lv = Luminancia de velo total en cd/m2.

Lm = Luminancia media de la calzada en cd/m2.

En el caso de niveles de luminancia media en la calzada superiores a 5 cd/m2, el incremento de umbral de contraste viene dado por:

$$TI = 95 \frac{L_v}{(L_m)^{1.05}} \text{ (en \%)}$$

2. Iluminancia horizontal en un punto de una superficie

Cociente entre el flujo luminoso incidente sobre un elemento de la superficie que contiene el punto y el área de ese elemento. Su símbolo es E y la unidad el lux (lm/m2). La expresión de la iluminancia horizontal en un punto P, en función de la intensidad luminosa que incide en dicho punto, definida por las coordenadas (C, γ) en la dirección del mismo, y de la altura h de montaje de la luminaria, es la siguiente:

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

3. Iluminancia media horizontal

Valor medio de la iluminancia horizontal en la superficie considerada. Su símbolo es Em y se expresa en lux.

4. Iluminancia mínima horizontal

Valor mínimo de la iluminancia horizontal en la superficie considerada. Su símbolo es E_{min} y se expresa en lux.

5. Iluminancia vertical en un punto de una superficie

La iluminancia vertical en un punto P en función de la intensidad luminosa que incide en dicho punto y la altura h de montaje de la luminaria es la siguiente:

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

6. Índice de deslumbramiento GR

Es el índice que caracteriza el nivel de deslumbramiento (Glare Rating), mediante la formulación empírica reflejada en la norma CIE 112:94 según la siguiente expresión:

$$GR = 27 + 24 \log \frac{L_v}{L_{ve}}$$

Siendo:

L_v = luminancia de velo debida a las (n) luminarias.

L_{ve} = luminancia de velo denominada equivalente, producida por el entorno.

7. Luminancia de Velo

Es la luminancia uniforme equivalente resultante de la luz que incide sobre el ojo de un observador y que produce el velado de la imagen en la retina, disminuyendo de este modo la facultad que posee el ojo para apreciar los contrastes. Su símbolo es (L_v) y se expresa en cd/m^2 . La luminancia de velo se debe a la incidencia de la luz emitida por una luminaria sobre el ojo de un observador en el plano perpendicular a la línea de visión, dependiendo así mismo del ángulo comprendido entre el centro de la fuente deslumbrante y la línea de visión, así como del estado fisiológico del ojo del observador. La luminancia de velo L_v responde a la siguiente expresión:

$$L_v = K \frac{E_g}{\theta^2}$$

Siendo:

K = Constante que depende fundamentalmente de la edad del observador y, aunque es variable, se adopta como valor medio 10 si los ángulos se expresan en grados, y 3×10^{-3} si se expresan en radianes.

E_g = iluminancia en lux sobre la pupila, en un plano perpendicular a la dirección visual y tangente al ojo del observador

θ = Ángulo entre el centro de la fuente deslumbrante y la línea de visión, es decir, ángulo formado por la dirección visual del observador.

8. Luminancia de velo equivalente L_{ve} producida por el entorno

Se define considerando que la reflexión del entorno es totalmente difusa, se expresa en cd/m^2 , y se calcula como

$$L_{ve} = \frac{0,035 r E_{hm}}{\pi}$$

Siendo:

r = Coeficiente de reflexión medio del área, E_{hm} = Iluminancia horizontal media del área

9. Luminancia en un punto de una superficie

Es la intensidad luminosa por unidad de superficie reflejada por la misma superficie en la dirección del ojo del observador. Su símbolo es L y su unidad la candela entre metro cuadrado (cd/m^2).

La expresión de la luminancia en un punto P, en función de la intensidad luminosa que incide en dicho punto, de la altura h de montaje de la luminaria y de las características de reflexión del pavimento $r(\beta, \theta, \gamma)$, es la siguiente:

$$L = \frac{I(c, \gamma) r (\beta, \text{tg } \gamma)}{h^2}$$

10. Luminancia media de una superficie

Valor medio de la luminancia de la superficie considerada. Su símbolo es L_m y se expresa en cd/m^2 .

