PLC Madrid

GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN:EFICIENCIA ENERGÉTICA EN INSTALACIONES DEALUMBRADO EXTERIORREAL DECRETO 1890/2008

PLC MADRID

REGLAMENTO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR

INDICE

ARTÍCULO 1. OBJETO. 2
ARTÍCULO 2. ÁMBITO DE APLICACIÓN. 2
ARTÍCULO 3. DEFINICIONES. 4
ARTÍCULO 4. EFICIENCIA ENERGÉTICA. 12
ARTICULO 5. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES 13
ARTÍCULO 6. RESPLANDOR LUMINOSO NOCTURNO, LUZ INTRUSA O MOLESTA. 13
ARTÍCULO 7. NIVELES DE ILUMINACIÓN. 14
ARTÍCULO 8. RÉGIMEN DE FUNCIONAMIENTO. 14
ARTICULO 9. DOCUMENTACIÓN DE LAS INSTALACIONES 14
ARTÍCULO 10. EJECUCIÓN Y PUESTA EN SERVICIO DE LAS INSTALACIONES. 14
ARTÍCULO 11. INFORMACIÓN A LOS TITULARES DE LA INSTALACIÓN. 14
ARTÍCULO 12. MANTENIMIENTO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES. 15
ARTÍCULO 13. INSPECCIONES Y VERIFICACIONES 16
ARTÍCULO 14. EXCEPCIONES. 16
ARTÍCULO 15. NORMAS DE REFERENCIA. 16
ARTÍCULO 16. INFRACCIONES Y SANCIONES 17

PLC MADRID

El Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior, conjuntamente con el REBT, regula en su integridad las instalaciones de alumbrado exterior. Todo ello sin perjuicio de ajustarse a las prescripciones que, para los componentes de dichas instalaciones, establezcan los Reglamentos que desarrollen la Directiva 2009/125/CE.

La Directiva 2009/125//CE, que deroga la Directiva 2005/32/CE, instaura el marco para el establecimiento de requisitos de diseño ecológico de los productos relacionados con la energía, entre los que se encuentran una gran parte de los componentes de las instalaciones de alumbrado exterior. A todos los efectos y hasta la fecha se han aprobado dos regulaciones: El Reglamento(CE) nº 245/2009 relativo a los requistos de diseño ecológico para lámparas fluorescentes sin balastos integrados, lámparas de descarga de alta intensidad, balastos y luminarias que puedan funcionar con dichas lámparas, modificado por el Reglamento nº 347/2010 y recientemente Reglamento nº 1194/2012, realtivo a los requisitos de diseño ecológico aplicables a las lámparas direccionales, a las lámparas LED y a sus equipos.

Artículo 1. Objeto.

1. El presente reglamento tiene por objeto establecer las condiciones técnicas de diseño, ejecución y mantenimiento que deben reunir las instalaciones de alumbrado exterior, con la finalidad de:
Mejorar la eficiencia y ahorro energético, así como la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero.
Limitar el resplandor luminoso nocturno o contaminación luminosa y reducir la luz intrusa o molesta.

La aplicación del artículo 1 de este Reglamento, no debe suponer deterioro ni en la seguridad vial ni en la de los peatones y propiedades, que debe proporcionar las instalaciones de alumbrado exterior.No obstante todo lo anterior, no debe dejar de considerarse que la finalidad del alumbrado exterior es contribuir a crear un ambiente visual nocturno que permita una disminución del riesgo de accidentes y un aumento de la fluidez de la circulación de vehículos, creando condiciones adecuadas para la conducción de los mismos y una visibilidad idónea para el peatón, su seguridad y la de los edificios y bienes del entorno.

2. No es objeto del presente reglamento establecer valores mínimos para los niveles de iluminación en los distintos tipos de vías o espacios a iluminar, que se regirán por la normativa que les sea de aplicación.

Los niveles de iluminación a los que se hace referencia son los valores de luminancia e iluminancia medias, ya que el artículo 7 del Reglamento establece valores mínimos para la uniformidad.

Artículo 2. Ámbito de aplicación.

1. Este reglamento se aplicará a las instalaciones, de más de 1 kW de potencia instalada, incluidas en las instrucciones técnicas complementarias ITC-BT del Reglamento electrotécnico para baja tensión, aprobado por Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, siguientes:

a) Las de alumbrado exterior, a las que se refiere la ITC-BT 09;
b) Las de fuentes, objeto de la ITC-BT 31;
c) Las de alumbrados festivos y navideños, contempladas en la ITC-BT 34.

Se considerará como potencia instalada en kW el resultado de la suma de la potencia nominal de todas las fuentes de luz y sus equipos correspondientes

2. A los efectos de este reglamento, se consideran los siguientes tipos de alumbrado:

- Vial (Funcional y ambiental);
- Específico.
- Ornamental;
- Vigilancia y seguridad nocturna
- Señales y anuncios luminosos
- Festivo y navideño

Este reglamento se aplicará:

A las nuevas instalaciones, a sus modificaciones y ampliaciones.
A las instalaciones existentes antes de su entrada en vigor, cuando, mediante un estudio de eficiencia energética, la Administración Pública competente lo considere necesario.

Aquellas instalaciones existentes que tengan valores muy superiores a los valores establecidos en la ITC-EA-02 (del orden del 100% superior) y consecuentemente elevados consumos de energía eléctrica, resultan manifiestamente ineficientes y no necesitarán la elaboración de un estudio de eficiencia energética salvo que, por motivos de seguridad ciudadana, se justifique la no reducción de los niveles de alumbrado.

A las instalaciones existentes antes de su entrada en vigor, que sean objeto de modificaciones de importancia y a sus ampliaciones, entendiendo por modificación de importancia aquella que afecte a más del 50% de la potencia o luminarias instaladas.

Si se quiere modificar más del 50 % de la potencia o luminarias y/o sus componentes (fuentes de luz y equipos auxiliares) instaladas se considerará que se deberá aplicar el Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior a la ampliación o modificación.

Asimismo, la modificación de menos del 50% de la potencia o luminarias y/o sus componentes (lámparas y equipos auxiliares) instalados, deberá ajustarse a lo dispuesto en el referido Reglamento de Eficiencia Energética cuando se presuma que, mediante actuaciones sucesivas, se pretende modificar o renovar mas del referido 50 % en las instalaciones de alumbrado existentes.

Se excluyen de la aplicación de este reglamento las instalaciones y equipos de uso exclusivo en minas, usos militares, regulación de tráfico, balizas, faros, señales marítimas, aeropuertos y otras instalaciones y equipos que estuvieran sujetos a reglamentación específica.

PLC MADRID

Artículo 3. Definiciones.

A los efectos de este reglamento se entenderá lo siguiente*:*

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 L_v y la luminancia media de la calzada L_m (entre 0,05 y 5 cd/m^2), es la siguiente:

$$TI = 65 \frac{L_v}{(L_m)^{0,8}} (\text{en } \%)$$

Donde:
TI = Incremento de umbral correspondiente al deslumbramiento perturbador
L_v = Luminancia de velo total en cd/m^2.
L_m = Luminancia media de la calzada en cd/m^2.

En el caso de niveles de luminancia media en la calzada superiores a 5 cd/m^2, el incremento de umbral de contraste viene dado por:

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

Alternativamente, el deslumbramiento perturbador se puede considerar como la apreciación subjetiva en una instalación de alumbrado vial, en condiciones estáticas, de una pérdida de visión, 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 vial, se efectúa mediante el incremento de umbral de contraste

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).

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).

Flujo Hemisférico Superior Instalado de la Luminaria (FHS_{inst}): También denominado $ULOR_{inst}$, 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

El flujo hemisférico superior de la luminaria (FHS), también denominado ULOR (del inglés: "Upper Light Output Ratio"), se define como la proporción en % del flujo luminoso 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 normal de diseño, que no tiene por qué coincidir con su posición de instalación.

El flujo hemisférico inferior de la luminaria (FHI), también denominado DLOR, se define como la proporción en % del flujo luminoso de una luminaria que se emite bajo 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 normal de diseño, que no tiene por qué coincidir con su posición de instalación.

En estas condiciones se verifica que: $\eta = FHS + FHI$

Siendo η el rendimiento de la luminaria en %

Eficiencia de la luminaria

Es la relación entre el flujo luminoso emitido por la luminaria y el consumo electrico total de la misma, incluyendo el de los equipos auxiliares.

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/m^2).
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:

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

En la expresión anterior la I (c, γ) se obtiene para cada punto espacial (c, γ) en una tabla de doble entrada (c, γ), denominada matriz de intensidades, en la que para un flujo nominal de 1000 lm se especifican las intensidades luminosas en candelas.

Iluminancia media horizontal: Valor medio de la iluminancia horizontal en la superficie considerada. Su símbolo es E_m y se expresa en lux.

Iluminancia mínima horizontal: Valor mínimo de la iluminancia horizontal en la superficie considerada. Su símbolo es $E_{mín}$ y se expresa en lux.

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:

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

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:

$$GR = 27 + 24\log\frac{L_v}{L_{ve}^{0,9}}$$

Siendo:

L_v = luminancia de velo debida a las (n) luminarias.
L_{ve}= luminancia de velo denominada equivalente, producida por el entorno.

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).

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:

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

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 x 10^{-3} si se expresan en radianes.

Eg = 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.

Para el conjunto total de una instalación de alumbrado público habrá que tener en cuenta todas las luminancias de velo para cada luminaria, considerando además que la primera luminaria a tener en cuenta es la que forma 20° en ángulo de alzada con la horizontal, es decir:

$$L_v = K \sum_{i=1}^{i=n} \frac{E_g}{\theta^2}$$

Siendo i = la primera luminaria cuyo ángulo de alzada con la horizontal es 20°, siendo válida la expresión para 1,5° < θ < 30°.

Establecida según Holladay la expresión de la luminancia de velo L_v solamente se han realizado algunos estudios que han mostrado que el efecto de deslumbramiento perturbador aumenta con la edad del observador.

Ello es debido principalmente a los cambios químicos que alteran la claridad óptica. Existe un crecimiento de la difusión de la luz en los medios oculares que reduce el contraste de la imagen en la retina

A partir de referencias citadas anteriormente, se puede deducir una función que describe la influencia media del aumento de edad del observador sobre la constante K. Esta relación que traduce una variación considerable puede expresarse bajo la siguiente expresión:

$$K = (0{,}0752\ Edad - 1{,}883)^2 + 9{,}2$$

Esta ecuación se aplica entre los siguientes límites:

$$25\ años < Edad < 80\ años$$

PLC MADRID

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/m², 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

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/m²).
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 (β, tg γ), es la siguiente:

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

En la expresión anterior la r(β, tg γ), para cada punto del pavimento se obtiene en una tabla de doble entrada (β, tg γ), denominada matriz de reflexión del pavimento en la que se especifican las características fotométricas de reflexión del pavimento, mediante el coeficiente de luminancia reducido

$$r\,(\beta, tg\ \gamma) = q\,(\beta, \gamma)(\cos\gamma)^3$$

En la norma CIE 132 se dan los valores de las matrices de reflexión más usuales. Cuando en un proyecto concreto se conozca la matriz de reflexión del pavimento, se podrá utilizar éste último para los cálculos.

Coeficiente de Luminancia Medio:

Es el valor medio del coeficiente de luminancia $q\,(\beta, \gamma)$ en un cierto ángulo sólido (Ω_0) y manifiesta el grado de luminosidad del pavimento de la calzada. Su símbolo es (Q_0), se especifica en cd/m2. lux y su expresión es la siguiente:

$$Q_0 = \frac{\int_{\Omega_o} q\,(\beta,\gamma)\, d\,\Omega}{\Omega_o}$$

Establece la claridad de un pavimento, de forma que cuanto más elevado es el coeficiente de luminancia medio (Q_0) mayor es la luminancia obtenida a igualdad de iluminancia.

El coeficiente (Q_0) para pavimentos oscuros alcanza valores entorno a 0,05 y del orden de 0,13 para pavimentos claros, mientras que el valor límite de (Q_0) es de 0,32 que corresponde a un material que refleja en la casi totalidad la energía luminosa que recibe.

