

Guía técnica para diseño, realización y control de alumbrado exterior menos contaminante lumínicamente



Febrero 2026

© **Copyright de la edición:** Comité Español de Iluminación

Producción editorial: Editorial MIC · www.editorialmic.com DL: LE 243-2018

Todos los derechos reservados.

Queda prohibida la reproducción total o parcial sin permiso expreso del Comité Español de Iluminación.

Guía técnica para diseño, realización y control de alumbrado exterior menos contaminante lumínicamente

“Aquello que no se define, no se puede medir. Aquello que no se mide no puede mejorar. Aquello que no se mejora, siempre tiende a degradarse”

William Thomson, Lord Kelvin

“Los astros son innúmeros, al cielo no se le encuentra fin, y este pequeño mundo que habitamos, y que parece un punto en el espacio, inmenso es para mí”

Rosalía de Castro

Índice de contenidos

1. OBJETO Y ALCANCE	6
1.1. INTRODUCCIÓN	6
1.2. OBJETO.....	7
1.3. ÁMBITO DE APLICACIÓN.....	8
2. DEFINICIONES	9
3. LEGISLACIÓN Y NORMAS DE APLICACIÓN.....	13
3.1. LEGISLACIÓN ESTATAL.....	13
3.2. DIRECTIVAS EUROPEAS	15
3.3. NORMAS DE REFERENCIA.....	15
3.4. GUÍAS TÉCNICAS Y PUBLICACIONES DE REFERENCIA	16
3.5. PLANES ESTRATÉGICOS EN PROTECCIÓN NATURALEZA.....	17
4. ASPECTOS FÍSICOS DE LA CONTAMINACIÓN LUMÍNICA	18
4.1. ESPARCIMIENTO DE RAYLEIGH	18
4.2. ESPARCIMIENTO DE MIE.....	18
5. CRITERIOS DE MÍNIMA CONTAMINACIÓN LUMÍNICA.....	19
5.1. FUENTES DE LUZ CON BAJA EMISIÓN EN EL AZUL	19
5.2. CONTROL DEL FLUJO HEMISFÉRICO SUPERIOR INSTALADO (FHSinst).....	19
5.3. OPTIMIZACIÓN DE LA ILUMINACIÓN EN FUNCIÓN DE LA NECESIDAD.....	19
5.4. CONTROL Y REGULACIÓN DE LA ILUMINACIÓN NOCTURNA.....	20
5.5. OPTIMIZACIÓN DE HORARIOS Y APAGADO DE ALUMBRADO TEMPORAL	20
5.6. CUMPLIMIENTO DE REQUISITOS TÉCNICOS Y CERTIFICACIONES	20
5.7. COMPROBAR LOS PARÁMETROS DE DESLUMBRAMIENTO	20
6. ZONIFICACIÓN LUMÍNICA.....	21
7. REQUERIMIENTOS TÉCNICOS PARA EL DISEÑO DE LAS INSTALACIONES	23
7.1. ALUMBRADO GENERAL (VIAL, PEATONAL, CARRIL BICI).....	23
7.2. ALUMBRADO ORNAMENTAL, MONUMENTAL Y DEPORTIVO.....	25
7.3. ALUMBRADO DEPORTIVO ESPECIAL.....	25
8. REQUERIMIENTOS TÉCNICOS PARA EL CONTROL FINAL DE LA OBRA	26
8.1. MEDICIONES LUMINOTÉCNICAS.....	26
8.2. MEDICIONES MEDIOAMBIENTALES.....	26
9. REFERENCIAS.....	27

1. Objeto y alcance

1.1. INTRODUCCIÓN

Los avances tecnológicos han permitido disponer de fuentes de luz más compatibles con los criterios ambientales actuales, en particular en lo referente a la reducción de emisiones en el rango del azul del espectro visible (longitudes de onda inferiores a 500 nm). En este contexto, los sistemas LED blancos cálidos, *ultracálidos* y *ámbar* suponen un recurso útil para diseñar alumbrados exteriores con un menor impacto sobre el medio nocturno. Estas fuentes presentan espectros significativamente atenuados en la franja azul y mantienen niveles de reproducción cromática adecuados.

No obstante, el uso de LED cálidos, ultracálidos y ámbar no debe considerarse una solución aislada ni suficiente. La reducción efectiva de la contaminación lumínica requiere una planificación adecuada del alumbrado en términos de la decisión inicial de que es lo que se debe iluminar y cómo, la cantidad (lúmenes instalados y emitidos), calidad (ópticas adecuadas, espectro, orientación, uniformidad, deslumbramiento), horarios de funcionamiento y control adaptativo. Es un conjunto de parámetros técnicos que, de forma coordinada, debe perseguir como objetivo final la disminución real de las emisiones lumínicas (tanto directas como reflejadas) al entorno.

En definitiva, el diseño de un alumbrado exterior ambientalmente responsable exige un enfoque sistémico y riguroso, basado en criterios científicos y planificación no únicamente en la sustitución de tecnologías. Solo así será posible avanzar hacia

una iluminación verdaderamente sostenible y compatible con la conservación del cielo nocturno.

La luz artificial nocturna es un agente contaminante que se ha convertido en una preocupación global debido a sus efectos nocivos sobre el medio ambiente, biodiversidad, salud humana y cielo nocturno, además de sus efectos a nivel energético y económico. En España el alumbrado exterior ha aumentado significativamente en las últimas décadas. La falta de una legislación actualizada acorde con el grado de desarrollo tecnológico actual y que tenga en cuenta el conocimiento que tenemos sobre cómo combatir la contaminación lumínica, ha contribuido al deterioro de la calidad del cielo y de los ecosistemas nocturnos.

La reglamentación estatal relativa a las instalaciones de alumbrado exterior contempla la necesidad de utilizar criterios técnicos de diseño y funcionamiento de la iluminación según la sensibilidad medioambiental y natural de las zonas donde se van a ejecutar las instalaciones de alumbrado, aplicando criterios técnicos menos agresivos con el medio ambiente que los rodea en las zonas más sensibles.

La contaminación lumínica constituye un contaminante atmosférico de largo alcance, cuya propagación puede extenderse a decenas e incluso centenares de kilómetros desde los focos emisores. Por este motivo, la protección efectiva del patrimonio natural nocturno y del cielo estrellado no puede circunscribirse a los espacios formalmente protegidos o clasificados como más sensibles, sino que debe iniciarse necesariamente en las zonas



▲ **Figura 1. Vista de Europa Occidental, luces nocturnas y paisaje iluminado por la luna (agosto 2020).** Fuente. NASA Earth Observatory images by Joshua Stevens, using VIIRS day-night band data from the Suomi National Polar-orbiting Partnership

más alejadas, que la legislación estatal denomina de menor sensibilidad, pero que en la práctica actúan como principales áreas de generación y difusión del impacto luminoso sobre el territorio.

Este es el cambio de paradigma, pero con la actual tecnología LED, es posible aplicar en municipios fuera de las zonas de máxima sensibilidad a la contaminación lumínica, los criterios más sostenibles de diseño de instalaciones como así lo demuestran obras ya ejecutadas en municipios de distintos tamaños, donde se ha reducido el flujo total instalado, se han mejorado las uniformidades, se han usado sistemas de control que regulan la iluminación cuando hay menos afluencia de tráfico o incluso llegan a apagarla cuando no es necesaria la luz.

La necesidad de reconciliar la oscuridad natural con la iluminación artificial en nuestros entornos urbanos y rurales es un desafío técnico y ambiental crucial. La evidencia científica acumulada demuestra de manera irrefutable los efectos adversos de la contaminación lumínica en la biodiversidad y los ecosistemas y en el cielo nocturno.

Además de todo ello, los efectos sobre la salud humana son cada vez más evidentes, por lo que el control del alumbrado exterior para evitar luz intrusa a través de las ventanas debe ser prioritario en los proyectos y en la gestión de la iluminación pública. Si bien la oscuridad es esencial a nivel planetario para el equilibrio ecológico y nuestro ciclo vital, también reconocemos la importancia de la actividad humana nocturna en nuestras vidas cotidianas.

La protección medioambiental de la noche pasa por no superar el máximo volumen de emisiones que el medio ambiente puede soportar, por lo que se debe iluminar aquello que es necesario, cuando se requiera y en la cantidad y calidad lumínica adecuada conforme a normativa y al conocimiento actual que tenemos del comportamiento de este agente contaminante nocturno, implantando soluciones de iluminación eficientes, sin sobreiluminar, con las ópticas más adecuadas para cada situación y con espectros de luz cuidadosamente seleccionados que minimicen el impacto negativo en el medio ambiente y la salud.

Por lo tanto, el objetivo debe ser planificar y diseñar instalaciones de alumbrado cuando sean necesarias para satisfacer las necesidades de seguridad y funcionalidad en la noche, recordando que la seguridad no sólo está vinculada a la iluminación dentro del urbanismo ambiental, y que seguridad nocturna no es más luz, sino suficiente luz y buena calidad de la misma.

Esto implica un enfoque multidisciplinario que involucra a científicos, profesionales de la iluminación, urbanistas, administraciones públicas y a la ciudadanía para desarrollar estrategias de iluminación inteligentes y sostenibles. Esta guía técnica pretende ayudar y ofrecer las claves para conseguirlo.

La masiva incorporación del LED y su forma de iluminar totalmente dirigida, cambia el concepto de iluminación permitiendo dirigir la luz en el lugar que se precisa, por lo que las luminarias y sus ópticas deben elegirse e instalarse de la forma correcta para evitar que la luz se dirija a los espacios no deseados, evitando la luz intrusa, deslumbramiento y la emitida hacia el hemisferio superior. Además de controlar la cantidad de luz a lo necesario e indicado en la legislación, se debe considerar que toda la luz que incide sobre las superficies es potencialmente contaminante, ya sea por radiación directa o reflejada.

En este contexto y atendiendo tanto a la normativa vigente, el estado del arte a nivel científico y técnico, como los datos negativos acreditados que la irresponsable iluminación de la noche produce en el medio ambiente, las personas y el cielo nocturno, es por lo que se realiza esta guía técnica de recomendaciones para minimizarlas.

La mayoría de estos criterios ya están contemplados en las líneas de ayudas de financiación del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) y que junto con el Comité Español de Iluminación (CEI), ha impulsado el desarrollo de este tipo de guías para dar respuesta a la necesidad de integrar estos principios en las normativas y proyectos de iluminación.

Esta guía en concreto, tiene como objetivo ofrecer un marco técnico y práctico, junto con un compendio de los principales aspectos normativos y de recomendaciones aplicables, destinado a orientar a las personas responsables del diseño, planificación y ejecución de proyectos de alumbrado exterior menos contaminantes lumínicamente. Su finalidad es facilitar la adopción de criterios y estrategias que permitan minimizar la contaminación lumínica, avanzar hacia una mayor sostenibilidad y garantizar una protección efectiva del medio nocturno mediante diseños de iluminación más respetuosos con la noche.

Esta guía tendrá sucesivas revisiones a la par de la aparición de nuevo conocimiento científico, nueva reglamentación y desarrollos tecnológicos.

1.2. OBJETO

Esta guía técnica está dirigida a profesionales del sector de la iluminación y a los responsables de este servicio, ya bien sea público o privado, con el objetivo de proporcionarles directrices sobre los criterios técnicos que incluirán tanto el diseño y redacción del proyecto de alumbrado exterior, como el control durante la realización de la obra y de forma posterior mediante las mediciones de comprobación, para garantizar la mínima contaminación lumínica y el cumplimiento de la normativa de una manera eficaz y eficiente y más responsable medioambientalmente.



El documento subraya también la importancia de una planificación detallada de las actuaciones para evitar la engañosa sensación de inseguridad ciudadana que puede derivar de la diferencia en la iluminación entre distintas áreas urbanas.