11. Luz intrusa o molesta

Luz procedente de las instalaciones de alumbrado exterior que da lugar a incomodidad, distracción o reducción en la capacidad para detectar una información esencial y, por tanto, produce efectos potencialmente adversos en los residentes, ciudadanos que circulan y usuarios de sistemas de transportes.

12. Relación Entorno

Relación entre la iluminancia media de la zona situada en el exterior de la calzada y la iluminancia media de la zona adyacente situada sobre la calzada, en ambos lados de los bordes de la misma. La relación entorno SR es la más pequeña de las dos relaciones entorno calculadas. La anchura de las dos zonas de cálculo para cada relación de entorno se tomará como 5 m o la mitad de la anchura de la calzada, si ésta es inferior a 10 m.

13. Resplandor Luminoso Nocturno

Luminosidad o brillo nocturno producido, entre otras causas, por la luz procedente de las instalaciones de alumbrado exterior, bien por emisión directa hacia el cielo o reflejada por las superficies iluminadas.

14. Uniformidad global de luminancias

Relación entre la luminancia mínima y la media de la superficie de la calzada. Su símbolo es U_o y carece de unidades.

15. Uniformidad longitudinal de luminancias

Relación entre la luminancia mínima y la máxima en el mismo eje longitudinal de los carriles de circulación de la calzada, adoptando el valor menor de todos ellos. Su símbolo es U_l y carece de unidades.

16. Uniformidad media de iluminancias

Relación entre la iluminancia mínima y la media de la superficie de la calzada. Su símbolo es U_m y carece de unidades.

17. Uniformidad General de Iluminancias

Relación entre la iluminancia mínima y la máxima de la superficie de la calzada. Su símbolo es U_g y carece de unidades.

Representación gráfica de las Magnitudes lumínicas:

Diagrama polar

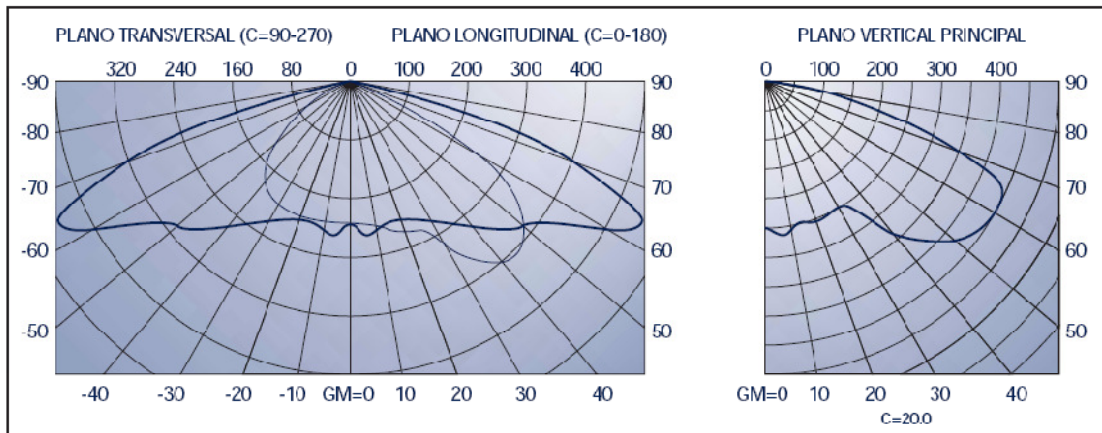
Diagramas de curvas de distribución polar

Estas curvas generalmente se suelen representar para el sistema de coordenadas $C-\gamma$. Como existen infinitos planos, se dan en general tres planos C representados, que son:

- El plano transversal ($C = 90^\circ$ y 270°). Este plano sería, en una luminaria para iluminación viaria, perpendicular al eje de la carretera.
- El plano longitudinal ($C = 0^\circ$ y 180°). Este plano sería, en una luminaria para iluminación viaria, paralelo al eje de la carretera.
- El plano en el que se encuentra la intensidad máxima. Este plano generalmente es denominado plano vertical principal.