Los pavimentos asfálticos con un porcentaje de gravas blancas o claras superior al 30% tienen un coeficiente de luminancia medio $Q_0 > 0{,}11$

Luminancia media de una superficie: Valor medio de la luminancia de la superficie considerada. Su símbolo es L_m y se expresa en cd/m².

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.

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.

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.

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.

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.

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.

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.

Uniformidad General de Iluminancias: Relación entre la iluminancia mínima y la máxima de la superficie de la calzada. Su símbolo es Ug y carece de unidades.

Otras definiciones que se recomiendan tener en consideración para una correcta aplicación del Reglamento, son las siguientes:

Acomodación

Ajuste del poder dióptrico de la lente del cristalino por el que la imagen de un objeto, a una distancia dada, es focalizada sobre la retina. Es decir, es la propiedad del ojo que permite la puesta a punto automática de la imagen óptica sobre la retina a medida que se acerca o aleja un objeto.

Adaptación

Proceso mediante el que el estado del sistema visual es modificado por la exposición previa y presente a estímulos que pueden tener distintas luminancias, distribuciones espectrales y ángulos subtendidos. Es decir, es la propiedad que consiste en que el ojo se ajusta automáticamente al nivel de iluminación existente en cada caso particular.

Agudeza Visual

Capacidad para distinguir detalles finos que tienen una separación angular muy pequeña. También se define esta capacidad del ojo como la visión detallada tanto de cerca como de lejos

Coeficiente de Reflexión

Es la relación entre el flujo luminoso reflejado por un superficie u objeto iluminado y el flujo incidente sobre la misma. Su símbolo es ρ y carece de unidades. La lumina ncia de un objeto en función de su coeficiente de reflexión ρ en una superficie lambertiana es la siguiente:

$$L = \rho E/\pi$$

Donde L= luminancia del objeto y E= iluminancia

A título informativo se hace constar que un objeto con un pequeño factor de reflexión ρ = 0,15 se define como "oscuro", con un factor de reflexión medio ρ = 0,35 se considera "gris" y con un factor de reflexión elevado ρ = 0,75 se estima "blanco".

Aproximadamente en un 90% de los peatones el coeficiente de reflexión (ρ) de sus ropas es inferior a 0,2.

Complejidad del campo Visual

La cantidad de iluminación y la existencia de otros elementos visuales en el campo visual del usuario de la vía de tráfico rodado (conductor), pueden equivocar, distraer, molestar y perturbar al conductor del vehículo.

Contraste

El contraste (c) de un objeto de luminancia (L_0) visto sobre un fondo de luminancia (L_f) viene dado por la siguiente expresión

$$C = \frac{Lo - Lf}{Lf}$$

Si $L_o > L_f$ el contraste es positivo (c>0), y el objeto se ve claro sobre fondo oscuro, y adquiere los siguientes valores $0<C<\infty$. Si $L_o = L_f$ el objeto resulta invisible y si $L_o < L_f$ el contraste es negativo (C<0), y el objeto se ve oscuro sobre fondo claro (en silueta) , y adquiere los siguientes valores -1<C<0

Contraste Umbral

El contraste Umbral (C_u) es la más pequeña diferencia relativa de luminancias entre el objeto y el fondo discemible por el ojo

Diagrama polar relativo de la intensidad luminosa

Representación mediante curvas polares de los valores de las intensidades luminosas en candelas, relativos a un flujo nominal de la lámpara, medida fuera de la luminaria, de 1000 lm (1 klm), medidas generalmente sobre los planos verticales C siguientes: 0º-180º, 90º-270º y en el plano de máxima intensidad.

Diagrama polar absoluto de la intensidad luminosa

Representación mediante curvas polares de los valores absolutos de las intensidades luminosas en candelas, medidas generalmente sobre los planos verticales C siguientes: 0º-180º, 90º-270º y en el plano de máxima intensidad.

Dificultad en la Tarea de Conducción

Es el grado de esfuerzo necesario que debe realizar el usuario o conductor del vehículo en la vía de tráfico rodado, como consecuencia de la información recibida, selección de la ruta a seguir y situación en el carril idóneo, así como para mantener o variar la velocidad del vehículo y su posición en el carril de tráfico.

Factor de Utilización

Es la relación existente entre el flujo procedente de una luminaria que incide en la superficie a iluminar y el flujo emitido por la lámpara instalada en la luminaria.

$$f_u = \frac{\textbf{Flujo superficie iluminada}}{\textbf{Flujo lámpara}} \ \%$$

También se define el factor de utilización (fu) como la relación existente entre la iluminancia media inicial (lux = lm/m²) de la superficie iluminada, y el flujo luminoso instalado por metro cuadrado (lm/m²) en lámparas de descarga.

$$f_u = \frac{\textbf{Iluminancia media inicial}}{\textbf{Flujo lámparas/m2}} = \frac{\textbf{Ei}}{\textbf{F/S}}$$

Se verifica que : $f_m = \frac{\textbf{Eservicio}}{\textbf{Einicial}} = \frac{\textbf{E}}{\textbf{Ei}}$;

y, por tanto, $E_i = \frac{\textbf{E}}{\textbf{fm}}$

De donde se deduce: $f_u = \frac{\textbf{E}}{\textbf{F/S}} \cdot \frac{\textbf{1}}{\textbf{fm}} = \frac{\textbf{E.S}}{\textbf{fm.F}}$

Evalúa las prestaciones intrínsecas de las luminarias y su aptitud para optimizarlas, teniendo en cuenta las características dimensionales de la superficie a iluminar (longitud y anchura) y de la instalación de alumbrado exterior (tipo de implantación, altura de las luminarias y separación entre puntos de luz).

Niveles de Luminosidad Ambiental.

Valoración del nivel de luminancia del entorno circundante a la superficie a iluminar.

Rendimiento de Color

Efecto de un Iluminante sobre el aspecto cromático de los objetos que ilumina por comparación con su aspecto bajo un iluminante de referencia.

Los colores de los objetos que nos rodean se determinan, en parte, por la luz bajo la cual se miran. La forma en que la luz reproduce estos colores se denomina índice de rendimiento de color (R_a). El color de un objeto depende de la distribución de la energía espectral de la luz con que está iluminado y de las características reflexivas de dicho objeto.

El índice de rendimiento de color es la medida del grado en que el color psicofísico de un objeto iluminado por el iluminante de ensayo coincide con el del mismo objeto iluminado con el iluminante de referencia, habiéndose tenido correctamente en cuenta el estado de adaptación cromática. Este índice de rendimiento o reproducción de color (R_a) se clasifica en grupos que van de $R_a > 90$ (muy bueno) a $R_a < 40$ (muy malo).

PLC MADRID

Retrorreflector

Superficie o dispositivo en el que la mayor parte de la radiación reflejada es por retrorreflexión, caracterizada por reenviar la radiación en direcciones próximas a la opuesta de incidencia, manteniendo esta propiedad para variaciones importantes en la dirección de los rayos incidentes.

Esta propiedad es importante en la seguridad viaria, ya que se mejora sustancialmente el guiado visual en la conducción nocturna, merced a la implantación de captafaros (ojos de gato), hitos y marcas viales en relieve (bolas de cristal), que efectúan la retrorreflexión de la luz emitida por los faros de los vehículos y aumentan considerablemente las distancias de visibilidad.

Sensibilidad Diferencial al Contraste

La sensibilidad diferencial al contraste (S_c) es la propiedad del ojo que permite reconocer un objeto u obstáculo sobre un fondo que difiere poco del mismo. Se determina como la inversa del contraste umbral.

Cuando la luminancia aumenta, el contraste umbral desciende, es decir, se precisa menor contraste para ver el objeto y, por tanto, aumenta la sensibilidad diferencial. Cuanto más grande es el objeto a percibir, menor es el contraste umbral necesario, de forma que a igual contraste un objeto grande se ve mejor.

Sistema Óptico

En una luminaria es el encargado de controlar, dirigir y distribuir la luz de forma establecida y adecuada.

Sistemas de Regulación del Nivel Luminoso

Sistemas que reducen simultáneamente el flujo emitido por todas las lámparas de las instalaciones de alumbrado exterior, disminuyendo el nivel de iluminación pero manteniendo la uniformidad de dicha instalación.

Temperatura de Color

La temperatura de color (T_c) de una lámpara es la temperatura media en grados Kelvin que tiene que alcanzar un radiador de Plank (cuerpo negro), para que la tonalidad o color (cromaticidad) de la luz emitida sea igual a la de la lámpara considerada.

La temperatura de color o tono de luz, es el aspecto general del ambiente que proporciona la iluminación y puede ser cálido, neutro o frío, pudiéndose establecer la siguiente clasificación:

Tono de luz blanco cálido (bc)	$T_c \leq 3300$ K
Tono de luz blanco neutro (bn)	$3300 \text{ K} < T_c \leq 5000$ K
Tono de luz blanco luz día (frio) (bf)	$T_c > 5000$ K

Tiempo de Encendido

Tiempo necesario para que una lámpara de descarga desarrolle un arco eléctricamente estable.

Superficie de Cálculo

área del proyecto en el que se calcularán los valores luminotécnicos mencionados.

En todo caso, en lo relativo a los términos básicos y criterios para la especificación de los requisitos de alumbrado, se recomienda considerar la norma UNE-EN-12665

PLC MADRID

Luminancia

Como se ha constatado, el artículo 3 del Reglamento contempla las definiciones de las magnitudes fotométricas fundamentales a utilizar en el diseño de instalaciones de alumbrado exterior, por lo que parece conveniente desarrollar con mayor detalle los conceptos de luminancia e iluminancia.

En el alumbrado vial, en general la luminancia media y las uniformidades global y longitudinal sobre la calzada son, en principio, los parámetros más apropiados para caracterizar la calidad de percepción o visión de una superficie de calzada, generalmente de una carretera iluminada mediante una instalación de alumbrado, constituida por una alineación recta de puntos de luz sobre una cierta, generalmente considerable distancia o longitud.

La luminancia depende, en principio, de la posición del observador o posible conductor del vehículo, del tipo de pavimento, del estado del mismo (seco o mojado), del grado de desgaste de la calzada (asfalto recién implantado o con cierto tiempo de antigüedad), de su ensuciamiento y de la posición, tipo y distribución del flujo luminoso de las luminarias de la instalación de alumbrado vial.

Por ello, generalmente las mediciones de luminancia no suele tener un carácter contractual, al variar las mismas a lo largo del tiempo para cada tipo de pavimento, que difícilmente se ajustan a las condiciones fotométricas de los normalizados, por el cambio de sus propiedades de reflexión debido a las causas anteriormente señaladas.

También debe considerarse la propia prestación y errores de los luminancímetros utilizados en las mediciones, de forma que pueden dar lugar a diferencias significativas entre las luminancias calculadas y las obtenidas en las mediciones.

En aquellos casos en que las medidas de luminancias fueran muy diferentes a las calculadas debido a los cambios del pavimento, se verificará la instalación mididendo los valores de iluminancia y comparanado estos con los respectivos cálculos.

Iluminancia

Por otra parte, en las ciudades así como en los espacios complejos como las intersecciones, enlaces, glorietas, rampas pronunciadas, etc., la iluminancia y su uniformidad media son los parámetros más adecuados para precisar las características luminotécnicas de las instalaciones de alumbrado vial, debido fundamentalmente a la dificultad de situar adecuadamente al observador, dada la sinuosidad y complejidad del trazado de la calzada, e incluso en determinadas situaciones su imposibilidad cuando la distancia de visión del observador resulta inferior a 60 m, para efectuar el cálculo y posterior medida de la luminancia.

La iluminancia no depende de las características fotométricas de los pavimentos ni de la situación del observador y que, en contraposición con las luminancias, las mediciones de iluminancia se realizan con facilidad y fiabilidad. Todo ello implica adoptar la iluminancia como parámetro fotométrico básico para el cálculo de la eficiencia energética de las instalaciones de alumbrado vial.

Artículo 4. Eficiencia energética.

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.