Para lograr una mejora significativa en la calidad ambiental nocturna, confort visual y en la seguridad de las personas, es necesario disponer de una correcta zonificación lumínica de un territorio, atendiendo a sus necesidades lumínicas y de protección frente a la contaminación lumínica. Además, realizar mediciones luminotécnicas y del brillo del fondo de cielo antes, durante y después de la obra de instalación son herramientas esenciales para garantizar su correcta ejecución.

1.3. ÁMBITO DE APLICACIÓN

El ámbito de aplicación de esta guía técnica para la reducción de la contaminación lumínica, incluye **todas las instalaciones de alumbrado exterior**, nuevas o reformadas, entendiendo su aplicación tanto al alumbrado vial y urbano, como deportivo, grandes áreas, ornamental, monumental, publicitario e industrial.

Esta guía tiene carácter voluntario y responde a la exigencia reglamentaria de las instalaciones de alumbrado en relación al control del resplandor luminoso nocturno y luz intrusa o

molesta que éstas pueden generar, en obra nueva, renovación o reforma.

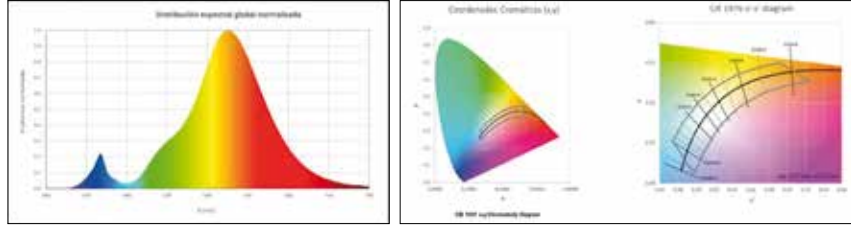
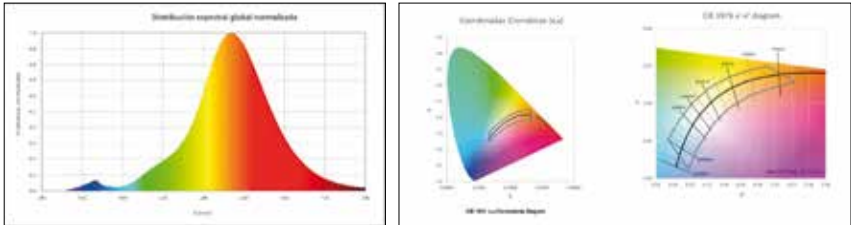
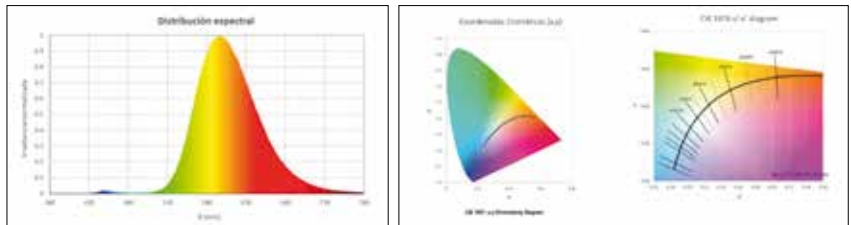
Los criterios de diseño y control de la iluminación se basan en la zonificación lumínica que actualmente vienen descritas en zonas “E” establecidas en la reglamentación existente, ITC EA – 03 Resplandor luminoso nocturno y luz intrusa o molesta del RD 1890/2008 Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus Instrucciones técnicas complementarias (REEIAE).

En este contexto, esta guía pretende, dado el estado de la tecnología, actualizar y describir dichos criterios aplicando los conocimientos científicos y aportando mejoras a los mismos para reducir en mayor medida la contaminación lumínica dado el desfase de esta normativa con las posibilidades técnicas que nos ofrece la tecnología y el mercado actual de iluminación y aplicando el conocimiento científico que tenemos sobre este agente contaminante.

Corresponde a las personas encargadas del diseño y ejecución de los proyectos de alumbrado exterior ejercer su responsabilidad técnica y ambiental, yendo más allá de la normativa aplicable y garantizar una protección efectiva del medio nocturno, avanzando hacia modelos de iluminación verdaderamente sostenibles.

2. Definiciones

Se detallan a continuación algunos conceptos y términos que se utilizarán en este documento y su relación con el mismo:

	<p>Producto accionado eléctricamente destinado a emitir luz o, en el caso de una fuente luminosa no incandescente, a ser posiblemente ajustado para emitir luz, o ambas cosas. Basándonos en la directiva de etiquetado energético de fuentes luminosas (REGLAMENTO DELEGADO (UE) 2019/2015 DE LA COMISIÓN), se define como “fuente luminosa” aquella que cumple las siguientes características ópticas:</p> <p>a) coordenadas de cromaticidad x e y en el intervalo: $0,270 < x < 0,530$ $- 2,3172 x^2 + 2,3653 x - 0,2199 < y < - 2,3172 x^2 + 2,3653 x - 0,1595$</p> <p>b) un flujo luminoso < 500 lúmenes por mm² de área superficial proyectada emisora de luz.</p> <p>Podemos decir que esta zona cromática define la luz blanca. Desde luz blanca muy cálida hasta luz blanca muy fría. Como ejemplo, una fuente LED de TCC 2200K (luz muy cálida), a partir de ensayo en laboratorio, tiene estas características: x= 0.5062 y= 0.4173; Ra = 71:</p>  <p>Además de las fuentes luminosas que son objeto de cumplir con la directiva de etiquetado energético, disponemos de otras fuentes luminosas:</p> <p>Luz blanca ultra-cálida, sus coordenadas cromáticas están situadas en la zona adyacente de los blancos y muy próxima o sobre el cuerpo negro. Como ejemplo, una fuente LED de TCC 1800K, a partir de ensayo en laboratorio, tiene estas características: x= 0.5495 y= 0.4131; Ra = 73</p>  <p>Y, por último, tenemos la luz ámbar, cuyo componente en el azul es prácticamente inexistente y sus coordenadas cromáticas ya no se sitúan sobre la curva del cuerpo negro, sino que lo hacen en el borde del locus cromático en la zona ámbar. Fuente LED PC ámbar. X= 0.5605 y = 4090; Ra = 41.9</p> 
--	--



CRI:	El Índice de Reproducción Cromática (IRC o CRI por sus siglas en inglés) es una medida que indica la capacidad de una fuente de luz para reproducir fielmente los colores de los objetos en comparación con una fuente de luz de referencia a la misma temperatura de color que la fuente a analizar. La fuente de referencia será un iluminante tipo A (para temperaturas de color inferiores a 5000K) o un iluminante de la serie D (para temperaturas de color de 5000K o superior).
TCC (K):	Temperatura de Color Correlacionada, indica la percepción del color de la luz por el ojo humano, no mide la cantidad real de luz azul emitida.
Lambda P (nm):	Longitud de onda en la que se emite la máxima intensidad en el espectro de una fuente de luz.
FHSinst%:	Flujo Hemisférico Superior Instalado del punto de luz (FHSinst), 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 misma respecto a su flujo total saliente, cuando está montada en su posición de instalación.
% <500nm:	Porcentaje de radiancia espectral por debajo de 500nm (considerando el espectro entre 380 y 780 nm).
G:	<p>Índice espectral "G" es un parámetro luminotécnico que mide la cantidad de radiación azul de una fuente de luz por unidad de luz visualmente eficaz o lumen. Relaciona la radiación que hay que limitar (radiación azul emitida por debajo de 500 nm, hasta 380 nm) con la radiación útil emitida (la cantidad de luz visible o radiación que pasa por el filtro fotópico y genera lúmenes útiles). El valor de G crece cuando la luz azul disminuye. El cálculo práctico del índice G se efectúa aplicando la siguiente fórmula, a partir del espectro de la fuente de luz E(λ) tabulado con resolución, cada 1 nm, y de la función de sensibilidad fotópica de la visión humana V(λ) normalizada a máximo unidad y tabulada con la misma resolución:</p> $G = -2.5 \log_{10} \frac{\sum_{\lambda=380\text{nm}}^{500\text{nm}} E(\lambda)}{\sum_{\lambda=380\text{nm}}^{780\text{nm}} E(\lambda)V(\lambda)}$ <p>El valor asignado al índice G será igual al resultado de la fórmula anterior siempre que este sea menor o igual que 10,00, y se igualará a 10,00 para todos los resultados superiores, incluidos posibles casos en los que el argumento del logaritmo resulte nulo. Es un índice publicado en el Decreto 37/2025, por el que se aprueba el Reglamento de protección frente a la contaminación lumínica en Andalucía.</p>

<p>Código de flujo CIE:</p>	<p>Los códigos de flujo CIE definidos en la publicación CIE 52 1982, están compuestos por 5 números (N1, N2, N3, N4 y N5) que representan como se distribuye el flujo de una luminaria:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ N1, N2 y N3, son porcentajes de flujo emitidos con diferentes aperturas respecto del flujo emitido al hemisferio inferior. ▶ N4 es el porcentaje de flujo emitido hacia el hemisferio inferior con respecto al flujo total emitido. ▶ N5 este valor que representa a la eficiencia de la luminaria, es el flujo emitido por la luminaria con respecto a las fuentes luminosas que integra. En la mayoría de las luminarias LED este dato es de un 100%. <div data-bbox="568 658 1422 1151" style="text-align: center;"> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>N1</th> <th>N2</th> <th>N3</th> <th>N4</th> <th>N5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$\frac{\Phi_{\pi/2}}{\Phi_{2\pi}}$</td> <td>$\frac{\Phi_{\pi}}{\Phi_{2\pi}}$</td> <td>$\frac{\Phi_{3\pi/2}}{\Phi_{2\pi}}$</td> <td>$\frac{\Phi_{2\pi}}{\Phi_{4\pi}}$</td> <td>$\frac{\Phi_{lum}}{\Phi_{total}}$</td> </tr> </tbody> </table> </div>	N1	N2	N3	N4	N5	$\frac{\Phi_{\pi/2}}{\Phi_{2\pi}}$	$\frac{\Phi_{\pi}}{\Phi_{2\pi}}$	$\frac{\Phi_{3\pi/2}}{\Phi_{2\pi}}$	$\frac{\Phi_{2\pi}}{\Phi_{4\pi}}$	$\frac{\Phi_{lum}}{\Phi_{total}}$
N1	N2	N3	N4	N5							
$\frac{\Phi_{\pi/2}}{\Phi_{2\pi}}$	$\frac{\Phi_{\pi}}{\Phi_{2\pi}}$	$\frac{\Phi_{3\pi/2}}{\Phi_{2\pi}}$	$\frac{\Phi_{2\pi}}{\Phi_{4\pi}}$	$\frac{\Phi_{lum}}{\Phi_{total}}$							
<p>Instalaciones de alumbrado funcional</p>	<p>Se definen como tales las instalaciones de alumbrado vial de autopistas, autovías, carreteras y vías urbanas, consideradas en la Instrucción Técnica Complementaria ITC-EA-02 como situaciones de proyecto A y B del RD 1890/2008.</p>										
<p>Instalaciones de alumbrado ambiental</p>	<p>Alumbrado vial ambiental es el que se ejecuta generalmente sobre soportes de baja altura (3-5m) en áreas urbanas para la iluminación de vías peatonales, comerciales, aceras, parques y jardines, centros históricos, vías de velocidad limitada, etc., considerados en la Instrucción Técnica Complementaria ITC-EA-02 como situaciones de proyecto C, D y E del RD 1890/2008.</p>										
<p>Luminarias tipo farol</p>	<p>Colocada para iluminar viales, parques, calles peatonales, etc. con o sin superficie luminosa difusora, instaladas a baja altura y que suelen formar parte de la arquitectura del municipio, principalmente villas o fernandinos de formato clásico.</p>										
<p>Luminarias tipo proyector</p>	<p>Luminaria equipada con un sistema óptico específico —simétrico o asimétrico— diseñado para concentrar y dirigir la luz hacia una superficie situada a cierta distancia de su emplazamiento.</p> <p>Su capacidad para emitir elevados niveles de intensidad luminosa en ángulos específicos, la convierte en uno de los tipos de luminaria con mayor potencial de generar contaminación lumínica si no se controla adecuadamente la distribución fotométrica, el ángulo de instalación y el flujo hemisférico superior emitido.</p>										