Las curvas de distribución polar están definidas en cd por 1.000 lúmenes de flujo emitido por lámpara y se representa por

cd/1.000 lm o cd/Klm.

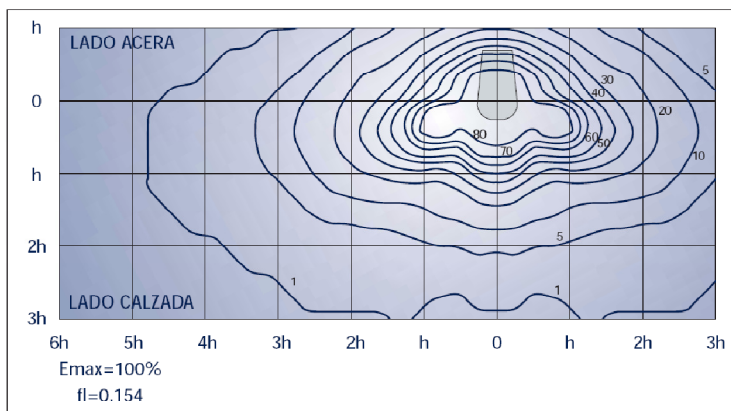


Curvas isolux

En la práctica, en los proyectos de alumbrado se desea, en muchos casos, conocer las iluminancias sobre la superficie de la carretera y la distribución total de estas iluminancias.

Con el fin de facilitar la determinación de estos datos en una instalación, las hojas fotométricas nos dan las curvas relativas isolux para cada luminaria sobre un plano iluminado.

Los valores de cada línea isolux se dan en porcentajes de $E_{m\acute{a}x}$; la más alta alcanza el 100%. La cuadrícula sobre la cual están dibujadas las líneas isolux está dimensionada en términos de la altura de montaje h de la luminaria.



Debajo del diagrama se indica un factor para la luminaria en uso (ϕ). La iluminancia máxima se calcula mediante la siguiente expresión:

$$E_{max} = \frac{\phi \cdot \Phi}{h^2}$$

donde:

ϕ = factor de la luminaria en uso.

Φ = flujo luminoso de la lámpara.

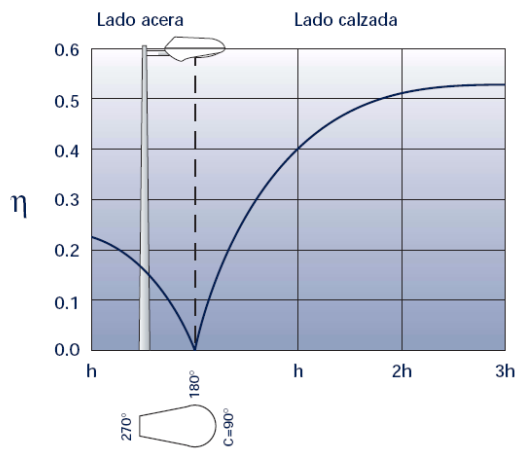
h = interdistancia entre luminarias.

Factor de utilización

En el alumbrado de caminos se define el factor de utilización (η) como la fracción del flujo luminoso proveniente de una luminaria que efectivamente alcanza el camino. Las curvas del factor de utilización que se dan en las hojas de información fotométrica, nos ofrecen un método simple para calcular la iluminación media, la cual puede ser determinada para una cierta sección transversal de la carretera.

$$\eta = \frac{\Phi_{\text{utilizado}}}{\Phi_{\text{lámpara}}}$$

Las curvas del factor de utilización para una luminaria se dan como una función de las distancias transversales, medidas en términos de h (altura de montaje) sobre la superficie del camino, desde el centro de la luminaria hasta cada una de las dos curvas



La forma más fácil y rápida de calcular la iluminancia media de un camino recto de longitud infinita es utilizando las curvas del factor de utilización:

$$E_{\text{med}} = \frac{\eta \cdot \Phi \cdot n}{W \cdot s}$$

η = factor de utilización.
 Φ = flujo luminoso de la lámpara.
 n = número de lámparas por luminaria.
 w = ancho del camino.
 s = interdistancias entre la luminarias.