Ello supone que la determinación de los valores de eficiencia energética y, consecuentemente, su posterior calificación energética únicamente se llevará a cabo en las instalaciones de alumbrado vial, dado que para la calificación energética de una instalación se precisa previamente realizar el cálculo de la eficiencia energética de la misma

Para el resto de instalaciones de alumbrado exterior, es decir, alumbrados especificos, ornamental, vigilancia y seguridad nocturna, así como señales y anuncios luminosos, se exige, además de una determinadas características y prescripciones de sus componentes (fuentes de luz, luminarias, proyectores y equipos auxiliares), que se ilumine solamente la superficie que se quiere dotar de alumbrado, así como que los factores de utilización y mantenimiento de la instalación sean lo más elevados posibles.

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.

Articulo 5. Calificación energética de las instalaciones

Las instalaciones de alumbrado exterior se calificarán energéticamente en función de su índice de eficiencia energética, mediante una etiqueta de calificación energética según se especifica en la ITC-EA-01. Dicha etiqueta se adjuntará en la documentación del proyecto y deberá figurar en las instrucciones que se entreguen a los titulares, según lo especificado en el artículo 10 del reglamento.

Artículo 6. Resplandor luminoso nocturno, luz intrusa o molesta.

Con la finalidad de limitar el resplandor luminoso nocturno y reducir la luz intrusa o molesta, las instalaciones de alumbrado exterior se ajustarán, particularmente, a los requisitos establecidos en la ITC-EA-03.

El resplandor luminoso nocturno es el brillo producido durante la noche en el cielo por las instalaciones de alumbrado exterior, escaparates, edificios de viviendas, etc. bien por emisión directa o reflejada, debido a la difusión de la luz artificial en los gases y las partículas en suspensión de la atmósfera, que dificulta las observaciones astronómicas de los objetos celestes.

No obedece exclusivamente al diseño o concepción de las instalaciones de iluminación, sino depende también de las condiciones atmosféricas tales como humedad, nubes, niebla, aerosoles, contaminación atmosférica,…etc

Para limitar el resplandor luminoso nocturno se establecen valores máximos del flujo hemisférico superior instalado de las luminarias, de acuerdo con una zonificación en áreas con entornos denominados oscuros, así como de bajo, medio y brillo alto.

La luz intrusa o molesta procedente de las instalaciones de alumbrado exterior, da lugar a incomodidad, distracción y reducción de la capacidad para detectar una información esencial. Su reducción se realiza, tal y como se ha señalado anteriormente, limitando la intensidad luminosa emitida por las luminarias en la dirección de la molestia, así como la iluminancia vertical en ventanas, luminancia de las fachadas y de las

señales y anuncios luminosos, así como el incremento umbral de contraste, de conformidad con la referida zonificación en las distintas áreas.

Artículo 7. Niveles de iluminación.

Se cumplirán los niveles máximos de luminancia o iluminancia, y de uniformidad mínima permitida, en función de los diferentes tipos del alumbrado exterior, según lo dispuesto en la ITC-EA-02.

Artículo 8. Régimen de funcionamiento.

Los sistemas de accionamiento garantizaran que las instalaciones de alumbrado exterior se enciendan y apaguen con precisión, cuando la luminosidad ambiente lo requiera.

Para obtener ahorro energético en casos tales como instalaciones de alumbrado ornamental, anuncios luminosos, espacios deportivos y áreas de trabajo exteriores, se establecerán los correspondientes ciclos de funcionamiento (encendido y apagado) de dichas instalaciones, para lo que se dispondrá de relojes astronómicos o sistemas equivalentes, capaces de ser programados por ciclos diarios, semanales, mensuales o anuales.

Las instalaciones de alumbrado exterior con excepción de túneles y pasos inferiores, estarán en funcionamiento como máximo durante el periodo comprendido entre la puesta de sol y su salida o cuando la luminosidad ambiente lo requiera.

Cuando se especifique, los alumbrados exteriores tendrán dos niveles de iluminación de forma que en aquellos casos del periodo nocturno en los que disminuya la actividad o características de utilización, se pase del régimen de nivel normal de iluminación a otro con nivel de iluminación reducido, manteniendo la uniformidad.

Articulo 9. Documentación de las instalaciones

Con la finalidad de justificar el cumplimiento de las exigencias establecidas en este reglamento, toda instalación de alumbrado exterior deberá incluir la documentación, en forma de proyecto o memoria técnica de diseño, según se establece en la ITC-EA-05.

Artículo 10. Ejecución y puesta en servicio de las instalaciones.

Las instalaciones de alumbrado exterior están sometidas al procedimiento general de ejecución y puesta en servicio que determina el artículo 18 del Reglamento electrotécnico para baja tensión, aprobado por Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto. La documentación de las instalaciones y el manual de instrucciones para el usuario, así como la revisión y, cuando proceda, la inspección inicial, deberán complementarse con lo dispuesto en el presente reglamento, en particular siguiendo lo indicado en la ITC EA-05.

Artículo 11. Información a los titulares de la instalación.

Como anexo al certificado de instalación que se entregue al titular de la instalación, la empresa instaladora deberá confeccionar unas instrucciones para el correcto uso, así como para el mantenimiento de la misma de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 12 y con lo especificado en la ITC-EA-05.

Asimismo, la empresa instaladora deberá aportar la etiqueta energética de la instalación según lo especificado en la ITC-EA-01. Dicha etiqueta se adjuntará en la documentación del proyecto, junto con la

relación de receptores y lámparas.

Cualquier modificación o ampliación requerirá la elaboración de un complemento a lo anterior, en la medida que sea necesario.

Artículo 12. Mantenimiento de la eficiencia energética de las instalaciones.

Los titulares de las instalaciones deberán mantener en buen estado de funcionamiento sus instalaciones, utilizándolas de acuerdo con sus características y absteniéndose de intervenir en las mismas para modificarlas

Aun cuando el responsable del mantenimiento es el titular de la instalación, el mantenedor de la instalación de alumbrado exterior debe ser un instalador autorizado, de acuerdo con lo establecido en la Instrucción Técnica Complementaria ITC-BT-03 del Reglamento Electrónico para Baja Tensión, que dispondrá de los medios materiales y personales necesarios.

No obstante, las operaciones relativas a la limpieza de luminarias y sustitución de fuentes de luz averiadas, podrán ser realizadas directamente por el titular de la instalación o mediante subcontratación.

La gestión del mantenimiento de las instalaciones exigirá el establecimiento de un registro de las operaciones llevadas a cabo, que se ajustará a lo dispuesto en la ITC-EA-06.

El mantenedor de la instalación debe llevar un registro de operaciones de mantenimiento en el que consten los resultados de los trabajos realizados, bien mediante un libro u hojas de trabajo o un sistema informatizado.

En dicho registro se numerarán las operaciones de mantenimiento debiendo figurar, entre otros datos, la identificación del titular de la instalación y ubicación de la misma, los números de orden y fechas de ejecución de las distintas operaciones de mantenimiento preventivo y correctivo, así como los tiempos de encendido y apagado, consumo energético anual, niveles de iluminación mantenidos, etc.

Del registro de operaciones de mantenimiento se entregará una copia al titular de la instalación.

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

Al objeto de disminuir los consumos de energía eléctrica en los alumbrados exteriores, el titular de la instalación llevará a cabo, como mínimo una vez al año, un análisis de los consumos anuales y de su evolución, para observar las desviaciones y corregir las causas que las han motivado durante el mantenimiento periódico de la instalación.

En las instalaciones de alumbrado exterior será necesario disponer de un registro fiable de su componentes incluyendo las lámparas, luminarias, equipos auxiliares, dispositivos de regulación del nivel luminoso, sistemas de accionamiento y gestión centralizada, cuadros de alumbrado, etc.

El registro debe contemplar todos los componentes de la instalación de alumbrado exterior, es decir, además de los reseñados, se recomienda incluir los tipos de soporte, el aparellaje de los cuadros de alumbrado, sistemas de protección contra contactos directos e indirectos, puestas a tierra, redes de alimentación (subterráneas, aéreas, de control y auxiliares), etc.

El mantenedor deberá disponer de los medios materiales y personales necesarios para efectuar el mantenimiento de las instalaciones, así como de un conjunto de equipos e instrumentos de medida tales como amperímetros, voltímetros, medidores de aislamiento, de resistencia a tierra, etc., así como luxómetro, voltímetro registrador, cosimetro, ohmímetro, etc, medidor de espesor del galvanizado y pintura, localizador de averías subterráneas, etc., así como los medios informáticos suficientes.

Artículo 13. Inspecciones y verificaciones.

Sin perjuicio de la facultad que, de acuerdo con lo señalado en el artículo 14 de la Ley 21/1992, de Industria, posee la Administración Pública competente para llevar a cabo, por sí misma, las actuaciones de inspección y control que estime necesarias, según lo previsto en el artículo 12.3 de dicha Ley, el cumplimiento de las disposiciones y requisitos de eficiencia energética establecidos en el presente Reglamento deberá ser comprobado en todos los casos mediante una verificación inicial previa a la puesta en servicio de la instalación, realizada por un instalador autorizado en baja tensión y, además, según la potencia instalada, mediante inspección inicial y verificaciones o inspecciones periódicas, llevadas a cabo de acuerdo con lo indicado en la ITC-EA 05.

Artículo 14. Excepciones.

Cuando, por motivos de seguridad o interés público, y con carácter de excepcionalidad, no se puedan cumplir determinadas prescripciones de este reglamento, el titular de la instalación deberá presentar, ante el órgano competente de la Administración Pública, previamente al procedimiento contemplado en el artículo 10, una solicitud de excepción, exponiendo los motivos de la misma e indicando las medidas de eficiencia alternativa que se propongan.

El citado órgano competente podrá desestimar la solicitud, requerir la modificación de las medidas alternativas o conceder la autorización de excepción, que será siempre expresa, entendiéndose el silencio administrativo como desestimatorio

Artículo 15. Normas de referencia.

1.- Las instrucciones técnicas complementarias podrán establecer la aplicación de normas UNE u otras reconocidas internacionalmente, de manera total o parcial, a fin de facilitar la adaptación al estado de la técnica en cada momento.

2.- Cuando una o varias normas varíen su año de edición con respecto a las vigentes en el momento de la aprobación de este reglamento, o se editen modificaciones posteriores a las mismas, deberán ser objeto de actualización, mediante resolución del centro directivo competente en materia de seguridad industrial del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, en la que deberá hacerse constar la fecha a partir de la cual la utilización de la nueva edición de la norma será válida y la fecha a partir de la cual la utilización de la antigua edición de la norma dejará de serlo, a efectos reglamentarios.

A falta de resolución expresa, se entenderá que también cumple las condiciones reglamentarias la edición de la norma posterior a la que figure en la ITC, siempre que la misma no modifique criterios básicos.

En general, la referencia realizada en las normas UNE u otras reconocidas internacionalmente, se efectuarán sin indicar el año de edición de las normas en cuestión.

Respecto a falta de resolución expresa, se entenderá que la edición de la norma posterior a la que figura en la Instrucción Técnica Complementaria no modifica criterios básicos cuando, entre otros extremos, se limite a actualizar ensayos o imétodos de medición del material correspondiente

Artículo 16. Infracciones y sanciones

Las infracciones a lo dispuesto en el presente reglamento se sancionarán de acuerdo con lo dispuesto en el Título V de la Ley 21/1992, de Industria

El título V de la ley 21/1992, de 16 de Julio, de Industria relativo a infracciones y sanciones, regula la responsabilidad de todas las partes y agentes que intervienen en las actividades industriales, tipificando las infracciones y estableciendo el correspondiente régimen sancionador, los sujetos responsables y las competencias sancionadoras. Todo ello sin perjuicio de las responsabilidades civiles, penales o de otro orden que puedan concurrir.

PLC MADRID

Instrucción Técnica Complementaria EA - 01
Eficiencia Energética

INDICE

1. EFICIENCIA ENERGÉTICA DE UNA INSTALACIÓN 2

2. REQUISITOS MÍNIMOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA 4

2.1 INSTALACIONES DE ALUMBRADO VIAL FUNCIONAL. 4
2.2 INSTALACIONES DE ALUMBRADO VIAL AMBIENTAL 5
2.3 OTRAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO 5
2.4 INSTALACIONES DE ALUMBRADO FESTIVO Y NAVIDEÑO 5

3. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO 6

PLC MADRID

1. EFICIENCIA ENERGÉTICA DE UNA INSTALACIÓN

1.1 La eficiencia energética de una instalación de alumbrado exterior se define como la relación entre el producto de la superficie iluminada por la iluminancia media en servicio de la instalación entre la potencia activa total instalada.