<p>Zonas Urbanas Apantalladas (ZUA)</p>	<p>Zona urbana donde la instalación de alumbrado se encuentra rodeada de edificios y de forma que la altura media de los edificios es mayor al resultado de sumar la altura de la luminaria y la distancia media de éstas a los edificios. La referencia de la altura de los edificios será respecto a la base del poste de la luminaria de mayor cota o más desfavorable.</p>
<p>Zonas Urbanas Sin Apantallar (ZUSA)</p>	<p>Zona urbana que no está apantallada según la definición de ZUA.</p>
<p>Utilancia U</p>	<p>Relación entre la superficie de cálculo que se pretende iluminar y la iluminancia media con los lúmenes salientes de la luminaria utilizada en esa zona.</p> <p>$U = fu / \eta$ (η = rendimiento de la luminaria).</p>

<p>Deslumbramiento</p>	<p>Condición visual producida por una luminancia excesiva o por contrastes demasiado acusados dentro del campo de visión, capaz de reducir la capacidad de percibir detalles, incapacitar la visión o generar una sensación clara de incomodidad.</p> <p>Técnicamente se clasifica en deslumbramiento molesto —que afecta al confort visual— y deslumbramiento incapacitante, que interfiere directamente en la detección de objetos y en la percepción del entorno. El deslumbramiento se cuantifica mediante indicadores como el índice TI (%): Incremento Umbral que define el deslumbramiento perturbador en alumbrado vial funcional; Índice de deslumbramiento D en alumbrado vial ambiental para puntos de luz a baja altura; o el Índice GR en otras Instalaciones de alumbrado (recintos abiertos o iluminación a gran altura).</p> <p>El RD1890/2008 establece en la ITC EA 2 (artículo 8), los límites de deslumbramiento tanto para alumbrado funcional como ambiental.</p>
-------------------------------	---

<p>Brillo fondo del cielo:</p>	<p>Radiancia espectral de cada punto de la bóveda celeste, integrada en una banda fotométrica preestablecida, siendo el resultado la radiancia global ponderada ($W_m - 2sr - 1$). El brillo del cielo se suele expresar también en una escala logarítmica negativa con unidades de magnitudes por segundo cuadrado de arco ($mag/arcsec^2$).</p> <div data-bbox="619 1305 1264 1713" data-label="Figure"> <p>El gráfico muestra cinco escalas logarítmicas para evaluar el brillo del fondo del cielo. Desde izquierda a derecha: 1. Factor de incremento del brillo respecto al cielo nocturno natural (línea roja), con valores de 2 a 1000. 2. Brillo en mag/arcsec², con valores de 0.1 a 14. 3. Brillo en mcd/m², con valores de 0.1 a 300. 4. Escala de Bortle, con valores de 1 a 9. 5. Visibilidad de la Vía Láctea, con valores de 0 a 5. 6. Magnitud límite observable, con valores de 0.5 a 7. Una línea roja horizontal indica el nivel de brillo del cielo nocturno natural.</p> </div> <p>▲ Figura 2. Monográfico de escalas para evaluar el brillo del fondo del cielo. Fuente: H. Spoelstra</p> <p>Este gráfico ilustra de forma coherente y comparativa la transición desde un cielo natural y oscuro hasta un cielo urbano severamente contaminado, mediante la comparación de distintas escalas utilizadas para evaluar la calidad del cielo nocturno: el factor de incremento del brillo respecto a un cielo nocturno natural (línea roja), el brillo del cielo expresado en $mag/arcsec^2$ y en mcd/m^2, la escala de Bortle, la visibilidad de la Vía Láctea, la magnitud límite observable y el número aproximado de estrellas visibles.</p> <p>Se visualiza cómo aumenta el brillo del cielo debido a la contaminación lumínica y cómo, en paralelo, se degrada la percepción astronómica: desaparece la Vía Láctea, disminuye la magnitud límite y se reducen drásticamente las estrellas observables.</p>
---------------------------------------	---

3. Legislación y normas de aplicación

Se detalla a continuación la legislación aplicable al objeto que aborda esta guía:

3.1. LEGISLACIÓN ESTATAL

REAL DECRETO 1890/2008, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus Instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07.

En cuanto a la contaminación lumínica, el reglamento estatal define en su ITC-EA-03 Resplandor luminoso nocturno y luz intrusa, una zonificación de las áreas en función de su vulnerabilidad a la contaminación lumínica y desde el punto de vista medioambiental, como se detalla en las tablas correspondientes, concretando el FHSinst (%) de los puntos de luz en cada una de ellas:

CLASIFICACIÓN DE ZONAS	DESCRIPCIÓN
E1	ÁREAS CON ENTORNOS O PAISAJES OSCUROS: Observatorios astronómicos de categoría internacional, parques nacionales, espacios de interés natural, áreas de protección especial (red natura, zonas de protección de aver, etc.), donde las carreteras están sin iluminar.
E2	ÁREAS DE BRILLO O LUMINOSIDAD BAJA: Zonas periurbanas o extrarradios de las ciudades, suelos no urbanizables, áreas rurales y sectores generalmente situados fuera de lñas áreas residenciales urbanas o industriales, donde las carreteras están iluminadas.
E3	ÁREAS DE BRILLO O LUMINOSIDAD MEDIA: Zonas urbanas residenciales, donde las calzadas (vías de tráfico rodado y aceras) están iluminadas)
E4	ÁREAS DE BRILLO O LUMINOSIDAD ALTA: Centros urbanos, zonas residenciales, sectores comerciales y de ocio, con elevada actividad durante la franja horaria nocturna

CLASIFICACIÓN DE ZONAS	FLUJO HEMISFÉRICO SUPERIOR INSTALADO FHSINST
E1	≤ 1%
E2	≤ 5%
E3	≤ 15%
E4	≤ 25%

▲ **Figura 3:** Clasificación zonas de protección contaminación lumínica (tabla 1 ITC-03) y limitación FHSinst (tabla 2 ITC-03)

También limita la componente espectral de las fuentes de luz, pero únicamente en la zona E1 donde se deben utilizar lámparas de Vapor de Sodio y cuando no resulte posible utilizar dichas lámparas, se procederá a filtrar la radiación de longitudes de onda inferiores a 440 nm.

En la actualidad este reglamento está en fase de revisión y actualización, donde únicamente se ha publicado la ITC EA – 01, centrada en la eficiencia energética de la instalación. Esta revisión es la oportunidad de incluir la tecnología LED en el reglamento, así como actualizar los criterios lumínicos y medioambientales en relación tanto al avance tecnológico y del propio mercado, como del conocimiento y pruebas científicas disponibles.

- **Orden circular 36/2015, de 24 de febrero, sobre criterios a aplicar en la iluminación de carreteras a cielo abierto y túneles (Tomo I).**

Esta orden, establece qué carreteras de la Red de Carreteras del Estado está justificado iluminar y con qué nivel de iluminación, especificando criterios de contaminación lumínica en lo que hace referencia al FHSinst:

TIPO DE LUMINARIAS	AUTOVIAS Y AUTOPISTAS	CARRETERAS CONVENCIONALES	INTERSECCIONES, GLORIETAS, NUDOS
Factor de utilización	80%	75%	65%
FHS	≤ 3/	≤ 3/	≤ 3/
Fotometría	Alcance: largo Dispersión: media - ancha Control: fuerte	Alcance: largo Dispersión: media - ancha Control: fuerte	Alcance: corto - intermedio Dispersión: media - ancha Control: moderado
Grado de protección (s/ UNE EN 60598)	IP 65	IP 65	IP 65
Clase eléctrica	Clase I o II	Clase I o II	Clase I o II
Cuerpo de luminaria	Al. inyectado	Al. inyectado o extruido	Al. inyectado o extruido
Capacidad en lámparas de descarga	Hasta 400 W de vapor sodio alta presión	Hasta 250 W de vapor sodio alta presión	Hasta 1000 W de vapor sodio alta presión
Capacidad en módulos de LED	Hasta 250 W	Hasta 150 W	Hasta 250 W

▲ **Figura 4:** Tabla 3.9. Características de las luminarias de alumbrado de carreteras



• **LEY 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera.**

Disposición adicional cuarta. Contaminación lumínica.

Las Administraciones públicas, en el ámbito de sus competencias, promoverán la prevención y reducción la contaminación lumínica, con la finalidad de conseguir los siguientes objetivos:

- a) *Promover un uso eficiente del alumbrado exterior, sin menoscabo de la seguridad que debe proporcionar a los peatones, los vehículos y las propiedades.*
- b) *Preservar al máximo posible las condiciones naturales de las horas nocturnas en beneficio de la fauna, la flora y los ecosistemas en general.*
- c) *Prevenir, minimizar y corregir los efectos de la contaminación lumínica en el cielo nocturno, y, en particular en el entorno de los observatorios astronómicos que trabajan dentro del espectro visible.*
- d) *Reducir la intrusión lumínica en zonas distintas a las que se pretende iluminar, principalmente en entornos naturales e interior de edificios.*

• **Real Decreto 1057/2022, de 27 de diciembre, por el que se aprueba el Plan estratégico estatal del patrimonio natural y de la biodiversidad a 2030, en aplicación de la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad. «BOE» núm. 313, de 30/12/2022. BOE-A-2022-23751.**

Este plan, que se alinea con la Ley 42/2007 y compromisos internacionales como la visión a largo plazo del Convenio sobre la diversidad biológica, busca conservar, restaurar y utilizar racionalmente la biodiversidad en España. Establece objetivos, medidas de actuación y una estimación presupuestaria de más de 4.100 millones de euros para abordar amenazas como el cambio climático, la sobreexplotación de recursos y la contaminación, con metas claras de restauración para el año 2030.

La contaminación lumínica está específicamente identificada como una de las presiones y amenazas que afectan al patrimonio natural y la biodiversidad en España. Establece unas líneas de actuación prioritarias que contemplan medidas específicas contra la contaminación lumínica. Por ejemplo:

- Se aprobarán en colaboración con el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana unas directrices básicas para minimizar el impacto de la contaminación lumínica en infraestructuras de transporte y en infraestructuras energéticas, incluyendo la generalización del uso de equipos de baja contaminación lumínica, contribuyendo a mejorar la consideración de estos aspectos en los procedimientos de evaluación ambiental y en el diseño de dichas infraestructuras. Las directrices diseñadas deberán asegurar la

compatibilidad de acciones con la normativa de seguridad vial y aérea.

- Junto al desarrollo de estas directrices, se promoverá un Plan de Adaptación Lumínica de parques eólicos existentes y vías de comunicación, implementado medidas para mitigar y reducir los efectos de la contaminación lumínica en el medio natural y sus efectos directos e indirectos sobre la fauna silvestre y el paisaje.

• **Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental.**

Esta ley de evaluación ambiental incluye las emisiones luminosas en el Estudio de Impacto Ambiental

- **Resolución de 6 de marzo de 2017**, de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural, por la que se publica el Acuerdo del Consejo de Ministros de 24 de febrero de 2017, por el que se aprueban los **critérios orientadores para la inclusión de taxones y poblaciones en el Catálogo Español de Especies Amenazadas**. Esta resolución incluye la contaminación lumínica en el listado de amenazas.