Los diagramas polares se suelen usar para luminarias de:

- Alumbrado público.
- Alumbrado de parques y jardines.

Representación gráfica de luminarias de proyección:

Dentro de este tipo podemos encuadrar las destinadas a instalaciones deportivas cubiertas y al aire libre, fachadas, áreas de trabajo, áreas de vigilancia, etc.

Un *proyector* es una luminaria que concentra la luz en un ángulo sólido determinado por un sistema óptico (espejos o lentes), para conseguir una intensidad luminosa elevada.

Las lámparas utilizadas para la iluminación con proyectores van desde lámparas con reflectores de vidrio prensado y lámparas halógenas hasta lámparas de mercurio de alta presión, lámparas de halogenuros metálicos y lámparas de sodio de alta y baja presión. Todas vienen en varios voltajes y cada una proporciona un tipo y cantidad especial de luz, efectos de color y eficiencia.

Desde el punto de vista de la distribución de luz, los proyectores se agrupan en tres grupos básicos: con simetría, de rotación simétricos y asimétricos.

Los proyectores también se clasifican de acuerdo con la apertura de su haz

Simétricas: Spot, Flood, etc.

Asimétricas: Elípticas

Control de la luz-Eficiencia energética

Contaminación lumínica

La contaminación lumínica se define como el brillo o resplandor luminoso nocturno en el cielo, producido por la difusión y reflexión de la luz artificial en los gases y partículas en suspensión de la atmósfera. Este resplandor, generalmente producido en parte por las fuentes de luz instaladas en las zonas exteriores, hacen que se incremente el brillo del fondo natural del cielo, disminuyendo progresivamente el valor de magnitud de observación de los objetos astronómicos y perjudicando la observación.

FHS

Se define el flujo hemisférico superior instalado FHS_{inst} emitido por una luminaria como el dirigido por encima del plano horizontal. Dicho plano corresponde al ángulo $\gamma = 90^\circ$ en el sistema de representación (C, γ). El flujo hemisférico se expresa en tanto por ciento del flujo total emitido por la luminaria.

Clasificación de zonas según CIE

Los límites o valores máximos del flujo hemisférico superior instalado FHS_{inst}, para cada una de las zonas

CLASIFICACIÓN DE ZONAS	FLUJO HEMISFERIO SUPERIOR INSTALADO FHS _{inst} (%)
E 1	0
E 2	0-5
E 3	0-15
E 4	0-25

Iluminación Intrusa

Telegestión de las luminarias (Control y Regulación)

Luminarias Doble nivel con o sin Línea de Mando.

Luminarias regulables: Dali, Dmx, 1-10V

Eficiencia energética (si ho considerem necesari)

Con el fin de lograr una eficiencia energética adecuada en las instalaciones de alumbrado exterior, éstas deberán cumplir, al menos, con los requisitos siguientes:

1º- Los niveles de iluminación de la instalación no superen lo establecido en la instrucción técnica complementaria ITC-EA 02, salvo casos excepcionales, que requerirán autorización previa del órgano competente de la Administración Pública.

2º- Para el alumbrado vial, se cumplan los requisitos mínimos de eficiencia energética establecidos en la ITC-EA-01. Para el resto de instalaciones de alumbrado, se cumplan los requisitos de factor de utilización, pérdidas de los equipos, factor de mantenimiento y otros establecidos en las instrucciones técnicas complementarias correspondientes.

3º - En donde se requiera, dispongan de un sistema de accionamiento y de regulación del nivel luminoso, tal y como se define en la ITC-EA-04.