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

siendo:

ε = eficiencia energética de la instalación de alumbrado exterior (m^2 . lux/W)
P = potencia activa total instalada (lámparas y equipos auxiliares) (W);
S = superficie iluminada (m^2);
E_m = iluminancia media en servicio de la instalación, considerando el mantenimiento previsto (lux);

La superficie iluminada a considerar (S) será la definida por la dimensión de la sección transversal, y longitudinalmente por una dimensión representativa de la implantación de los puntos de luz proyectados.

La iluminancia media (Em) será la obtenida en el cálculo de la superficie anteriormente citada (S).

La potencia (P) será la correspondiente a todas las luminarias comprendidas en la superficie de cálculo, teniendo en cuenta que la potencia de las luminarias que delimitan la superficie (S) transversalmente se contabilizará solo al 50 %. En el caso de áreas de estudio irregulares se considerará el total de la potencia de los puntos de luz que dispongan sobre dichas áreas.

Factor de mantenimiento ( ): Es la relación entre los valores de iluminancia que se pretenden mantener a lo largo de la vida de la instalación de alumbrado y los valores iniciales

Factor de utilización (f_u): Es la relación entre el flujo útil procedente de las luminarias que llega a la calzada o superficie a iluminar y el flujo emitido por las lámparas instaladas en las luminarias.
El factor de utilización de la instalación es función del tipo de lámpara, de la distribución de la intensidad luminosa y rendimiento de las luminarias, así como de la geometría de la instalación, tanto en lo referente a las características dimensionales de la superficie a iluminar (longitud y anchura), como a la disposición de las luminarias en la instalación de alumbrado exterior (tipo de implantación, altura de las luminarias y separación entre puntos de luz).

El factor de utilización es función del tipo de fuente de luz, de la distribución de la intensidad luminosa y rendimiento de las luminarias, así como de la geometría de la instalación, tanto en lo referente a las características dimensionales de la superficie a iluminar (longitud y anchura), como a la disposición de las luminarias en la instalación de alumbrado exterior (tipo de implantación, altura de las luminarias y separación entre puntos de luz).

1.3 Para mejorar la eficiencia energética de una instalación de alumbrado se podrá actuar incrementando el valor de cualquiera de los tres factores anteriores, de forma que la instalación más eficiente será aquella en la que el producto de los tres factores -eficiencia de las lámparas y equipos auxiliares y factores de mantenimiento y utilización de la instalación- sea máximo.

Viales con zonas adyacentes de alumbrado funcional y ambiental.

1. *Cuando mediante alumbrado vial funcional se iluminen además aceras, zonas peatonales, etc. Se realizarán los cálculos luminotécnicos acordes con lo dispuesto en la ITC-EA-02 para cada zona, mientras que para el cálculo de la eficiencia energética se tomará en consideración lo siguiente:*
   - *La superficie iluminada a considerar (S) será la definida por la dimensión total de la sección transversal, y longitudinalmente por una dimensión representativa de la implantación de los puntos de luz proyectados.*
   - *La iluminancia media (E_m), será la obtenida en el cálculo luminotécnico de la superficie anteriormente citada (S).*
   - *La potencia (P) será la correspondiente a la de todas las luminarias comprendidas en la superficie de cálculo, teniendo en cuenta que la potencia de las luminarias que delimitan la superficie (S) se contabilizará sólo al 50 %. En el caso de áreas de estudio irregulares se considerará el total de la potencia de los puntos de luz que se dispongan sobre dichas áreas.*
   - *Tanto los requisitos mínimos como los valores de referencia de eficiencia energética, serán los correspondientes al alumbrado vial funcional.*
2. *Cuando se proyecte un alumbrado vial ambiental para reforzar la iluminación en aceras, zonas peatonales, etc. Iluminadas parcialmente por un alumbrado funcional adyacente, se realizarán los cálculos luminotécnicos acordes con lo dispuesto en la ITC-EA-02 para cada zona, mientras que para el cálculo de la eficiencia energética se tendrá en consideración lo señalado en el punto 1, teniendo en cuenta que para el cálculo de la potencia (P), se tomará la de todas las luminarias, tanto funcionales como ambientales, comprendidas en la superficie de cálculo, teniendo en cuenta que la potencia de las luminarias que delimitan la superficie (S) transversalmente se contabilizará solo al 50 %.*

   Tanto los requisitos mínimos como los valores de referencia de eficiencia energética, serán los correspondientes al alumbrado vial funcional.
3. *Cuando en una misma sección de un vial coexistan alumbrados funcional y ambiental, que iluminan de forma independiente diferentes superficies y cuya influencia entre ellos no sea considerable, se realizarán para cada zona los cálculos luminotécnicos acordes con lo dispuesto en la ITC-EA-02 y para el cálculo de la eficiencia energética lo establecido en la ITC-EA-01.*

   Para la evaluación de las eficiencias energéticas, los valores de referencia serán los correspondientes a cada tipo de alumbrado funcional y ambiental.

En el anexo de esta Guía Técnica de Aplicación, se exponen diversos ejemplos de cálculo de la eficiencia energética para los tres casos de viales con zonas adyacentes de alumbrado funcional y ambiental.

2. REQUISITOS MÍNIMOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

2.1 Instalaciones de alumbrado vial funcional.

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.

Las instalaciones de alumbrado vial funcional, con independencia del tipo de lámpara, pavimento y de las características o geometría de la instalación, deberán cumplir los requisitos mínimos de eficiencia energética que se fijan en la tabla 1.

Tabla 1 – Requisitos mínimos de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado vial funcional

Iluminancia media en servicio E_m(lux)	EFICIENCIA ENERGÉTICA MÍNIMA $\left(\frac{m^2 \cdot lux}{W}\right)$
≥ 30	22
25	20
20	17,5
15	15
10	12
≤ 7,5	9,5
Nota - Para valores de iluminancia media proyectada comprendidos entre los valores indicados en la tabla, la eficiencia energética de referencia se obtendrán por interpolación lineal	

Para las instalaciones de alumbrado en zonas especiales de viales, se aplicarán los requisitos mínimos de eficiencia energética establecidos en el apartado 2.3.

PLC MADRID

2.2 Instalaciones de alumbrado vial ambiental

Alumbrado vial ambiental es el que se ejecuta generalmente sobre soportes de baja altura (3-5 m) 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.

Las instalaciones de alumbrado vial ambiental, con independencia del tipo de lámpara y de las características o geometría de la instalación -dimensiones de la superficie a iluminar (longitud y anchura), así como disposición de las luminarias (tipo de implantación, altura y separación entre puntos de luz)-, deberán cumplir los requisitos mínimos de eficiencia energética que se fijan en la tabla 2.

Tabla 2 – Requisitos mínimos de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado vial ambiental.

Iluminancia media en servicio E_m(lux)	EFICIENCIA ENERGÉTICA MÍNIMA $\left(\frac{m^2 \cdot lux}{W}\right)$
≥ 20	9
15	7,5
10	6
7,5	5
≤ 5	3,5
Nota - Para valores de iluminancia media proyectada comprendidos entre los valores indicados en la tabla, la eficiencia energética de referencia se obtendrán por interpolación lineal	

2.3 Otras instalaciones de alumbrado

En el alumbrado específico, el alumbrado ornamental, el alumbrado para vigilancia y seguridad nocturna, y el de señales y anuncios luminosos, se tendrán en cuenta los siguientes aspectos:

a) Se iluminará únicamente la superficie que se quiere dotar de alumbrado.
b) Se instalarán lámparas de elevada eficacia luminosa compatibles con los requisitos cromáticos de la instalación y con valores no inferiores a los establecidos en el capítulo 1 de la ITC-EA-04.
c) Se utilizarán luminarias y proyectores de rendimiento luminoso elevado según la ITC-EA-04
d) El equipo auxiliar será de pérdidas mínimas, dándose cumplimiento a los valores de potencia máxima del conjunto lámpara y equipo auxiliar, fijados en la ITC-EA-04.
e) El factor de utilización de la instalación será el más elevado posible, según la ITC-EA-04.
f) El factor de mantenimiento de la instalación será el mayor alcanzable, según la ITC-EA-06.

Cuando en el epígrafe b) anterior se indica la referencia al capítulo 1 de la ITC-EA-04, debería indicarse que es el capitulo 2 de la ITC-EA-04

2.4 Instalaciones de alumbrado festivo y navideño

La potencia asignada de las lámparas incandescentes utilizadas será igual o inferior a 15 W, y la potencia máxima instalada por unidad de superficie (W/m^2) será la indicada en la ITC-EA-02.

En el alumbrado festivo y navideño se potenciará el uso de microlámparas, hilo luminoso, fibra óptica, LED, holografías u otros sistemas de ahorro energético.

En el proyecto o memoria técnica de diseño, además de las características geométricas de las calles donde se va a instalar, se incluirá la potencia de las lámparas incandescentes convencionales utilizadas, así como la potencia máxima instalada por unidad de superficie de calle

3. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO

Las instalaciones de alumbrado exterior, excepto las de alumbrados de señales y anuncios luminosos y festivo y navideño, se calificarán en función de su índice de eficiencia energética.

El índice de eficiencia energética (I_ε) se define como el cociente entre la eficiencia energética de la instalación (ε) y el valor de eficiencia energética de referencia (ε_R) en función del nivel de iluminancia media en servicio proyectada, que se indica en tabla 3.

$$I\varepsilon = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_R}$$

Tabla 3 – Valores de eficiencia energética de referencia

Alumbrado vial funcional		Alumbrado vial ambiental y otras instalaciones de alumbrado	
Iluminancia media en servicio proyectada E_m (lux)	Eficiencia energética de referencia ε_R $\left(\frac{m^2 \cdot lux}{W}\right)$	Iluminancia media en servicio proyectada E_m (lux)	Eficiencia energética de referencia ε_R $\left(\frac{m^2 \cdot lux}{W}\right)$
≥ 30	32	--	--
25	29	--	--
20	26	≥ 20	13
15	23	15	11
10	18	10	9
≤ 7,5	14	7,5	7
--	--	≤ 5	5
Nota - Para valores de iluminancia media proyectada comprendidos entre los valores indicados en la tabla, la eficiencia energética de referencia se obtendrán por interpolación lineal			

Con objeto de facilitar la interpretación de la calificación energética de la instalación de alumbrado y en consonancia con lo establecido en otras reglamentaciones, se define una etiqueta que caracteriza el consumo de energía de la instalación mediante una escala de siete letras que va desde la letra A (instalación más eficiente y con menos consumo de energía) a la letra G (instalación menos eficiente y con más consumo de energía). El índice utilizado para la escala de letras será el índice de consumo energético (ICE) que es igual al inverso del índice de eficiencia energética:

$$ICE = \frac{1}{I\varepsilon}$$

La tabla 4 determina los valores definidos por las respectivas letras de consumo energético, en función de los índices de eficiencia energética declarados.

La calificación energética de una instalación de alumbrado se efectuará para cada sección de vial de idénticas características geométricas, luminotécnicas y de distribución de los puntos de luz.

En el supuesto en el que se requiera realizar la calificación energética de la totalidad de los puntos de luz de un alumbrado vial alimentados por un cuadro de alumbrado, se aplicará la siguiente expresión:

Donde :

Iεc = índice de eficiencia energética de las instalaciones de alumbrado vial alimentadas por el cuadro.

Iεi = índice de eficiencia energética de cada tipo de sección.

Si = superficie de cada tipo de sección.