Normativas autonómicas:

- **Canarias** (isla de La Palma y a la parte de la isla de Tenerife con visión directa desde la isla de La Palma)

- **Ley 31/1988**, de 31 de octubre, sobre protección de la calidad astronómica de los observatorios del Instituto de Astrofísica de Canarias.
- **Real Decreto 243/1992**, de 13 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento de la Ley 31/1988, de 31 de octubre, sobre protección de la calidad astronómica de los observatorios del Instituto de Astrofísica de Canarias. Modificado por Real Decreto 580/2017, de 12 de junio.

• **Cataluña**

- **Ley 6/2001**, de 31 de mayo, de ordenación ambiental del alumbrado para la protección del medio nocturno
- **Decreto 190/2015**, de 25 de agosto, de desarrollo de la Ley 6/2001, de 31 de mayo, de ordenación ambiental del alumbrado para la protección del medio nocturno.
- **Resolución ACC/2338/2023**, de 25 de junio, por la que se aprueba el Mapa de protección frente a la contaminación lumínica en Cataluña.

• **Andalucía**

- **Ley 7/2007**, de 9 de julio de gestión integrada de la calidad ambiental (TÍTULO IV. Calidad ambiental - CAPÍTULO II. Calidad del medio ambiente atmosférico - Sección 3.ª Contaminación lumínica).

- **Decreto 37/2025**, de 11 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento de protección frente a la contaminación lumínica en Andalucía

Islas Baleares

- **Ley 3/2005**, de 20 de abril, de protección del medio nocturno de las Illes Balears.
- Aprobación definitiva del **Reglamento de protección del medio nocturno de Menorca** (27 julio de 2021)

Cantabria

- **Ley 6/2006**, de 9 de junio, de prevención de la contaminación lumínica.
- **Decreto 48/2010**, de 11 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento por el que se desarrolla parcialmente la Ley de Cantabria 6/2006, de 9 de junio, de prevención de la contaminación lumínica y Corrección de errores.

Castilla y León

- **Ley 15/2010**, de 10 de diciembre, de prevención de la contaminación lumínica y del fomento del ahorro y eficiencia energéticos derivados de instalaciones de iluminación.

Extremadura

- **Ley 16/2015**, de 23 de abril, de protección ambiental de la Comunidad Autónoma de Extremadura (TÍTULO II. Contaminación atmosférica, acústica, lumínica y radiológica - CAPÍTULO III. Contaminación lumínica).

Navarra

- **Ley Foral 4/2022**, de 22 de marzo, de cambio climático y transición energética (TÍTULO III. Mitigación del cambio climático y nuevo modelo energético - CAPÍTULO II. Eficiencia energética en la edificación y en el alumbrado exterior - Artículo 43. Eficiencia energética en el alumbrado exterior).

3.2. DIRECTIVAS EUROPEAS

- **Reglamento (UE) 2024/1991** del Parlamento Europeo y del Consejo, de 24 de junio de 2024, **relativo a la restauración de la naturaleza** y por el que se modifica el Reglamento (UE) 2022/869. «DOUE» núm. 1991, de 29 de julio de 2024, páginas 1 a 93 (93 págs.) DOUE-L-2024-81191.
- 49) “Al elaborar sus planes nacionales de restauración en virtud del presente Reglamento, los Estados miembros deben poder considerar la posibilidad de detener, reducir o corregir la contaminación lumínica en todos los ecosistemas”.

- ANEXO VII. LISTA DE EJEMPLOS DE MEDIDAS DE RESTAURACIÓN CONTEMPLADAS EN EL ARTÍCULO 14, APARTADO 16. (...) 32) “Detener, reducir o corregir la contaminación procedente de los productos farmacéuticos, los productos químicos peligrosos, las aguas residuales urbanas e industriales y otros residuos, incluidos los desechos y los plásticos, así como la luz en todos los ecosistemas.”

- **Reglamento (UE) 2019/2020** DE LA COMISIÓN de 1 de octubre de 2019 por el que se establecen requisitos de diseño ecológico para las fuentes luminosas y los mecanismos de control independientes con arreglo a la Directiva 2009/125/CE del Parlamento Europeo y del Consejo y se derogan los Reglamentos (CE) nº 244/2009, (CE) nº 245/2009 y (UE) nº 1194/2012 de la Comisión.

Este reglamento no incluye aspectos relacionados con la contaminación lumínica, puesto que la Comisión estableció requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos de iluminación en sus Reglamentos (CE) nº 244/2009, (CE) nº 245/2009 y (UE) nº 1194/2012. Según estos Reglamentos, la Comisión debe revisarlos atendiendo al progreso tecnológico. Por lo tanto, el reglamento europeo indicado anteriormente y que detalla aspectos de contaminación lumínica, actualmente está en fase de actualización.

- **REGLAMENTO DELEGADO (UE) 2019/2015 DE LA COMISIÓN** de 11 de marzo de 2019 por el que se complementa el Reglamento (UE) 2017/1369 del Parlamento Europeo y del Consejo en lo relativo al etiquetado energético de las fuentes luminosas y se deroga el Reglamento Delegado (UE) nº 874/2012 de la Comisión.

3.3. NORMAS DE REFERENCIA

La normativa de referencia en la que también se basa este documento son, al menos:

Norma CIE 150:2017: guía para la limitación de los efectos de la contaminación lumínica producida por instalaciones de iluminación exteriores. No es de obligado cumplimiento dado que es una guía de la Commission Internationale de L'Éclairage (CIE).

En ella define las zonas E desde la E0 a la E4 del siguiente modo y con el FHSinst máximo a instalar:

Zona	Iluminación ambiental	FHSinst (%)
E0	Intrínsecamente oscura	0,0
E1	Oscura	0,0
E2	Zona de baja iluminación	2,5
E3	Zona de media iluminación	5,0
E4	Zona de alta iluminación	15,0

▲ **Figura 5:** Tabla 5 de la CIE 150:2017



La definición de zonas se ajusta más a la actualidad, pero sigue sin garantizar la protección de las zonas más sensibles, ya que propone requisitos para sistemas lumínicos en función de la zona de instalación, no de la distancia a la zona que puede crear perjuicio.

En referencia a la intrusión lumínica proporciona unos valores límites de emisión teniendo en cuenta el conocido “curfew” (o toque de queda). Es decir: proporciona unos valores antes y después del momento de descanso. Los valores proporcionados después del toque de queda, son sensiblemente inferiores a los que tiene la mencionada ITC-EA-03 del Real Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre. De esta forma favorecen el descanso a las personas y la protección ambiental.

• UNE-EN 13201. Iluminación de carreteras y áreas públicas

Establece los requisitos técnicos, métodos de cálculo y criterios de evaluación para los sistemas de iluminación pública en carreteras, calles, y áreas públicas. Su objetivo es garantizar niveles óptimos de seguridad, eficiencia energética y confort visual, adaptándose a diferentes necesidades y escenarios de uso. Consta de las siguientes partes:

- 13201-1: Definición de las clases de iluminación para alumbrado (esta primera parte no está publicada como UNE, sino que es un informe técnico).
- 13201-2: niveles mínimos de iluminación (iluminancia y luminancia). Niveles de uniformidad de las iluminancias.
- 13201-3: Métodos de cálculo.
- 13201-4: Métodos de medición.
- 13201-5: Indicadores de eficiencia energética.

3.4. GUÍAS TÉCNICAS Y PUBLICACIONES DE REFERENCIA

Son numerosas las guías y documentos técnicos publicados a nivel europeo e internacional, así como las próximas estrategias europeas en materia de biodiversidad que incluyen la contaminación lumínica:

- Guía técnica, de carácter no vinculante, para la aplicación práctica de las previsiones del REEIAE y sus Instrucciones Técnicas Complementarias.
- EU Biodiversity Strategy for 2030: Bringing nature back into our lives.
- FUTURE BRIEF: Light Pollution: Mitigation measures for environmental protection. Science for Environment Policy (November 2023 Issue 28)
- PremiumLight-Pro es un proyecto H2020 de la UE (2016-19). “Iluminación LED exterior Guía práctica: diseño y criterios de compra.

- “EU Green Public Procurement Criteria for Road Lighting and traffic signals”, European Commission.
- Criterios de contratación pública ecológica de la UE para iluminación de carreteras y semáforos
- Dark and Quiet Skies for Science and Society
- The ‘Dark Ecological Network’: strategically tackling light pollution for biodiversity and people. SCIENCE FOR ENVIRONMENT POLICY (14th October 2021 Issue 569).

En estos documentos específicos para el alumbrado de carreteras (pero extrapolable a otros alumbrados), establece que en el ámbito de la contaminación lumínica se deben tener en cuenta los siguientes criterios básicos:

- Todas las luminarias para iluminación vial deben tener un FHSinst < 0,2%, de acuerdo con el código de flujo CIE C4 ≥ 100 y el código de flujo CIE C3 ≥ 90%. Para iluminación de jardines o zonas peatonales (siempre que no estén ubicadas en áreas de protección especial), el FHSinst puede ser < 5%, con un código de flujo CIE C4 ≥ 95 y un código de flujo CIE C3 ≥ 90%.

- En zonas residenciales, para reducir el riesgo de molestias a las personas, la Temperatura de Color Correlacionada (TCC) de las fuentes de luz debe ser ≤ 3000 K. Además, se debe implementar un programa de atenuación o apagado durante horarios específicos.

- En zonas de especial protección para la biodiversidad, áreas con certificación Starlight, Dark Sky, cercanas a observatorios astronómicos o con actividad astroturística, se recomienda una TCC de 2200 K ± 175 K.

- En todas las zonas consideradas sensibles desde un punto de vista ecológico y que así hayan sido definidas por la entidad adjudicante, el índice espectral G (*) debe ser ≥ 1,5. Para áreas cercanas a observatorios astronómicos o con certificación Starlight, Dark Sky, etc., el índice G (*) debe ser ≥ 2.

- Se debe implementar un programa de regulación de intensidad en parques y jardines abiertos durante la noche. Durante los períodos en que los parques y jardines estén cerrados, se debe aplicar el “Toque de Queda” (apagado de la iluminación). Asimismo, se debe establecer un programa de regulación de intensidad y/o desactivación de los sistemas de iluminación en otras áreas sensibles desde un punto de vista ecológico, compatible con las necesidades de iluminación de las personas.

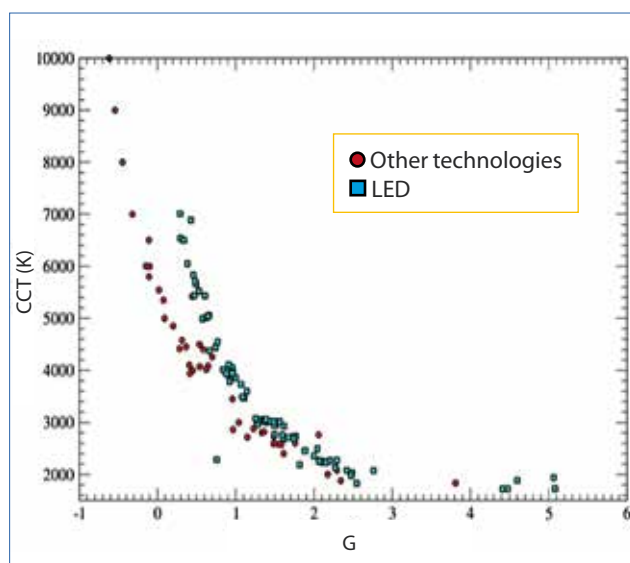
(*) En este caso, también menciona el cálculo del índice espectral G, que está directamente relacionado con el contenido de luz azul.