Ejemplo de cálculo de la calificación energética de una instalación de alumbrado vial compuesta por varias calles alimentadas por el mismo cuadro de alumbrado

Vía 1 de tráfico rodado

Longitud = 480 m ; Anchura = 8 m ; superficie = 480 x 8 = 3.840 m2

Calificación Energética : B(Iε = 0,96)

Vía 2 de tráfico rodado

Longitud = 510 m ; Anchura = 12 m ; superficie = 510 x 12 = 6.120 m2

Calificación Energética : A(Iε = 1,18)

Calle 3 peatonal

Longitud = 420 m ; Anchura = 15 m ; superficie = 420 x 15 = 6.300 m2

Calificación Energética : C(Iε= 0,85)

Iεc = 1,00 Calificación B

En el caso de que se precise calificar una instalación de alumbrado, constituida por diferentes secciones de viales, alimentada por uno o varios cuadros de alumbrado, la calificación energética se realiza de la siguiente manera:

- *Empleando el índice de eficiencia energética alcanzado por cada sección de vial ponderado por la superficie total*

Siendo :

$I\varepsilon_{inst}$ *= índice de eficiencia energética de la instalación de alumbrado vial*

Iεi = índice de eficiencia energética de cada tipo de sección

Si = superficie de cada tipo de sección

PLC MADRID

Ejemplo de calificación energética de una instalación de alumbrado vial constituida por diferentes secciones de viales alimentadas por uno o varios cuadros de alumbrado.

Vial 1 de tráfico rodado	*Calle 2 peatonal*
Sección α: 230 m x 7 m = 1610 m²	*Sección X: 420 m x 8 m = 3360 m²*
Iε = 1,20 (A)	*Iε = 0,90 (C)*
Sección β: 340 m x 10 m = 3400 m²	*Sección Y: 530 m x 14 m = 7420 m²*
Iε = 0,94 (B)	*Iε = 0,70 (D)*
Sección γ: 180 m x 12 m = 2160 m²	*Sección Z: 380 m x 16 m = 6080 m²*
Iε = 0,85 (C)	*Iε = 0,94 (B)*
$I\varepsilon_1$ = 0,97 (B)	*$I\varepsilon_2$ = 0,83 (C)*

<u>CONJUNTO</u>

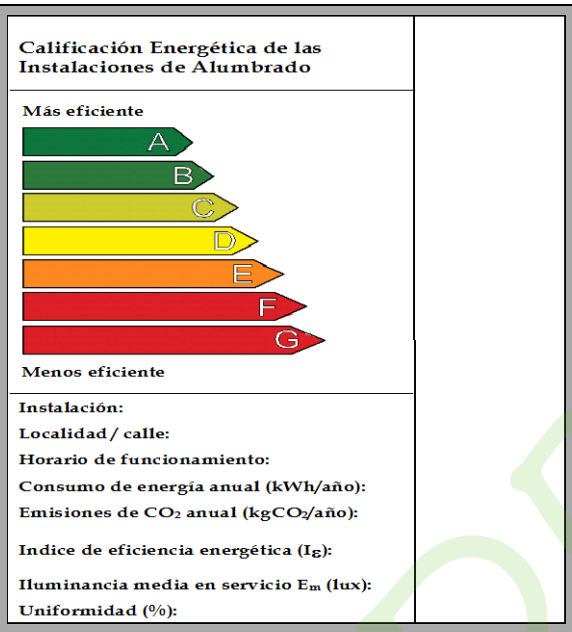
$I\varepsilon_t$ *= 0.87 Calificación C*

Tabla 4 – Calificación energética de una instalación de alumbrado.

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

Entre la información que se debe entregar a los usuarios figurará la eficiencia energética (ε), su calificación mediante el índice de eficiencia energética (I_ε), medido, y la etiqueta que mide el consumo energético de la instalación, de acuerdo al modelo que se indica a continuación:

PLC MADRID



Colores que deberán usarse en la etiqueta:
CMYK: cian, magenta, amarillo, negro.
Ejemplo: 07X0: 0 % cian, 70 % magenta, 100 % amarillo, 0 % negro.

- Flechas:
- A: X0X0; B: 70X0; C: 30X0; D: 00X0; E: 03X0; F: 07X0; G: 0XX0
- Color del contenido: X070
- Todo el texto en negro. El fondo es blanco

En consonancia con lo preceptuado en los artículos 9, 10 y 11 del Reglamento, la documentación en la que se incluirá la eficiencia energética y su calificación, incluida la etiqueta que mide el consumo energético de la instalación se debe entregar al titular de la instalación

PLC MADRID

Instrucción Técnica Complementaria EA - 02
Niveles de iluminación

INDICE

1. GENERALIDADES 2

2. ALUMBRADO VIAL 3

2.1 CLASIFICACIÓN DE LAS VÍAS Y SELECCIÓN DE LAS CLASES DE ALUMBRADO 3
2.2 NIVELES DE ILUMINACIÓN DE LOS VIALES 10
2.3 NIVELES DE ILUMINACIÓN DE ZONAS ESPECIALES DE VIALES 14

3. ALUMBRADOS ESPECÍFICOS 16

3.1 ALUMBRADO DE PASARELAS PEATONALES, ESCALERAS Y RAMPAS 16
3.2 ALUMBRADO DE PASOS SUBTERRÁNEOS PEATONALES 16
3.3 ALUMBRADO ADICIONAL DE PASOS DE PEATONES 17
3.4 ALUMBRADO DE PARQUES Y JARDINES 17
3.5 ALUMBRADO DE PASOS A NIVEL DE FERROCARRIL 17
3.6 ALUMBRADO DE FONDOS DE SACO 17
3.7 ALUMBRADO DE GLORIETAS 18
3.8 ALUMBRADO DE TÚNELES Y PASOS INFERIORES 18
3.9 APARCAMIENTOS DE VEHÍCULOS AL AIRE LIBRE 19
3.10 ALUMBRADO DE ÁREAS DE TRABAJO EXTERIORES 19

4. ALUMBRADO ORNAMENTAL 21

5. ALUMBRADO PARA VIGILANCIA Y SEGURIDAD NOCTURNA 22

6. ALUMBRADO DE SEÑALES Y ANUNCIOS LUMINOSOS 23

7. ALUMBRADO FESTIVO Y NAVIDEÑO 24

8. DESLUMBRAMIENTOS 24

8.1 INSTALACIONES DE ALUMBRADO VIAL FUNCIONAL 24
8.2 INSTALACIONES DE ALUMBRADO VIAL AMBIENTAL 25
8.3 OTRAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO 26

9. NIVELES DE ILUMINACIÓN REDUCIDOS 27

10. CLASES DE ALUMBRADO DE SIMILAR NIVEL DE ILUMINACION 28

PLC MADRID

1. GENERALIDADES

Se entiende por nivel de iluminación el conjunto de requisitos luminotécnicos o fotométricos (luminancia, iluminancia, uniformidad, deslumbramiento, relación de entorno, etc.) cubiertos por la presente instrucción. En alumbrado vial, se conoce también como clase de alumbrado.

Los niveles máximos de luminancia o de iluminancia media de las instalaciones de alumbrado descritas a continuación no podrán superar en más de un 20 % los niveles medios de referencia establecidos en la presente ITC. Estos niveles medios de referencia están basados en las normas de la serie UNE-EN 13201 "Iluminación de Carreteras", y no tendrán la consideración de valores mínimos obligatorios, pues quedan fuera de los objetivos de este Reglamento.

Es de señalar que los niveles de luminancia e iluminancia medias consignados en la Instrucción Técnica Complementaria ITC-EA-02, son valores de referencia, a excepción del caso del alumbrado festivo y navideño, para que el que se establecen valores máximos de potencia instalada.

Deberá garantizarse asimismo el valor de la uniformidad mínima, mientras que el resto de requisitos fotométricos, por ejemplo, valor mínimo de iluminancia en un punto, deslumbramiento e iluminación de alrededores, descritos para cada clase de alumbrado, son valores de referencia, pero no exigidos, que deberán considerarse para los distintos tipos de instalaciones.

Los niveles de uniformidad incluidos en esta ITC-EA-02 son valores mínimos cuyo cumplimiento deberá garantizarse, tal y como dispone el artículo 7 de este Reglamento.

Aun cuando a título de ejemplo se señala que el nivel mínimo de iluminancia en un punto no es un valor exigido, excepto en las clases de alumbrado S en las que el valor mínimo es un valor exigible, debe tenerse en cuenta que si dicho valor es muy bajo la uniformidad media resulta prácticamente nula, lo que supondría incumplir los niveles mínimos de uniformidad establecidos.

Asimismo, alcanzar unos valores mínimos de la relación entorno (SR), así como no superar los niveles máximos de deslumbramiento (TI), resulta necesario para la seguridad de los usuarios de las vías de tráfico, por lo que se recomienda ajustarse a los niveles determinados al respecto en esta ITC-EA-02.

Los requisitos fotométricos anteriores no serán aplicables a aquellas instalaciones o parte de las mismas en las que se justifique debidamente la excepcionalidad y sea aprobada por el órgano competente de la Administración Pública.

PLC MADRID

2. ALUMBRADO VIAL

El nivel de iluminación requerido por una vía depende de múltiples factores como son el tipo de vía, la complejidad de su trazado, la intensidad y sistema de control del tráfico y la separación entre carriles destinados a distintos tipos de usuarios.

En función de estos criterios, las vías de circulación se clasifican en varios grupos o situaciones de proyecto, asignándose a cada uno de ellos unos requisitos fotométricos específicos que tienen en cuenta las necesidades visuales de los usuarios así como aspectos medio ambientales de las vías

2.1 Clasificación de las vías y selección de las clases de alumbrado

2.1.1 El criterio principal de clasificación de las vías es la velocidad de circulación, según se establece en la Tabla 1.

Tabla 1 – Clasificación de las vías

Clasificación	Tipo de vía	Velocidad del tráfico rodado (km/h)
A	de alta velocidad	$v > 60$
B	de moderada velocidad	$30 < v \leq 60$
C	carriles bici	--
D	de baja velocidad	$5 < v \leq 30$
E	vías peatonales	$v \leq 5$

2.1.2. Mediante otros criterios, tales como el tipo de vía y la intensidad media de tráfico diario (IMD), se establecen subgrupos dentro de la clasificación anterior.

En las tablas 2, 3, 4 y 5 se definen las clases de alumbrado para las diferentes situaciones de proyecto correspondientes a la clasificación de vías anteriores

Tabla 2 – Clases de alumbrado para vías tipo A

Situaciones de proyecto	Tipos de vías	Clase de Alumbrado(*)
A1	• *Carreteras de calzadas separadas con cruces a distinto nivel y accesos controlados (autopistas y autovías).* Intensidad de tráfico Alta (IMD) ≥ 25.000 Media (IMD) ≥ 15.000 y < 25.000 Baja (IMD) < 15.000 • *Carreteras de calzada única con doble sentido de circulación y accesos limitados (vías rápidas).* Intensidad de tráfico Alta (IMD) > 15.000 Media y baja (IMD) < 15.000	 ME1 ME2 ME3a ME1 ME2

A2	• *Carreteras interurbanas sin separación de aceras o carriles bici.* • *Carreteras locales en zonas rurales sin vía de servicio.* Intensidad de tráfico IMD ≥ 7.000 ..... IMD < 7.000	ME1 / ME2 ME3a / ME4a
A3	• *Vías colectoras y rondas de circunvalación.* • *Carreteras interurbanas con accesos no restringidos.* • *Vías urbanas de tráfico importante, rápidas radiales y de distribución urbana a distritos.* • *Vías principales de la ciudad y travesía de poblaciones.* Intensidad de tráfico y complejidad del trazado de la carretera. IMD ≥ 25.000 ..... IMD ≥ 15.000 y < 25.000 ..... IMD ≥ 7.000 y < 15.000 ..... IMD < 7.000	ME1 ME2 ME3b ME4a / ME4b
(*) Para todas las situaciones de proyecto (A1, A2 y A3), cuando las zonas próximas sean claras (fondos claros), todas las vías de tráfico verán incrementadas sus exigencias a las de la clase de alumbrado inmediata superior.		

Cuando para una misma intensidad de tráfico puedan adoptarse distintas clases de alumbrado o niveles de iluminación, se recomienda seleccionar la que responda al nivel de exigencia más crítico, que se puede definir en función de la complejidad del trazado de la carretera, control de tráfico, separación de los distintos tipos de usuarios y de otros parámetros.

La complejidad del trazado de la vía de tráfico hace referencia a la propia infraestructura y entorno visual. A este respecto resulta aconsejable tener en cuenta el número de carriles, pendientes y densidad de enlaces e intersecciones existentes.

En el control de tráfico se recomienda considerar la existencia de señalización horizontal y vertical, marcas viales y balizamiento, así como sistemas de regulación de tráfico.

Para la separación de los distintos tipos de usuarios como tráfico motorizado, vehículos de movimiento lento, ciclistas y peatones, convendría evaluar la presencia de carriles especiales (carril bus, bici, etc.), o restricciones de uso a uno o más tipos de usuarios.

Los parámetros para el grupo de situación de proyecto A2 de la tabla 2 que se estima deben tenerse presentes, son el tipo de cruces (enlaces e intersecciones),la distancia entre ellos y su densidad a lo largo del recorrido, así como las características habituales de las condiciones meteorológicas, la existencia de tramos singulares o zonas especiales de viales, complejidad del campo visual y los niveles de luminosidad ambiental.

Para situaciones de proyecto A3 a la hora de dilucidar la clase de alumbrado o nivel de iluminación a tomar en consideración en relación a la situación A2, no se propone valorar la distancia entre cruces, pero en cambio se admite sopesar la existencia o no de vehículos aparcados.

En particular en la CEN/TR 13201-1:2004 se incluye una guía para la aplicación de las clases de alumbrado. En el Anexo A de la anterior publicación se incluyen las tablas con las recomendaciones de iluminación para las diferentes situaciones de alumbrado.

PLAN MADRID

Tabla 3 – Clases de alumbrado para vías tipo B

Situaciones de proyecto	Tipos de vías	Clase de Alumbrado(*)
B1	• *Vías urbanas secundarias de conexión a urbanas de tráfico importante.* • *Vías distribuidoras locales y accesos a zonas residenciales y fincas.* Intensidad de tráfico IMD ≥ 7.000 IMD < 7.000	 ME2 / ME3c ME4b / ME5 / ME6
B2	• *Carreteras locales en áreas rurales.* Intensidad de tráfico y complejidad del trazado de la carretera. IMD ≥ 7.000 IMD < 7.000	 ME2 / ME3b ME4b / ME5
(*) Para todas las situaciones de proyecto B1 y B2, cuando las zonas próximas sean claras (fondos claros), todas las vías de tráfico verán incrementadas sus exigencias a las de la clase de alumbrado inmediata superior.		

En la tabla 3 para seleccionar la clase de alumbrado o nivel de iluminación resulta recomendable para las situaciones de proyecto B1 y B2 considerar el tipo de cruces y la densidad de intersecciones, la implantación de medidas geométricas para tráfico tranquilo, la dificultad en la tarea de conducción, así como el tráfico de ciclistas y la existencia de vehículos aparcados, la complejidad del campo visual y los niveles de luminosidad ambiental.

Como método alternativo y como ayuda para el proyectista en la selección de la clase de alumbrado ME para las situaciones de proyecto dadas, la publicación CIE 115:2010, considera diferentes parámetros a los que asigna un peso específico (l), que deben ser sumados, obteniendo un valor total (L).

La clase de alumbrado ME será la siguiente:

$$ME = 6 - L$$

En la tabla que a continuación se expone, a título meramente orientativo, se obtendrá un valor comprendido entre los números 1 y 6. Si el resultado no es un número natural, se adoptará el número natural más próximo por abajo.

PLC MADRID

PARÁMETROS	*OPCIONES*	*PESO ESPECÍFICO (I)*	*PESO ESPECÍFICO SELECCIONADO*
Velocidad	*Muy alta*	*1*	
	Alta	*0,5*	
	Moderada	*0*	
Intensidad de tráfico	*Muy alta*	*1*	
	Alta	*0,5*	
	Moderada	*0*	
	Baja	*-0,5*	
	Muy baja	*-1*	
Composición de tráfico	*Mixto con alto porcentaje de no motorizado*	*2*	
	Mixto	*1*	
	Sólo motorizado	*0*	
Separación de calzadas	*No*	*1*	
	Si	*0*	
Densidad de intersecciones	*Alta*	*1*	
	Moderada	*0*	
Existencia de vehículos aparcados	*Si*	*0,5*	
	No	*0*	
Luminosidad ambiental	*Alta*	*1*	
	Moderada	*0*	
	Baja	*-1*	
Orientación visual / control de tráfico	*Pobre*	*0,5*	
	Moderado o bueno	*0*	
		Suma de los pesos específicos	*L*

En cualquier caso, la adopción de la clase de alumbrado o nivel de luminancia de referencia, corresponde al proyectista, por lo que los pesos específicos incluidos en la tabla no deben considerarse que sustituyen a la realización de un juicio razonable y un estudio pormenorizado.

PLC MADRID

Tabla 4 – Clases de alumbrado para vías tipos C y D

Situaciones de proyecto	Tipos de vías	Clase de Alumbrado(*)
C1	• *Carriles bici independientes a lo largo de la calzada, entre ciudades en área abierta y de unión en zonas urbanas* Flujo de tráfico de ciclistas Alto ..... Normal	 S1 / S2 S3 / S4
D1 - D2	• *Áreas de aparcamiento en autopistas y autovías.* • *Aparcamientos en general.* • *Estaciones de autobuses.* Flujo de tráfico de peatones Alto ..... Normal	 CE1A / CE2 CE3 / CE4
D3 - D4	• *Calles residenciales suburbanas con aceras para peatones a lo largo de la calzada* • *Zonas de velocidad muy limitada* Flujo de tráfico de peatones y ciclistas Alto ..... Normal	 CE2 / S1 / S2 S3 / S4
(*) Para todas las situaciones de alumbrado C1-D1-D2-D3 y D4, cuando las zonas próximas sean claras (fondos claros), todas las vías de tráfico verán incrementadas sus exigencias a las de la clase de alumbrado inmediata superior.		

Para las situaciones de proyecto C1 (carriles bici) a la hora de adoptar la clase de alumbrado o nivel de iluminación, se aconseja tener en cuenta las medidas geométricas para el tráfico tranquilo, el flujo de tráfico de ciclistas, la necesidad de reconocimiento facial de las personas, la existencia de un riesgo mayor o menor de criminalidad, así como los niveles de luminosidad ambiental.

En el caso de situaciones de proyecto D1 y D2 se sustituye el flujo de tráfico de ciclistas por el de peatones y se incorpora la dificultad normal o más elevada en la tarea de conducción, así como los niveles de luminosidad ambiental.

Para el supuesto de situaciones de proyecto D3 y D4, además de las medidas geométricas para tráfico tranquilo, la dificultad en la tarea de conducción y el flujo de tráfico de peatones y ciclistas, se incluye la consideración de la existencia de vehículos aparcados, el reconocimiento facial y riesgo de criminalidad, la complejidad del campo visual y los niveles de luminosidad ambiental.

Como método alternativo y como ayuda para el proyectista en la selección de la clase de alumbrado CE para las situaciones de proyecto dadas,La publicación CIE nº 115 en su versión del año 2010, adopta diferentes parámetros a los que asigna un peso especifico (i), que deben ser sumados, obteniendo un valor total (I)

La clase de alumbrado CE será la siguiente:

$$CE = 6 - I$$

En la tabla que a continuación se expone, a título meramente orientativo, se obtendrá un valor comprendido entre los números 0 y 5. Si el resultado no es un número natural, se adoptará el número natural más pequeño por abajo

Tabla 5 – Clases de alumbrado para vías tipo E

Situaciones de proyecto	Tipos de vías	Clase de Alumbrado(*)
E1	• *Espacios peatonales de conexión, calles peatonales, y aceras a lo largo de la calzada.* • *Paradas de autobús con zonas de espera* • *Áreas comerciales peatonales.* Flujo de tráfico de peatones Alto Normal	CE1A / CE2 / S1 S2 / S3 / S4
E2	• *Zonas comerciales con acceso restringido y uso prioritario de peatones.* Flujo de tráfico de peatones Alto Normal	CE1A / CE2 / S1 S2 / S3 / S4
(*) Para todas las situaciones de alumbrado E1 y E2, cuando las zonas próximas sean claras (fondos claros), todas las vías de tráfico verán incrementadas sus exigencias a las de la clase de alumbrado inmediata superior.		

En lo que respecta a la tabla 5 y situaciones de proyecto E1 y E2, la elección de la clase de alumbrado o nivel de iluminación se basa en tener presente el reconocimiento facial y riesgo de criminalidad, el flujo de tráfico de peatones, además de los niveles de luminosidad ambiental.

Las distancias de seguridad o reconocimiento facial de las personas que vienen de frente para un observador de 40 años, en función del nivel de iluminación son los siguientes:

- *4 m (distancia mínima para poder reaccionar ante una persona que pretende efectuar una agresión), con una iluminancia horizontal mínima de 5 lux.*
- *10 m, con una iluminaria horizontal mínima de 20 lux*

El reconocimiento facial se obtiene en la totalidad de los casos cuando la iluminancia horizontal es de 25 lux. No aumenta la identificación o reconocimiento facial de las caras de las personas que vienen de frente, a partir de 30 lux de iluminancia horizontal.

PLC MADRID

PARÁMETROS	*OPCIONES*	*PESO ESPECÍFICO (i)*	*PESO ESPECÍFICO SELECCIONADO*
Velocidad	*Muy alta*	*3*	
	Alta	*2*	
	Moderada	*1*	
	Baja	*0*	
Intensidad de trafico	*Muy alta*	*1*	
	Alta	*0.5*	
	Moderada	*0*	
	Baja	*-0.5*	
	Muy baja	*-1*	
Composición de tráfico	*Mixto con alto porcentaje de no motorizado*	*2*	
	Mixto	*1*	
	Solo motorizado	*0*	
Separación de calzada	*No*	*1*	
	Si	*0*	
Luminosidad ambiental	*Alta*	*1*	
	Moderada	*0*	
	Baja	*-1*	
Orientación visual/ Control de trafico	*Pobre*	*0.5*	
	Moderado o bueno	*0*	
		Suma de los pesos especificos	*I*

En todo caso, la elección de la clase de alumbrado o nivel de iluminancia de referencia corresponde al autor del proyecto, por lo que los pesos específicos incorporados en la tabla no deben considerarse que reemplazan a la elaboración de un juicio razonable y un detallado estudio.

2.1.3 Cuando para una determinada situación de proyecto e intensidad de tráfico puedan seleccionarse distintas clases de alumbrado, se elegirá la clase teniendo en cuenta la complejidad del trazado, el control de tráfico, la separación de los distintos tipos de usuarios y otros parámetros específicos.

Al pie de cada una de las tablas 2,3,4 y 5 se han detallado las recomendaciones para la selección de la clase de alumbrado o nivel de iluminación más idónea, considerando los parámetros que influyen en cada situación de proyecto, al objeto de responder al nivel de exigencia más crítico.

PL MADRID

2.2 Niveles de iluminación de los viales

En las tablas 6, 7, 8 y 9 se reflejan los requisitos fotométricos aplicables a las vías correspondientes a las diferentes clases de alumbrado.

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

Clase de Alumbrado	Luminancia de la superficie de la calzada en condiciones secas			Deslumbramiento Perturbador	Iluminación de alrededores
	Luminancia [4] Media L_m (cd/m²)[1]	Uniformidad Global U_o *[mínima]*	Uniformidad Longitudinal $U_{\square}$ *[mínima]*	Incremento Umbral *TI* (%)[2] *[máximo]*	Relación Entorno *SR* [3] *[mínima]*
ME1	2,00	0,40	0,70	10	0,50
ME2	1,50	0,40	0,70	10	0,50
ME3a	1,□0	0,40	0,70	15	0,50
ME3b	1,00	0,40	0,60	15	0,50
ME3c	1,00	0,40	0,50	15	0,50
ME4a	0,75	0,40	0,60	15	0,50
M□4b	0,75	0,40	0,50	15	0,50
ME5	0,50	0,35	0,40	15	0,50
ME6	0,30	0,35	0,40	15	Sin requisitos

[1] Los niveles de la tabla son valores mínimos en servicio con mantenimiento de la instalación de alumbrado, a excepción de (TI), que son valores máximos iniciales. A fin de mantener dichos niveles de servicio, debe considerarse un factor de mantenimiento ( ) elevado que dependerá de la lámpara adoptada, del tipo de luminaria, grado de contaminación del aire y modalidad de mantenimiento preventivo.