A continuación, se presentan a modo de ejemplo, valores empíricos de ambos parámetros obtenidos a partir de mediciones en laboratorios de distintas fuentes de luz e in situ durante la comprobación en dirección de obra y que pueden ir variando con la evolución tecnológica:

PARÁMETROS ESPECTRALES DE FUENTES DE LUZ Y CONTAMINACIÓN LUMÍNICA					
FUENTES DE LUZ	TCC (K)	IRC	Lambda P (nm)	Índice G	% <500nm
PC AMBAR	1.860	39,75	594	5,49	0,41%
LED 1800 K	1.750	51,00	612	3,87	1,38%
LED 1800 K	1.829	71,68	609	2,55	4,28%
LED 2200 K	2.156	74,84	610	2,32	5,71%
VSAP (Vapor Sodio Alta Presión)	1.963	18,53	590	3,78	6,53%
LED 2700 K	2.748	74,89	584	1,67	10,80%
LED 3000 K	2.941	72,15	583	1,55	12,51%
LED 3000 K	3.175	74,21	597	1,22	15,35%
HM (Halogenuro Metálico)	3.646	57,74	592	1,43	18,00%
LED 4000 K	4.300	77,33	449	0,73	23,65%
VM (Vapor de Mercurio)	4.159	32,59	578	1,19	27,80%
LED 5000 K	5.499	81,74	454	0,52	29,34%
LED 6000 K	6.210	76,30	446	0,26	33,99%

▲ **Figura 6.** Ejemplos de medidas espectrales de fuentes de luz habituales de alumbrado exterior

En todo caso, en la gráfica siguiente se muestran resultados de un análisis exhaustivo realizado sobre distintos tipos de espectros:



▲ **Figura 7.** Índice G frente a TCC. Fuente: David Galadí

3.5. PLANES ESTRATÉGICOS EN PROTECCIÓN NATURALEZA

- **Plan Estratégico Estatal del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad a 2030** (aprobado por Real Decreto 1057/2022). Este plan identifica la contaminación lumínica como una de las causas de la degradación de la biodiversidad y de las amenazas sobre el medio marino; establece la aprobación de Directrices Básicas de infraestructuras de transporte y energéticas basadas en el documento *EU GPP for Road Lighting and Traffic Signals*, así como un Plan de Adaptación Lumínica de parques eólicos y vías de comunicación.
- **Plan Estratégico de Humedales a 2030** (publicado por Resolución de 1 de diciembre de 2022, de la Secretaría de Estado de Medio Ambiente). Este Plan incluye la contaminación lumínica entre las principales presiones y amenazas identificadas; indica que sus afecciones específicas se tendrán en cuenta en las Directrices Básicas de infraestructuras de transporte y energéticas, así como en el Plan de Adaptación Lumínica de parques eólicos y vías de comunicación.
- **Estrategia de Biodiversidad y Ciencia** (publicada por Orden PCM/1341/2022). Esta estrategia identifica la necesidad de luchar contra la contaminación lumínica como una de las causas de la pérdida de biodiversidad.

4. Aspectos físicos de la contaminación lumínica

La luz es una forma de radiación electromagnética fundamental para la vida, se propaga a través de la atmósfera y, en su recorrido, experimenta diversos fenómenos físicos que modifican su comportamiento. Estos procesos son clave para comprender cómo la luz interactúa con el entorno y cómo, a su vez, esta interacción puede generar efectos indeseables, como la contaminación lumínica.

La luz visible es una onda electromagnética cuya interacción con las moléculas del aire y las partículas en suspensión tiene un impacto directo en la dispersión y la distribución de la luz. Dependiendo del tamaño de las partículas en suspensión, la luz se dispersa de maneras distintas. Esta interacción con el aire limpio y con los aerosoles que se encuentran en la atmósfera da lugar a dos procesos físicos diferenciados: **el esparcimiento de Rayleigh** y **el esparcimiento de Mie**.

4.1. ESPARCIMIENTO DE RAYLEIGH

La luz visible interactúa con las moléculas del aire, como el oxígeno y el nitrógeno, que tienen un tamaño mucho menor que la longitud de onda de la luz visible. Este fenómeno produce el **esparcimiento de Rayleigh**, que es inversamente proporcional a la cuarta potencia de la longitud de onda. Es decir, las longitudes de onda más cortas, como el azul y el ultravioleta, se dispersan mucho más que las longitudes de onda largas, como el rojo.

De hecho, la luz azul se dispersa hasta cuatro veces más que la luz roja, y la luz ultravioleta hasta trece veces más que la roja. Esto explica por qué el cielo es azul durante las horas centrales del día, cuando la luz solar atraviesa la atmósfera y se dispersa, y por qué se tiñe de tonos anaranjados durante el amanecer y el atardecer.

La interacción de las fuentes de luz blanca, especialmente aquellas con un alto componente de luz azul (longitudes de onda inferiores a 500 nm), es una de las causas de la contaminación lumínica. Estas fuentes incluyen lámparas de vapor de mercurio (prohibidas por ley), halogenuros metálicos, LEDs blancos e inducción, que emiten gran cantidad de luz azul que, al dispersarse en la atmósfera, contribuye significativamente al resplandor luminoso nocturno. Además, este tipo de luz tiene un impacto en el ritmo circadiano de los seres humanos y afecta negativamente a la biodiversidad nocturna, que depende de los patrones naturales de luz y oscuridad.

4.2. ESPARCIMIENTO DE MIE

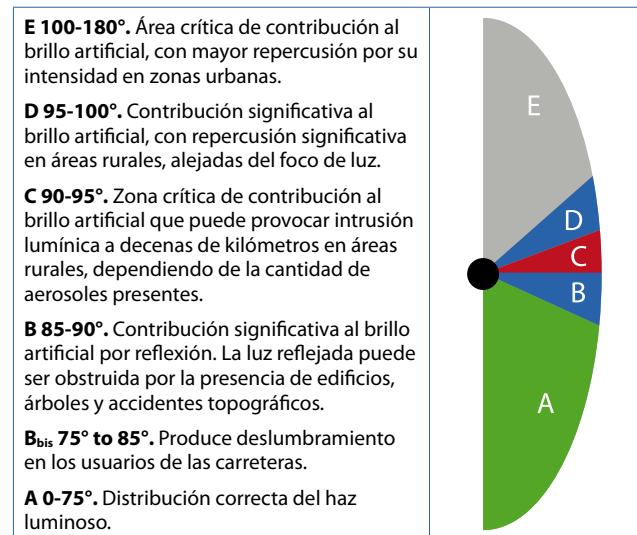
El **esparcimiento de Mie** ocurre cuando la luz interactúa con partículas en suspensión, cuyo tamaño es aproximadamente similar al de las longitudes de onda de la luz visible. En este caso, la dispersión es inversamente proporcional a la longitud de

onda, pero a diferencia del esparcimiento de Rayleigh, el color de la luz apenas tiene efecto sobre el proceso. En cambio, lo que importa es la dirección de propagación, ya que las partículas en suspensión dispersan principalmente la luz hacia adelante y en direcciones alineadas con la propagación original de la luz.

Este fenómeno explica por qué las nubes aparecen blancas y por qué el cielo de Marte tiene un tono rojizo. Las partículas en suspensión afectan la dispersión de la luz de manera diferente, provocando que la luz se esparza en direcciones más específicas y con menor efecto en el color.

Es importante tener en cuenta que la luz emitida por luminarias con ángulos de emisión próximos al horizontal tiene un efecto desproporcionado en la contaminación lumínica a larga distancia. Estas luminarias, al emitir luz en direcciones elevadas, junto con toda la reflexión de la luz en el suelo y fachadas, contribuyen al resplandor luminoso del cielo, que puede ser visible a decenas de kilómetros de la fuente.

Este fenómeno es una de las principales causas de la contaminación lumínica, ya que la luz se dispersa por la atmósfera y se refleja en las partículas en suspensión, creando un resplandor visible incluso en áreas alejadas de la fuente.



▲ **Figura 8.** Efecto sobre el brillo artificial del cielo según el ángulo de emisión. Fuente: Chris Baddiley

Por tanto, la física de la luz en la atmósfera es fundamental para comprender cómo las fuentes de iluminación, especialmente aquellas con una alta emisión de luz azul y ultravioleta, afectan al entorno nocturno. La dispersión de la luz, tanto por las moléculas del aire como por las partículas en suspensión, contribuye significativamente a la contaminación lumínica. Por lo tanto, es esencial considerar estos principios físicos al diseñar sistemas de alumbrado exterior, con el fin de minimizar su impacto y promover un entorno nocturno más saludable y sostenible.

5. Criterios de mínima contaminación lumínica

El diseño e instalación de sistemas de alumbrado exterior deben cumplir con criterios estrictos de sostenibilidad para minimizar la contaminación lumínica y reducir el impacto medioambiental. Es crucial que estos sistemas no solo se adapten a las necesidades funcionales de la iluminación, sino que también respeten el entorno nocturno y sus ecosistemas. A continuación, se detallan los principios fundamentales para el diseño de alumbrado exterior sostenible menos contaminante lumínicamente, basados en las leyes de la física y las mejores prácticas de ingeniería luminotécnica:

5.1. FUENTES DE LUZ CON BAJA EMISIÓN EN EL AZUL

Para minimizar la contaminación lumínica, es fundamental evitar en la medida de lo posible la emisión de luz en las longitudes de onda del espectro visible azul (<500 nm) y ultravioleta. Por ello, se deben considerar en el diseño de las instalaciones de alumbrado los distintos tipos de fuentes de luz con las siguientes características:

- **Tipo 0.** Menos del 2% de la suma de las radiancias espectrales para todas las longitudes de onda inferiores a 500nm, respecto a la radiancia total medida en el rango de 380-780nm. En zonas naturales protegidas, áreas de protección astronómica, astroturística y territorios con certificaciones de calidad del cielo nocturno.
- **Tipo 1.** Menos del 6% de la suma de las radiancias espectrales para todas las longitudes de onda inferiores a 500nm, respecto a la radiancia total medida en el rango de 380-780nm. En calles peatonales, centros urbanos, zonas residenciales, parques, paseos en zonas naturales, ribera de los ríos, vías verdes que deban ser iluminadas, etc.
- **Tipo 2.** Menos del 12% de la suma de las radiancias espectrales para todas las longitudes de onda inferiores a 500nm, respecto a la radiancia total medida en el rango de 380-780nm. Para red viaria, áreas urbanas de relevancia como travesías importantes y polígonos industriales.
- **Tipo 3.** Menos del 18% de la suma de las radiancias espectrales para todas las longitudes de onda inferiores a 500nm, respecto a la radiancia total medida en el rango de 380-780nm. Usos temporales deportivos, de entrenamiento, ornamentales e industriales debidamente autorizadas, hasta la media noche. A excepción de las retransmisiones deportivas de carácter nacional e internacional que lo requieran.

En el apartado 7, se detallan las características específicas de cada fuente de luz según la zona E.

5.2. CONTROL DEL FLUJO HEMISFÉRICO SUPERIOR INSTALADO (FHSINST)

El FHS_{inst} es un parámetro esencial para evitar la contaminación lumínica, el deslumbramiento y la luz intrusa. Su control contribuye al objetivo de evitar que la luz artificial se emita hacia el hemisferio superior tanto de forma directa como indirecta (por reflexión), lo que contribuye a la dispersión de la luz y, por lo tanto, al resplandor del cielo nocturno. Por ello, se deben considerar luminarias y diseños de instalaciones de alumbrado que garanticen un bajo valor de FHS_{inst} independientemente de la zona de protección donde se ubiquen las instalaciones:

- De forma general en alumbrado para instalaciones de tipo funcional, industrial, deportivo y de grandes áreas (parking, zonas de trabajo, etc.) un $FHS_{inst} < 1\%$. Se recomiendan proyectores con distribución lumínica asimétrica con mínima inclinación y/o con sistemas de control de luz como paralúmenes para garantizar ese FHS_{inst} global.
- En algunas situaciones de alumbrado para instalaciones de tipo ambiental un $FHS_{inst} < 3\%$ si llevan instalados sistemas de anti-deslumbramiento a baja altura para mejorar el confort visual de las personas.
- En aquellas instalaciones deportivas que requieran altas prestaciones, se ha de tener en cuenta su fácil esparcimiento de la luz a grandes distancias, lo que provoca un altísimo impacto medioambiental. Por ello, el diseño debe realizarse estrictamente con mínimos valores de FHS_{inst} posible y siempre <5% (mejor 3%)



▲ **Figura 9.** Una misma luminaria que en laboratorio tiene $FHS < 1\%$ puede contaminar FHS_{inst} 15% (izda.) o no (dcha.). La dirección de obra es fundamental



5.3. OPTIMIZACIÓN DE LA ILUMINACIÓN EN FUNCIÓN DE LA NECESIDAD

Es imperativo iluminar únicamente donde sea necesario, de manera eficiente, con el mayor factor de utilización posible, y evitando tanto la sobreiluminación como la intrusión de luz en áreas que no lo requieren.

- **Niveles de iluminación adecuados:** los niveles de iluminación se deben considerar por espacio, uso y franja temporal. Ser ajustados a las necesidades específicas de cada tipo de vía o espacio a iluminar, evitando la sobreiluminación que no solo genera contaminación lumínica, sino que también incrementa el consumo energético.
- Estudios luminotécnicos optimizados que garanticen las ópticas más adecuadas a cada situación a iluminar evitando la luz intrusa y la intrusión de luz fuera del espacio que debe ser iluminado.
- **Cumplimiento normativo:** es fundamental que los niveles de iluminación cumplan con las normativas vigentes, garantizando la uniformidad necesaria para la seguridad y funcionalidad del entorno, sin exceder los umbrales establecidos por las directrices técnicas.
- Cada instalación debe tener un nivel normativo asociado para **un uso y una franja temporal**. Esto implica que una instalación debe diseñarse y operarse como un sistema adaptable, donde la clase de alumbrado asignada pueda variar a lo largo del tiempo y no permanecer estática durante toda la noche.

5.4. CONTROL Y REGULACIÓN DE LA ILUMINACIÓN NOCTURNA

La implementación de sistemas de control y regulación de la iluminación es importante para minimizar el impacto ambiental de la luz artificial y optimizar el uso energético, cuando baja la actividad y los usos de las áreas iluminadas.

- Sistemas de regulación de flujo luminoso: estos sistemas deben ser capaces de ajustar automáticamente el flujo luminoso o mediante programación de horarios a lo largo de la noche, reduciendo la intensidad de la iluminación en función de la actividad.
- Por ejemplo, aplicar una consigna fija de regulación, como una reducción al 50% entre las 00:00 y hora de apagado,

puede ser útil como estrategia inicial, pero no representa una gestión lumínica avanzada. Hay situaciones en las que se podrá regular al 75% y otras veces al 25%, en función de la clase de alumbrado de cada momento. La regulación debe, por tanto, estar vinculada al uso real, no a valores absolutos o constantes.

- Sistemas de detección de presencia: estos sistemas permiten que la iluminación se active al nivel requerido únicamente cuando se detecte la presencia de personas o vehículos en las áreas, optimizando aún más el consumo energético y evitando la emisión innecesaria de luz en áreas vacías.

5.5. OPTIMIZACIÓN DE HORARIOS Y APAGADO DE ALUMBRADO TEMPORAL

En las instalaciones de alumbrado exterior de carácter temporal (deportivo, ornamental, publicitario, etc.) que generalmente no cumplen una función de seguridad, es crucial optimizar el horario de funcionamiento. Este criterio puede aplicarse también a espacios públicos como parques y jardines, que pueden cerrarse en horas nocturnas y, por tanto, no requieran alumbrado exterior.

5.6. CUMPLIMIENTO DE REQUISITOS TÉCNICOS Y CERTIFICACIONES

Todos los equipos de iluminación utilizados deben cumplir con los estándares y requisitos de producto y de seguridad eléctrica y de compatibilidad electromagnética que les correspondan y que quedan establecidos en el documento de "Requisitos Técnicos Exigibles a Luminarias con Tecnología LED" publicado por el Comité Español de Iluminación (CEI) y el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAIE), en su versión más actualizada. Esto asegura que las luminarias utilizadas no solo sean eficientes y de alta calidad, sino que también cumplan con las normativas medioambientales y de seguridad.

5.7. COMPROBAR LOS PARÁMETROS DE DESLUMBRAMIENTO

Con el control del deslumbramiento se reduce fuertemente la contaminación lumínica y las situaciones de inseguridad, por lo que se evitarán niveles deslumbramientos superiores a los indicados en la normativa para cada clase de alumbrado, comprobados en los cálculos luminotécnicos y a partir de los ensayos fotométricos de las luminarias.

6. Zonificación lumínica

Se debe definir inicialmente la zonificación lumínica que permite clasificar las diferentes zonas del territorio o municipio en función de su protección y vulnerabilidad a la contaminación lumínica, según el tipo de actividad a desarrollar en cada una de ellas, las figuras de protección medioambiental declaradas en el territorio y zonas de cielo oscuro, tal y como se establecen las normas y recomendaciones, pero incluyendo nuevos criterios técnicos y científicos que se han ido desarrollando en los últimos 10 años detallados en esta guía, dado el exponencial avance de la tecnología LED en la actualidad.

Esta zonificación se debe realizar en las zonas E que van desde la E0 de mayor protección a la contaminación lumínica a la E3 en las que puede permitir una luminosidad más elevada y que permite garantizar que las instalaciones de alumbrado exterior futuras y renovación de las actuales no generen contaminación lumínica o ésta sea la mínima posible, teniendo en cuenta que el objetivo también es garantizar la seguridad y el confort visual de las personas.

Y, sobre todo, partir de la premisa de que, para proteger las zonas más sensibles, es necesario actuar en todas desde fuera hacia dentro, es decir, para proteger una zona E0 o E1 es necesario aplicar criterios de máxima protección en el resto de las zonas E2, E3 y E4, no sólo en éstas.

Por todo ello, la definición de las zonas E propuestas en esta guía es la siguiente:

Zonas E	Definición
E0	ÁREAS CON ENTORNOS O PAISAJES OSCUROS ZONAS INSTRÍSECAMENTE OSCURAS Zonas núcleo de las áreas de protección especial naturaleza (Red Natura 2000, Reserva Biosfera, Parques Nacionales, etc.) y espacios certificados de cielo oscuro en sus zonas núcleo. Observatorios astronómicos
E1	ZONAS DE BAJA O NULA DENSIDAD DE POBLACIÓN Espacios naturales no catalogados como E0, zonas rurales no pobladas o con muy baja densidad de población. Zonas buffer o amortiguamiento de áreas de protección especial naturaleza y cielo oscuro. Espacios de interés astroturístico. Áreas urbanas iluminadas dentro de zonas E0
E2	ÁREAS DE BRILLO O LUMINOSIDAD BAJA. ZONAS PERIURBANAS Zonas periurbanas o extrarradios de los municipios, suelos no urbanizables, áreas rurales y sectores generalmente situados fuera de las áreas residenciales urbanas o industriales.
E3	ÁREAS DE BRILLO O LUMINOSIDAD MEDIA. ZONAS URBANAS RESIDENCIALES Zonas urbanas residenciales, con alta densidad de calzadas (vías de tráfico rodado y aceras)

Zonas E	Definición
E4	ÁREAS DE BRILLO O LUMINOSIDAD ALTA ZONAS URBANAS DE ELEVADA ACTIVIDAD NOCTURNA Centros urbanos, sectores comerciales y de ocio, con elevada actividad nocturna.
IET	INSTALACIONES ESPECIALES DE FUNCIONAMIENTO TEMPORAL: Instalaciones deportivas, alumbrado ornamental, festivo, publicitario

▲ **Figura 10.** Propuesta de definición de las zonas E para la zonificación lumínica

Existen zonificaciones lumínicas aprobadas en las Comunidades Autónomas. Se han de consultar previamente puesto que son obligatorias de cumplimiento:

- [Zonificación de Canarias](#)
- [Zonificación de Catalunya](#)
- [Zonificación de Andalucía](#)

Considerando lo anterior y la ubicación de cada proyecto de alumbrado a realizar, se puede establecer la clasificación de un territorio, una instalación, un municipio, etc. en base a las siguientes consideraciones:

Zonas E0:

- Zonas donde es necesario preservar una calidad de cielo nocturno excelente (valores de brillo del fondo del cielo en cenit > 21,7 mag/arcsec²). Para garantizar esto se debe actuar en el resto de las zona E.
- Zonas núcleo de los espacios naturales protegidos con figuras que son gestionadas por entidades públicas que velan por su protección y por garantizar un uso sostenible de los recursos naturales en cada categoría. Igualmente, queda aquí incluida cualquier otra zona o figura de protección que por sus características naturales, monumentales, paisajísticas o artísticas requiera de protección contra la luz nocturna. Algunas de ellas son:
 - Parques Nacionales. Son gestionados por el Organismo Autónomo Parques Nacionales (OAPN), adscrito al Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO). En España en la actualidad están declarados 15 Parques Nacionales. [Listado Parques Nacionales en España.](#)
 - Reservas de la Biosfera. Reconocidas por la UNESCO por su valor ecológico y su compromiso con el desarrollo sostenible. La gestión de estas reservas recae en diversas entidades públicas, principalmente a nivel autonómico y local. En España en la actualidad son 55, distribuidas por 16 de las 17 comunidades autónomas y cuatro de ellas son transfronterizas, tres con Portugal y una intercontinental con Marruecos.



- Existe la Red de Reservas de Biosfera, RERB, integrada por el conjunto de las reservas de la biosfera (RB) españolas que gestiona el Organismo Autónomo Parques Nacionales (OAPN), adscrito al Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO).

[Listado Reservas Biosfera en España.](#)

- RED NATURA 2000: Red de áreas protegidas en toda la Unión Europea, con el objetivo de garantizar la conservación de especies y hábitats de interés europeo. En España se compone de dos tipos de áreas protegidas: Zonas de Especial Conservación (ZEC) y/o Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA). [Listado Red Natura 2000 en España.](#)
- Parques naturales. Reservas Naturales. Paisajes protegidos. Monumentos naturales. Están regulados principalmente por las consejerías de medio ambiente de cada comunidad autónoma, que tienen la competencia para declararlos y gestionarlos, y en casos de parques nacionales, el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO).

- Zonas núcleo de los territorios con certificaciones cielo nocturno certificadas o reconocidas
- Observatorios astronómicos profesionales y no profesionales donde se realizan proyecto PROAAM (profesionales y amateurs)

Zonas E1:

- Zonas donde es necesario preservar una calidad de cielo nocturno buena (valores de brillo del fondo del cielo en cenit > 21,4 mag/arcsec²).
- Espacios naturales no catalogados como E0, zonas rurales no pobladas o con muy baja densidad de población.
- Áreas urbanas cuyo casco urbano está dentro de espacios naturales protegidos incluidos en zonas E0, si bien la zona centro y con mayor afluencia de personas podrá ser definida como zona E2.
- Zonas oscuras en las que se prioriza garantizar su oscuridad por posibles proyectos vinculados con el turismo astronómico, aunque en ellas también se pueden clasificar zonas E2 en las calles urbanas apantalladas (ZUA). Lo mismo sucede con municipios cuyo casco urbano es adyacente a espacios naturales protegidos.
- Zonas de transición que es necesario establecer en torno a una Zona E0 con el fin de garantizar su protección. En este caso al menos 5 km.