[2] Cuando se utilicen fuentes de luz de baja luminancia (lámparas fluorescentes y de vapor de sodio a baja presión), puede permitirse un aumento de 5% del incremento umbral (TI).

[3] La relación entorno SR debe aplicarse en aquellas vías de tráfico rodado donde no existan otras áreas contiguas a la calzada que tengan sus propios requisitos. La anchura de las bandas adyacentes para la relación entorno SR será igual como mínimo a la de un carril de tráfico, recomendándose a ser posible 5 m de anchura.

[4] Los valores de luminancia dados pueden convertirse en valores de iluminancia, multiplicando los primeros por el coeficiente R (según C.I.E.) del pavimento utilizado, tomando un valor de 15 cuando éste no se conozca.

En la tabla 7 se concretan los niveles de iluminación de las series MEW de clases de alumbrado a aplicar en aquellas zonas geográficas en las que la intensidad y persistencia de la lluvia provoque que, durante una parte significativa de las horas nocturnas a lo largo del año, la superficie de la calzada permanezca mojada (aproximadamente 120 días de lluvia anuales). En ella se incluye un requisito adicional de uniformidad global con calzada húmeda para evitar la degradación de las prestaciones durante los periodos húmedos.

En el caso de calzadas mojadas, la superficie refleja la luz de forma mucho más especular (dirigida) que difusa (misma luminancia en todas las direcciones del espacio), y la uniformidad de las luminancias de la calzada queda degradada afectando negativamente a la visibilidad de los obstáculos en la carretera.

En estos supuestos, el cálculo de la uniformidad global de luminancias se realizará de acuerdo con el método señalado en la Publicación CIE nº 47, teniendo en cuenta las características fotométricas de los pavimentos normalizados al respecto (clase w).

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

Clase de Alumbrado	Luminancia de la superficie de la calzada en condiciones secas y húmedas				Deslumbramiento Perturbador	Iluminación de alrededores
	Calzada seca			Calzada húmeda		
	Luminancia (5) Media L_m (cd/m²)(1)	Uniformidad Global U_o *[mínima]*	Uniformidad Longitudinal U_l(2) *[mínima]*	Uniformidad Global U_o *[mínima]*	Incremento Umbral *TI* (%) (3) *[máximo]*	Relación Entorno *SR* (4) *[mínima]*
MEW1	2,00	0,40	0, 60	0,15	10	0,50
MEW2	1,50	0,40	0, 60	0,15	10	0,50
MEW3	1,00	0,40	0, 60	0,15	15	0,50
MEW4	0,75	0,40	Sin requisitos	0,15	15	0,50
MEW5	0,50	0,35	Sin requisitos	0,15	15	0,50

(1)) Los niveles de la tabla son valores mínimos en servicio con mantenimiento de la instalación de alumbrado, a excepción de (TI), que son valores máximos iniciales. A fin de mantener dichos niveles de servicio, debe considerarse un factor de mantenimiento ( ) elevado que dependerá de la lámpara adoptada, del tipo de luminaria, grado de contaminación del aire y modalidad de mantenimiento preventivo.

(2) Este criterio es voluntario pero puede utilizarse, por ejemplo, en autopistas, autovías y carreteras de calzada única de doble sentido de circulación y accesos limitados.

(3) Cuando se utilicen fuentes de luz de baja luminancia (lámparas fluorescentes y de vapor de sodio a baja presión), puede permitirse un aumento de 5% del incremento umbral (TI)

(4) La relación entorno SR debe aplicarse en aquellas vías de tráfico rodado donde no existan áreas contiguas a la calzada con sus propios requerimientos. La anchura de las bandas adyacentes para la relación entorno SR será igual como mínimo a la de un carril de tráfico recomendándose a ser posible 5 m de anchura.

(5) Los valores de luminancia dados pueden convertirse en valores de iluminancia, multiplicando los primeros por el coeficiente R (según C.I.E.) del pavimento utilizado, tomando un valor de 15 cuando éste no se conozca.

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

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

(1)) Los niveles de la tabla son valores mínimos en servicio con mantenimiento de la instalación de alumbrado. A fin de mantener dichos niveles de servicio, debe considerarse un factor de mantenimiento ( ) elevado que dependerá de la lámpara adoptada, del tipo de luminaria, grado de contaminación del aire y modalidad de mantenimiento preventivo.

En consonancia con lo determinado en la norma UNE-EN 13201-2, la tabla 8 se destina fundamentalmente a espacios peatonales, aceras, carriles bici, etc. de acuerdo con lo señalado en las tablas 4 y 5 de esta ITC-EA-02.

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

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

(1)) Los niveles de la tabla son valores mínimos en servicio con mantenimiento de la instalación de alumbrado. A fin de mantener dichos niveles de servicio, debe considerarse un factor de mantenimiento ( ) elevado que dependerá de la lámpara adoptada, del tipo de luminaria, grado de contaminación del aire y modalidad de mantenimiento preventivo.

(2)También se aplican es espacios utilizados por peatones y ciclistas.

La nota 1 de las tablas 6, 7, 8 y 9 corresponde a los valores de luminancia o iluminancia medias que son niveles de referencia, mientras que las uniformidades y la relación entorno (SR) son valores mínimos, y, por último, el deslumbramiento perturbador (TI) es un nivel máximo, tal y como se indica en el apartado 1 de esta ITC-EA-02.

El mantenimiento de los referidos niveles se llevará a cabo considerando un factor de mantenimiento ( ) elevado, adecuado a lo dispuesto en la ITC-EA-06, que dependerá de la fuente de luz adoptada, que comprende tanto la lámpara como los LED, del tipo de luminaria instalada, grado de contaminación del aire y modalidad de mantenimiento preventivo.

Tal y como dispone la norma UNE-EN 13201-2, en lo referente a las tablas 6 y7, la luminancia media (Lm), uniformidad global (Uo), uniformidad longitudinal (Ul), el incremento de umbral (TI), y la relación entorno (SR), se calcularán y efectuarán las mediciones conforme a lo establecido respectivamente en las normas UNE-EN 13201-3 y UNE-EN 13201-4.

De igual manera la iluminancia media (Em) y mínima (Emin) consignadas en las tablas 8 y 9, se calcularán y se realizarán las mediciones, asimismo de acuerdo con lo determinado respectivamente en las normas UNE-EN 13201-3 y UNE-EN 13201-4.

Las tarea visual del peatón es menos compleja que la del conductor de un vehículo, entre otras razones, porque la velocidad media (del orden de 4 a 5 km./h.) es mucho menor que la de los vehículos. No obstante, debe:

- *Efectuar desplazamientos de modo que detecte los obstáculos eventuales e identifique a los otros peatones.*
- *Detectar con rapidez la presencia de vehículo, evaluar su alejamiento, así como el movimiento de los mismos.*

PROYECTO

Se pueden recomendar como clases o niveles de referencia para áreas peatonales y de tráfico lento las siguientes:

TIPOS	*DESCRIPCIÓN*	*CLASES DE ALUMBRADO*
P1	*Vías de muy elevado prestigio urbano.*	*CE1A*
P2	*Vías de alto prestigio urbano*	*CE2*
P3	*Calzadas de prestigio urbano*	*S1*
P4	*Utilización intensa por peatones o ciclistas*	*S2*
P5	*Utilización moderada por peatones o ciclistas*	*S3*
P6	*Utilización baja por peatones o ciclistas solo, asociada a las propiedades adyacentes*	*S4*

Como método alternativo y como ayuda para el proyectista en la selección de la clase de alumbrado para áreas peatonales y de tráfico lento del tipo (P) para las situaciones de proyecto dadas, la publicación CIE 115:2010, adopta distintos parámetros a los que asigna un peso especifico (a), que deben ser sumados, obteniendo un valor total (A)

El tipo (P) y, concretamente, la clase de alumbrado será la siguiente:

$$P= 6-A$$

En la tabla, que a continuación se expone, a título meramente orientativo, se obtendrá un valor comprendido entre 1 y 6. Si el resultado no es un número natural, se adoptará el número natural más pequeño por abajo.

PARÁMETROS	*OPCIONES*	*PESO ESPECÍFICO (a)*	*PESO ESPECÍFICO SELECCIONADO*
Velocidad	*Baja*	*1*	
	Muy baja (andando)	*0*	
Intensidad de trafico	*Muy alta*	*1*	
	Alta	*0.5*	
	Moderada	*0*	
	Baja	*-0.5*	
	Muy baja	*-1*	
Composicion de tráfico	*Peatones, ciclistas y tráfico motorizado*	*2*	
	Peatones y tráfico motorizado	*1*	
	Solo peatones y ciclistas	*1*	
	Solo peatones	*0*	
	Solo ciclistas	*0*	
Existencia de vehiculos aparcados	*Si*	*0.5*	
	No	*0*	
Luminosidad ambiental	*Alta*	*1*	
	Moderada	*0*	
	Baja	*-1*	
Reconocimiento facial	*Necesario*	*Requisitos adicionales*	
	No necesario	*Ningún requisito adicional*	
		Suma de los pesos específicos	*A*

Sin embargo, la adopción de la clase de alumbrado o nivel de iluminancia de referencia corresponde al autor del proyecto o de la memoria técnica de diseño, por lo que los pesos específicos consignados en la

tabla no deben considerarse que suplen a la realización de un juicio razonable y un estudio pormenorizado

2.3 Niveles de iluminación de zonas especiales de viales

Una zona de un vial se considera especial debido a los problemas específicos de visión y maniobras que tienen que realizar los vehículos que circulan por ella, tales como enlaces e intersecciones, glorietas y rotondas, zonas de reducción del número de carriles o disminución del ancho de la calzada, curvas y viales sinuosos en pendiente, zonas de incorporación de nuevos carriles, o pasos inferiores.

En los carriles-bici o zonas peatonales (vías del tipo C o E), no se considera que existan este tipo de zonas especiales.

Para dichos espacios se tendrá en cuenta, por orden de prelación, los siguientes criterios:

a) Criterio de luminancia

Si la zona especial es parte de una vía de tipo A o B, se aplicarán los niveles basados en la luminancia de la superficie de la calzada de las series ME de la tabla 6, de forma que para la zona especial, la clase de alumbrado que se establezca será un grado superior al de la vía a la que corresponde dicho espacio. Si confluyen varias vías en una zona especial, tal y como puede suceder en los cruces, la clase de alumbrado será un grado superior al de la vía que tenga la clase de alumbrado más elevada.

b) Criterio de iluminancia.

Si la zona especial es parte de una vía de tipo D o cuando no sea posible aplicar el criterio de luminancia, debido a que la distancia de visión resulte inferior a 60 m (valor mínimo utilizado en el cálculo de la luminancia) y cuando no se pueda situar adecuadamente al observador, dada la sinuosidad y complejidad de la zona especial de vial, se aplicará el criterio de iluminancia, con unos niveles de iluminación correspondientes a la serie CE de clases de alumbrado de la tabla 9. Entre las clases de alumbrado CE1 y CE0, podrá adoptarse un nivel de iluminancia intermedio.

No solamente pueden adoptarse niveles intermedios de iluminancia entre CE1 y CE0, sino se estima que también entre el resto de clases de alumbrado de la tabla 9.

Cuando se utilice el criterio de iluminancia, la clase de alumbrado que se establezca para la zona especial de vial, será un grado superior a la de la vía de tráfico donde se sitúa dicha zona. Asimismo, si confluyen varias vías, la clase de alumbrado de la zona especial de vial será un grado superior al de la vía de tráfico que tenga la clase de alumbrado más elevada.