- Áreas urbanas incluidas en el buffer de protección de zonas oscuras certificadas. [Listado territorios certificados en España.](#)

Zonas E2:

- Zonas donde es necesario preservar una calidad de cielo nocturno aceptable (valores de brillo del fondo del cielo en cenit > 21,0 mag/arcsec²).
- Zonas periurbanas o extrarradios de los municipios, suelos no urbanizables, áreas rurales escasamente habitadas y sectores generalmente situados fuera de las áreas residenciales urbanas o industriales, no consideradas como E0 ni E1.
- Cuando están próximas a zonas E0 (espacios naturales protegidos, zonas cielo oscuro) se establece zona E1 en las calles urbanas sin apantallar (ZUSA). También se pueden clasificar como zona E2 las calles del municipio que están apantalladas ZUA, siempre y cuando no sean adyacentes a zona E1.

Zonas E3:

- Zonas donde es necesario preservar una calidad de cielo nocturno reducida (valores de brillo del fondo del cielo en cenit > 20,0 mag/arcsec²).
- Áreas urbanas residenciales densamente pobladas y con alta densidad de calzadas (vías de tráfico rodado y aceras), no consideradas E0, E1, E2 o E4.

Zonas E4:

- Zonas con una calidad de cielo nocturno característica de zona urbana (valores de brillo del fondo del cielo en cenit < 20,0 mag/arcsec²).
- Espacios urbanos céntricos, sectores comerciales y de ocio, con elevada actividad nocturna.

Instalaciones Especiales Temporales (IET):

- Alumbrados especiales con funcionamiento temporal (encendido durante unas horas). Por ejemplo: deportivos, ornamentales, publicitarios, festivos.

En el caso de alumbrado exterior industrial, se deberá seguir la normativa de seguridad específica, si bien deberán ejecutarse aplicando todos los criterios de mínima contaminación lumínica que sean posibles.

7. Requerimientos técnicos para el diseño de las instalaciones

7.1. ALUMBRADO GENERAL (VIAL, PEATONAL, CARRIL BICI)

En cada una de las zonas E se definen los criterios que deben cumplir las instalaciones de alumbrado exterior para que su funcionamiento sea compatible con el entorno natural, biodiversidad, protección del cielo estrellado y no generen impacto medioambiental, considerando que, para proteger las zonas más sensibles, es necesario minimizar lo máximo posible en el resto de las zonas. Los criterios relacionados con cada zona de protección se diferencian por:

- **Tipología de luminarias:** para instalaciones de tipo funcional, ambiental, además de luminarias de tipo farol y proyector.
- **Ubicación:** localización geográfica y si están instalados en Zonas Urbanas Apantalladas o en Zonas Urbanas Sin Apantallar.
- **FHSinst (%)**.
- **Tipos de fuentes de luz en base a su radiancia espectral e índice G.**
- **Niveles de iluminación.** Adecuar los niveles de iluminación en base a los criterios, situaciones y hora de la noche, definidas en la normativa de referencia (RD1890/2008 ITC-EA-02, EN 13201-2).

El reglamento y la normativa vigente establecen, para cada tipología de vía o espacio y su intensidad de uso, la clase de alumbrado y los niveles máximos aplicables. Con el objetivo

de reducir la contaminación lumínica, el diseño se realizará utilizando la clase más baja que resulte admisible para cada situación (priorizando, según corresponda, las tipologías M6, M5, M4, M3 o S4, S3, S2, S1), evitando la generalización de clases de mayor exigencia. Será especialmente necesario justificar de manera clara y fundamentada cualquier decisión de adoptar una clase superior, en particular cuando se requiera una clase de tipo M2, M1 o CE2, CE1, CE1A y CE0. En todos los casos, se evaluarán los usos reales de la vía o espacio a lo largo de la noche y, cuando proceda, por periodos del año, para identificar tramos y franjas horarias en los que sea posible reducir la clase de alumbrado. En consecuencia, deberán implantarse sistemas de regulación que permitan ajustar dinámicamente los niveles a las necesidades reales en cada momento, evitando que la instalación quede permanentemente dimensionada para condiciones de uso máximo que no se producen de forma continua.

- **Horario funcionamiento y regulación del flujo luminoso.** La regulación y la franja temporal de uso, debe estar vinculada al uso real, no a valores absolutos o constantes. Se debe adaptar a cada situación.

Con objeto de reducir la contaminación lumínica, en la tabla siguiente se muestran los criterios técnicos de diseño a aplicar para cada una de las zonas E:

ZONIFICACIÓN	Z.U.A. (zona urbana apantallada) ⁽¹⁾				Z.U.S.A. (zona urbana sin apantallar) ⁽²⁾				
	FUNCIONAL ⁽³⁾	AMBIENTAL ⁽⁴⁾	FAROL ⁽⁵⁾	PROYECTOR ⁽⁶⁾	FUNCIONAL	AMBIENTAL	FAROL	PROYECTOR ⁽⁶⁾	
	FHS inst% ^{(7) (*)}								
E0	≤ 0,1	≤ 0,1	≤ 0,1	≤ 0,1	≤ 0,1	≤ 0,1	≤ 0,1	≤ 0,1	
E1	≤ 0,2	≤ 0,5	≤ 1,0	≤ 0,5	≤ 0,1	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 0,1	
E2	≤ 0,2	≤ 1,5	≤ 2,0	≤ 0,5	≤ 0,1	≤ 1,0	≤ 1,5	≤ 0,1	
E3	≤ 0,5	≤ 2,5	≤ 3,0	≤ 1,0	≤ 0,5	≤ 2,0	≤ 2,0	≤ 0,5	
E4	≤ 1,0	≤ 3,0	≤ 3,0	≤ 1,0	≤ 0,5	≤ 2,0	≤ 2,0	≤ 0,5	
IET ⁽¹⁰⁾	≤ 5,0				≤ 3,0				
ZONIFICACIÓN	Fuentes de luz ^{(8) (**)}								
E0	Tipo 0				Tipo 0				
E1	Tipo 0/Tipo 1				Tipo 0/Tipo 1				
E2	Tipo 0/Tipo 1 / Tipo 2				Tipo 0/Tipo 1				
E3	Tipo 0/Tipo 1 / Tipo 2				Tipo 0/Tipo 1 / Tipo 2				
E4	Tipo 0/Tipo 1 / Tipo 2 / Tipo 3				Tipo 0/Tipo 1 / Tipo 2 / Tipo 3				
IET	Tipo 0/Tipo 1 / Tipo 2 / Tipo 3				Tipo 0/Tipo 1 / Tipo 2 / Tipo 3				
ZONIFICACIÓN	Clase de alumbrado ⁽⁹⁾								
E0	ME6	S4	S4		ME6	S4	S4		
E1	ME5	S3	S3		ME5	S3	S3		
E2	ME4	S2	S2		ME5	S2	S2		
E3	ME3	S1	S1		ME3	S1	S1		
E4	ME3	S1	S1		ME3	S1	S1		
IET	Valores máximos incluidos en RD1890/2008								
En todos los casos		Utilancia: U > 50%							

▲ **Figura 11:** Criterios de alumbrado exterior sostenible según la zonificación lumínica en Zonas E



NOTAS:

- (1) **Z.U.A.** (zona urbana apantallada): zona urbana donde la instalación de alumbrado se encuentra rodeada de edificios y de forma que la altura media de los edificios es mayor al resultado de sumar la altura de la luminaria y la distancia media de éstas a los edificios. La referencia de la altura de los edificios será respecto a la base del poste de la luminaria de mayor cota o más desfavorable.
- (2) **Z.U.S.A.** (zona urbana sin apantallar): zona urbana que no está apantallada según la definición de Z.U.A.
- (3) **FUNCIONAL:** Instalaciones de alumbrado para iluminación vial de autopistas, autovías, carreteras y vías urbanas. Principalmente, situaciones de proyecto A y B (ITC-02 RD1890).
- (4) **AMBIENTAL:** Instalaciones de alumbrado en áreas urbanas para la iluminación de vías peatonales, comerciales, aceras, parques y jardines, centros históricos, vías de velocidad limitada, etc. que se ejecuta generalmente sobre soportes de baja altura (hasta 6 m). Situaciones de proyecto C, D y E (ITC-02 RD1890).
- (5) **FAROL:** luminaria colocada para iluminar viales, parques, viales peatonales, etc. con superficie luminosa difusora, instaladas a baja altura (menos de 6 metros) y que suelen formar parte de la arquitectura del municipio principalmente villas o fernandinos, de estilo clásico. Situaciones de proyecto C, D y E (ITC-02 RD1890).
- (6) **PROYECTOR:** luminaria equipada con un sistema óptico específico (simétrico o asimétrico) diseñado para concentrar y dirigir la luz hacia una superficie situada a cierta distancia de su emplazamiento
- (7) **FHSinst%:** Flujo Hemisférico en la posición de instalación. Preferiblemente sin inclinación.
(* En Catalunya las limitaciones de FHSinst para luminarias encendidas "post toque de queda" en zona E2 será como máximo del 1% en cualquier caso. En Canarias y Andalucía el FHSinst debe ser 0% (para tecnología LED) salvo excepciones.
- (8) **Fuentes de luz. Máxima tipología a aplicar en cada zona. Se describen respecto a su radiancia espectral e índice G, cumpliendo ambos parámetros:**
- * **Tipo 0.** Menos del 2% de la suma de las radiancias espectrales para todas las longitudes de onda inferiores a 500nm, respecto a la radiancia total medida en el rango de 380-780nm, e Índice $G > 3$. Se pueden considerar las fuentes de luz PC Ámbar en zonas naturales protegidas, áreas de protección astronómica, astroturística y territorios con certificaciones de calidad del cielo nocturno.
 - * **Tipo 1.** Menos del 6% de la suma de las radiancias espectrales para todas las longitudes de onda inferiores a 500nm, respecto a la radiancia total medida en el rango de 380-780nm, e Índice $G > 2$ para calles peatonales, centros urbanos, zonas residenciales, parques, etc. Y preferiblemente $G > 2,5$ para paseos en zonas naturales, ribera de los ríos, vías verdes que deban ser iluminadas, etc.
 - * **Tipo 2.** Menos del 12% de la suma de las radiancias espectrales para todas las longitudes de onda inferiores a 500nm, respecto a la radiancia total medida en el rango de 380-780nm, e Índice $G > 1,5$ para red viaria, áreas urbanas de relevancia como travesías importantes y polígonos industriales.
 - * **Tipo 3.** Menos del 18% de la suma de las radiancias espectrales para todas las longitudes de onda inferiores a 500nm, respecto a la radiancia total medida en el rango de 380-780nm, e Índice $G > 1,5$ (nunca menor de 1) para usos temporales deportivos, ornamentales e industriales debidamente autorizadas, hasta la media noche.
- (**) En Cataluña y para zonas E0 y E1, la tipología de lámpara indicada en normativa es más exigente y debe cumplirse no exceder un 1% la radiancia por debajo de 500 nm (consultar el punto 1 del anexo 2 del Decreto 190/2015, de 25 de agosto).
- (9) Clase de alumbrado que indica los niveles máximos para cada situación. Se podrá diseñar con clases de alumbrado más restrictivas a las indicadas (numéricamente superiores) dentro de las establecidas en el 1890/2008 según cada situación.
No obstante, existen supuestos contemplados en la normativa (p. ej., autopistas, vías de alta capacidad, etc.) en los que puede ser necesario adoptar clases de alumbrado con mayor nivel de iluminación siempre y cuando la vía se ubique en una zona E2, E3 o E4. Estos niveles superiores deberán justificarse expresamente caso a caso y aplicarse únicamente donde resulte imprescindible, evitando su generalización al resto de las instalaciones.
- (10) Instalaciones de iluminación de carácter temporal (encendido durante unas horas): deportivo, comercial, ornamental. Excluir alumbrado navideño y festivo para FHSinst
- * Las instalaciones de carácter industrial y grandes áreas deben diseñarse con los criterios más restrictivos posibles (como máximo los indicados en zonas E4, si no está expresamente prohibido por la norma específica que le aplique).

7.2. ALUMBRADO ORNAMENTAL, MONUMENTAL Y DEPORTIVO

Los criterios de diseño y control fotométrico para este tipo de iluminación realizado principalmente con proyectores son:

- **Iluminación al entorno o integrada en el elemento arquitectónico.** Siempre que sea técnicamente viable, se debe priorizar el uso de fuentes ocultas (embebidas o empotradas en cornisas, zócalos o elementos estructurales), de manera que la luz se proyecte sobre las superficies de interés sin emisión directa al entorno.
- **Ópticas específicas y control del haz.** Utilización de proyectores asimétricos con ópticas de precisión adecuadas específicamente para el tamaño, forma y textura del elemento a iluminar.
- **Accesorios de control óptico.** Incorporación de paralúmenes, viseras o aletas antideslumbramiento que limiten el haz útil al área estrictamente necesaria, evitando la emisión hacia el cielo, fachadas adyacentes o la vía pública. La correcta selección de estos elementos es esencial para cumplir con el principio de “luz donde se necesita, sólo cuando se necesita y en la cantidad justa”.
- **Ángulo de incidencia ajustado.** Evitar proyecciones lumínicas en sentido ascendente. El ángulo de instalación debe optimizarse para que la luz incida tangencialmente o en

ángulos controlados, favoreciendo el modelado volumétrico del objeto sin producir iluminación difusa no deseada.

- **Horario de funcionamiento en ornamental-monumental.** Este tipo de alumbrado podrá estar encendido hasta las 23h en invierno y a las 00h en verano.
- **Horario de funcionamiento en deportivo general.** Estos tipos de alumbrado podrán estar encendidos exclusivamente durante el tiempo de uso de la instalación.
- **Horario de funcionamiento comercial/publicitario.** Estos tipos de alumbrado podrán estar encendidos exclusivamente durante el horario comercial y se deberán apagar según horarios contemplados en las ordenanzas municipales y nunca más allá de las 23h.
- **No se iluminarán elementos naturales.**

7.3. ALUMBRADO DEPORTIVO ESPECIAL

El alumbrado para eventos deportivos con retransmisión televisiva, la regulación lumínica debe ajustarse a las normativas específicas aplicables a cada competición o federación organizadora, tales como: Estándares de la Comisión Internacional de Televisión Deportiva (IBTS) para Juegos Olímpicos y otros eventos internacionales; UEFA, Liga Nacional de Fútbol Profesional, etc.

8. Requerimientos técnicos para el control final de la obra

En este apartado se describen brevemente los parámetros técnicos que se deben medir y controlar durante la fase de obra y confirmar su cumplimiento al final de la misma. Las metodologías a aplicar y la instrumentación a utilizar para estas mediciones, no son objeto específico de esta guía, pero se dan algunas pautas:

8.1. MEDICIONES LUMINOTÉCNICAS

• Niveles de iluminación (protocolo según normativa)

- Medidas estáticas:
 - Luminancia (luminancímetro, cámaras de luminancia)
 - Iluminancia (luxómetro)
- Medias dinámicas:
 - Aplicando "Guía técnica para la realización de medidas dinámicas de iluminancia y luminancia en instalaciones de alumbrado exterior".

• **FHS_{inst}** es posible comprobar mediante inspección in situ con medición del ángulo de inclinación respecto a proyecto y/o medición con dron.

• Deslumbramiento

- Comprobar los índices D y G, a partir de fotometrías certificadas (ENAC o equivalente europeo) y software específico, para comprobación respecto a proyecto.
- Medición in situ.

8.2. MEDICIONES MEDIOAMBIENTALES

• Brillo del fondo del cielo

- Mediciones para analizar tanto el estado base antes de las renovaciones de alumbrado, como después para comprobar el efecto de la actuación.
- Utilizando equipos como fotómetros y cámaras all-sky para medir en el cenit y en los distintos azimuts y alturas sobre el horizonte. También con equipos multibanda.
- Medidas en noches fotométricas: sin luna, sin nubes, sin efecto Vía Láctea, sin influencia luz artificial directa.
- Monitorización del brillo con la instalación de fotómetros permanentes conectados a plataformas inteligentes.

• Radiancia espectral fuentes de luz e índice G

- Utilizando espectro-radiómetros, obtención del espectro de las fuentes de luz cada 1 nm entre 380 y 580 nm).
- Estimación y análisis del índice G a partir del espectro medido in situ.

• Emisión lumínica de la instalación

- Cálculo del número de lúmenes emitidos (FHS directo y reflejado en zonas susceptibles de medición) antes y después de la obra, para comprobar que la emisión de flujo luminoso (lm) se mantiene, disminuye o aumenta. Eso es lo que permite saber si la instalación es más o menos contaminante que la que había.

9. Referencias

- EU Biodiversity Strategy for 2030: Bringing nature back into our lives
- CIE Position Statement on Obtrusive Light and Light Pollution. CIE PS 003:2025 1st Edition
- FUTURE BRIEF: Light Pollution: Mitigation measures for environmental protection. Science for Environment Policy (November 2023 Issue 28)
- PremiumLight-Pro es un proyecto H2020 de la UE (2016-19). "Iluminación LED exterior Guía práctica: diseño y criterios de compra.
- "EU Green Public Procurement Criteria for Road Lighting and traffic signals", European Commission.
- Dark and Quiet Skies for Science and Society.
- Guía técnica, de carácter no vinculante, para la aplicación práctica de las previsiones del REEIAE y sus Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Por un uso responsable de la iluminación artificial. Recomendaciones para las administraciones públicas.
- "Catálogo de especificaciones técnicas aplicables a las instalaciones de alumbrado exterior sujetas al reglamento de la Ley 31/1988 sobre protección de la calidad astronómica de los observatorios del Instituto de Astrofísica de Canarias".OTPC/IAC
- Guía práctica de Iluminación de exteriores. Alumbrado eficiente y control de la contaminación lumínica. FUNDACIÓN STARLIGHT/OTPC/OPCC.
- The 'Dark Ecological Network': strategically tackling light pollution for biodiversity and people. SCIENCE FOR ENVIRONMENT POLICY (14th October 2021 Issue 569).
- The new world atlas of artificial night sky brightness. Science Advances. 10 jun 2016: Vol. 2, no. 6, e1600377. DOI: 10.1126/sciadv.1600377. Fabio Falchi, Pierantonio Cinzano, Dan Duriscoe, Christopher C. M. Kyba, Christopher D. Elvidge, Kimberly Baugh, Boris A. Portnov, Nataliya A. Rybnikova and Riccardo Furgoni.
- "A Ras del Cielo" de David Galadí-Enriquez.
- Chris Baddiley, Tom Webster. British astronomical Association - Campaign for Dark Skies.
- Lighting and Astronomy. Physics Today Magazine December 2009. Christian B. Luginbuhl, Constance E. Walker and Richard J. Wainscoat.
- ¿Puede la luz afectar a nuestra salud? Rol MA, Otálora BB, Martínez Nicolás A, Bonmatí MA, Ortiz-Tudela E, Argüelles R, Martínez-Madrid MJ, Madrid JA. Laboratorio de Cronobiología, Departamento de Fisiología, Facultad de Biología, IMIB-Arrixaca, Universidad de Murcia.
- Posibles riesgos de la iluminación LED. Conclusiones del Grupo de trabajo del Comité Español de Iluminación. Doc. 2. Posibles Riesgos de la iluminación LED para la Salud. María Ángeles Rol de Lama Salvador Bará Viñas.
- Bonmati-Carrion MA, Arguelles-Prieto R, Martinez-Madrid MJ, Reiter R, Hardeland R, Rol MA, Madrid JA. Protecting the melatonin rhythm through circadian healthy light exposure. International Journal of Molecular Sciences 2014; 15: 23448-23500.
- Kloog et al.2008, 2009, 2011; Bauer et al. 2013; Haim and Portnov, 2013; Hurlley et al. 2014; Rybnikova et al. 2016; Rybnikova & Portnov, 2016; Portnov et al. 2016; James et al. 2017.
- The Nobel Prize in Physiology or Medicine 2017 was awarded jointly to Jeffrey C. Hall, Michael Rosbash and Michael W. Young "for their discoveries of molecular mechanisms controlling the circadian rhythm."
- Ariadna Garcia-Saenz, Alejandro Sánchez de Miguel et a. 2018. Evaluating the Association between Artificial Light-at-Night Exposure and Breast and Prostate Cancer Risk in Spain (MCC-Spain Study).
- "Sentencia Luz intrusa" del Tribunal Superior de Justicia de La Rioja (Sala Contencioso-Administrativo) nº 139/2018 de 26 de abril de 2018. Peritaje y defensa por Susana Malón. Licenciada en Ciencias Físicas. Nº colegiada COFIS nº 4382.
- AMA, 2012. Light Pollution: Adverse health effects of nighttime lighting, en Proceedings of the American Medical Association House of Delegates, 161st Annual Meeting, Chicago, Illinois (USA) pp 265-279 (2012). AMA, 2016. Human and Environmental Effects of Light Emitting Diode (LED) Community Lighting, en Proceedings of the American Medical Association House of Delegates meeting 2016, Council on Science and Public Health, CSA- PH Report 2-A-16.
- Gaston, K. J., J. P. Duffy, S. Gaston, J. Bennie and D. T.W. (2014). "Human alteration of natural light cycles: causes and ecological consequences." Oecologia.
- Kyba, C. C. M., A. Mohar and T. Posch (2017). "How bright is moonlight? Moonlight." Astronomy & Geophysics 58(1): 1.31-31.32.
- Longcore T. and Rich C. (2004) Ecological Light Pollution, Front. Ecol. Environ.; 2(4): 191-198.



- Longcore, T., (2010) Sensory Ecology: Night Lights Alter Reproductive Behavior of Blue Tits, *Current Biology*, Vol. 20, Issue 20, pp. R893-R895.
- Johnston, A.S.A., Kim, J. & Harris, J.A. Widespread influence of artificial light at night on ecosystem metabolism. *Nat. Clim. Chang.* (2025). <https://doi.org/10.1038/s41558-025-02481-0>
- Grupo de trabajo Comité Español de Iluminación sobre los posibles riesgos de la iluminación LED. Consideraciones Sobre los Efectos de la Luz en el Ecosistema Nocturno. García M., Baixeras J., et al.
- Declaración Unión Astronómica Internacional (UAI), Consejo Internacional para la Ciencia (ICSU)/Organización de las Naciones Unidas para la Educación de la Ciencia y la Cultura (UNESCO). París, 2 de julio de 1992.
- “Los efectos de la contaminación lumínica en la astronomía profesional y amateur” Antonia M. Varela Pérez, Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) 2023
- En busca de las antiguas astronomías. ISBN 10: 84-368-0454-6. Autor/es: Krupp, E.C. Fecha Edición: 01/1989. Publicación: Ediciones Pirámide. Descripción: 336 p. il. 20x13 cm}.
- Requerimientos técnicos exigibles a luminaria LED alumbrado exterior.
- <https://www.ceisp.com/el-cei/biblioteca/idaie/>
- Ponencias relativas a contaminación lumínica en los simposios de alumbrado del Comité Español de Iluminación.
- Stato del cielo notturno e inquinamento luminoso in Italia. Pierantonio Cinzano, Fabio Falchi, Christopher D. Elvidge.
- Proyecto Star4all <https://stars4all.eu/light-pollution>
- Declaración de La Palma 2007.
- Fundación Starlight
- Red Española de Estudios de Contaminación Lumínica
- Dark-Sky Association