En el alumbrado de zonas especiales de viales ubicados en tramos no iluminados se recomiendan las siguientes clases de alumbrado o niveles de referencia:

Descripción de la zona especial del vial	*Clase de alumbrado*
Cruces muy complejos con intensidad de tráfico elevada y alta complicación del trazado y campo visual	*CE0*
Cruces complejos *Glorietas y rotondas* *Vías de tráfico rodado de gran anchura*	*CE0* *CE1*
Zonas de peaje *Áreas de estacionamiento*	*CE1* *CE1 A*

El índice de deslumbramiento máximo será GR ≤ 45

Cuando se utiliza el criterio de iluminancia, no es posible calcular el deslumbramiento perturbador o incremento de umbral TI fijado en las tablas 6 y 7, dado que se precisa determinar la luminancia media de la calzada. En este caso, la evaluación de dicho deslumbramiento se llevará a cabo mediante la utilización de los niveles de referencia de la intensidad luminosa de las luminarias, establecida en la tabla 10.

Tabla 10 - Clases G de intensidad luminosa de las luminarias

Clase de Intensidad	Intensidad Máxima (cd/klm) (1)			Otros requisitos
	$70^o \leq \gamma < 80^o$	$80^o \leq \gamma < 90^o$	$\gamma \geq 90^o$	
G1	-	200	50	Ninguno
G2	-	150	30	Ninguno
G3	-	100	20	Ninguno
G4	500	100	10	Intensidades por encima de 95º deben ser cero
G5	350	100	10	
G6	350	100	0	Ninguno

(1) Todas las intensidades son proporcionales al flujo de la lámpara para 1.000 lm.

NOTA: Las clases de intensidad G1, G2 y G3 corresponden a distribuciones fotométricas "semi cut-off" y "cut-off", de uso tradicional. Las clases de intensidad G4, G5 y G6 se asignan a luminarias con distribución "cut-off" total, como las luminarias de cierre de vidrio plano en la posición horizontal.

Las distribuciones fotométricas "cut-off", "semi cut-off" y "non cut-off" responden a los valores siguientes:

Distribución fotométrica	*Dirección intensidad Máxima Imáx*	*Intensidad máxima admisible emitida bajo un ángulo de*	
		80º	*90º*
Cut-off	*0 – 65º*	*30 cd / 1000 lm*	*10 cd / 1000 lm*
Semi cut-off	*0 – 75º*	*100 cd / 1000 lm*	*50 cd / 1000 lm*
Non cut-off	*0 – 90º*	*>100 cd / 1000 lm*	*>50 cd / 1000 lm*

Alternativamente y de acuerdo con la Publicación CIE nº 115 en su versión del año 2010, se puede utilizar la expresión del deslumbramiento perturbador (TI) para controlar el deslumbramiento en áreas peatonales y de tráfico lento, recomendando los siguientes valores máximos:

Tipo de Alumbrado	*Incremento de Umbral TI (%)*
P1	*20*
P2	*25*
P3	*25*
P4	*30*
P5	*30*
P6	*35*

3. ALUMBRADOS ESPECÍFICOS

Se consideran alumbrados específicos los que corresponden a pasarelas peatonales, escaleras y rampas, pasos subterráneos peatonales, alumbrado adicional de pasos de peatones, parques y jardines, pasos a nivel de ferrocarril, fondos de saco, glorietas, túneles y pasos inferiores, aparcamientos de vehículos al aire libre y áreas de trabajo exteriores, así como cualquier otro que pueda asimilarse a los anteriores..

Los requisitos fotométricos serán los especificados a continuación.

3.1 Alumbrado de Pasarelas Peatonales, Escaleras y Rampas

La clase de alumbrado será CE2 y, en caso de riesgo de inseguridad ciudadana, podrá adoptarse la clase CE1. Cuando existan escaleras y rampas de acceso, la iluminancia en el plano vertical no será inferior al 50% del valor en el plano horizontal de forma que se asegure una buena percepción de los peldaños.

Cuando la pasarela peatonal cruce vías férreas su alumbrado deberá responder a las condiciones de visibilidad impuestas por este condicionante

3.2 Alumbrado de Pasos Subterráneos Peatonales

La clase de alumbrado será CE1, con una uniformidad media de 0,5 pudiendo elevarse, en el caso de que se estime un riesgo de inseguridad alto, a CE0 y la misma uniformidad. Asimismo, en el supuesto de que la longitud del paso subterráneo peatonal así lo exija, deberá preverse un alumbrado diurno con un nivel luminoso de 100 lux y una uniformidad media de 0,5.

En este tipo de alumbrado la finalidad especial será evitar el efecto "agujero negro", proporcionando sensación de seguridad, por lo que se recomienda la iluminación de las superficies verticales para mejorar la identificación de las personas.

3.3 Alumbrado Adicional de Pasos de Peatones

En el alumbrado adicional de los pasos de peatones, cuya instalación será prioritaria en aquellos pasos sin semáforo, la iluminancia de referencia mínimo en el plano vertical será de 40 lux, y una limitación en el deslumbramiento G2 en la dirección de circulación de vehículos y G3 en la dirección del peatón (tabla 10). La clase de alumbrado será CE1 en áreas comerciales e industriales y CE2 en zonas residenciales

En calzadas de circulación en un único sentido, se recomienda instalar si la calzada es estrecha un punto de luz en un lado, pero si la calzada es ancha se aconseja implantar dos puntos de luz, uno a cada lado y ambos muy cerca del paso de peatones, pero antes del mismo en el sentido de circulación de los vehículos.

Cuando se trate de una vía de tráfico de doble sentido de circulación se sugiere instalar dos puntos de luz, uno a cada lado de la calzada y ambos próximos al paso de peatones, pero también antes del mismo en el sentido de circulación de vehículos.

Debido a que este tipo de instalaciones de alumbrado lo que debe primar es la seguridad, y no es una zona representativa con respecto a la totalidad de la vía, se analizarán de forma independiente tanto en el estudio como en las mediciones de los parámetros de iluminacióny dicha zona quedará exenta del cálculo de la eficiencia energética.

3.4 Alumbrado de Parques y Jardines

Los viales principales, tales como accesos al parque o jardín, sus paseos y glorietas, áreas de estancia y escaleras, que estén abiertos al público durante las horas nocturnas, deberán iluminarse como las vías de tipo E (tabla 5).

En el diseño del alumbrado de parques y jardines se recomienda tener en cuenta la Publicación CIE nº 94

En el alumbrado de parques y jardines, cunado se utilice exclusivamentela iluminación por balizamiento sin iluminar la superficie de paso, dichos elementos se considerarán fuera de la instalación de alumbrado, en lo referente a los cálculos de eficiencia enrgética, tal como se especifica en las excepciones del articulo 2.4 del reglamento

3.5 Alumbrado de Pasos a Nivel de Ferrocarril

El nivel de iluminación sobre la zona de cruce, comenzando a una distancia mínima de 40 m y finalizando 40 m después, será CE2, recomendándose una clase de alumbrado CE1.

Si el paso a nivel se encuentra en un itinerario dotado de un correcto alumbrado, se estima que dicho paso deberá iluminarse de la misma forma que el citado itinerario.

3.6 Alumbrado de Fondos de Saco

El alumbrado de una calzada en fondo de saco se ejecutará de forma que se señalen con exactitud a los conductores los límites de la calzada. El nivel de iluminación de referencia será CE2.

Se recomienda que tanto los bordillos de las aceras, como las isletas de tráfico resulten visibles, debiéndose controlar estrictamente el deslumbramiento

3.7 Alumbrado de Glorietas

Además de la iluminación de la glorieta el alumbrado deberá extenderse a las vías de acceso a la misma, en una longitud adecuada de al menos de 200 m en ambos sentidos.

Los niveles de iluminación para glorietas serán un 50% mayores que los niveles de los accesos o entradas, con los valores de referencia siguientes:

- Iluminancia media horizontal $E_m \geq 40$ lux
- Uniformidad media $U_m \geq 0,5$
- Deslumbramiento máximo $GR \leq 45$

En zonas urbanas o en carreteras dotadas de alumbrado público, el nivel de iluminación de las glorietas será como mínimo un grado superior al del tramo que confluye con mayor nivel de iluminación, cumpliéndose en todo caso lo establecido en el apartado 2.3 referente a zonas especiales de viales.

Glorieta Interurbana

Si la glorieta y las vías que confluyen no están iluminadas, se dotarán de alumbrado los accesos a ella en una longitud de, al menos, 200 m. en ambos sentidos con los niveles de iluminación que dichas vías requieran, según ITC-EA-02 en su apartado 2.2. Tambien se iluminará la glorieta con valores de iluminación un 50% mayores que el del tramo que confluye con superior nivel de iluminación, y siempre manteniendo como mínimo:

$$Em \geq 30 \text{ lux}$$

$$Um \geq 0,4$$

$$GR \leq 45$$

Glorieta Urbana

Se dotará siempre de un alumbrado tal, que proporcione a la glorieta un nivel como mínimo de un grado superior al del tramo que confluye con mayor nivel de iluminación, cumplíendose en todo caso lo establecido en el apartado 2.3 de esta ITC-EA-02 referente a zonas especiales de viales.

Si los accesos carecen de alumbrado se iluminarán, al menos, 200 m en ambos sentidos , al igual que en las glorietas interurbanas, con los niveles que dichas vías de acceso requieran, según apartado 2.2 de la ITC-EA-02, y se dotará de alumbrado a la glorieta con un valor de, al menos, un grado superior al del tramo de acceso con mayor nivel de iluminación.

3.8 Alumbrado de Túneles y Pasos Inferiores

Se considerarán como valores de referencia, los niveles de iluminación especificados en la Publicación CIE 88:2004 “Guía para alumbrado de túneles de carretera y pasos inferiores”.

Debido a las especiales características de este tipo de alumbrado no será necesaria efectuar la calificación energética de estas instalaciones

Se recomienda prestar especial atención a la adecuación de regímenes a la hora natural, de modo que durante la noche no deberán permanecer en funcionamiento los regímenes de días soleados y/o nublados.

3.9 Aparcamientos de vehículos al aire libre

El alumbrado de aparcamientos al aire libre cumplirá con los requisitos fotométricos de las clases de alumbrado correspondientes a la situación de proyecto D1-D2, establecidos en la tabla 4.

Se aconseja realizar el alumbrado con estricto control del flujo luminoso emitido fuera de la superficie iluminada adoptando, en su caso, el apantallamiento necesario.

3.10 Alumbrado de Áreas de Trabajo Exteriores

Se considerarán como valores de referencia, los niveles de iluminación especificados en la norma EN 12464-2:2007

Asimismo se recomienda tener en cuenta la Publicación CIE nº 129

Alumbrado Deportivo

En el apartado 2 del artículo 8 del Reglamento se hace referencia a los espacios deportivos por lo que respecto a la iluminación de los mismos, es decir, el alumbrado deportivo se considera deben adoptarse como valores de referencia los niveles de iluminación consignados en la norma UNE-EN 12193.

A mayor abundamiento, en el apartado 8.3 de esta ITC-EA-02, a la hora de evaluar el deslumbramiento en la iluminación, entre otras zonas y áreas, se tienen en cuenta las instalaciones deportivas.

Asimismo, se recomienda tener en cuenta la Publicación CIE nº 169.

Carriles Bici

Las exigencias fundamentales de seguridad de los carriles bici son que el ciclista pueda identificar con facilidad:

El límite del carril bici y su entorno, así como los cruces con calles o carreteras

Los objetos (piedras, ramas, barro..etc) sobre la superficie, grietas, baches, así como badenes, obstáculos y curvas

La velocidad y situación de otros usuarios del carril bici.

De conformidad con la tabla 4 los niveles de referencia serán S1/S2 para un elevado tráfico de ciclistas y S3/S4 para un tráfico de ciclistas bajo.

Se recomienda considerar la Publicación CIE nº 136.

Puestos de Peaje de Autopistas y de Control de Aduanas:

El área de peaje de una autopista o de control de la documentación en una aduana está compuesta por las cinco zonas siguientes:

Zona I: Divergencia de entrada

El nivel de iluminación a mantener será el de la vía de tráfico en el supuesto que esté iluminada.

En cualquier caso, se recomienda establecer como nivel de referencia una iluminancia media horizontal en servicio con mantenimiento de la instalación de 15 lux y una uniformidad media del 50%.

Zona II: Plataforma de acceso

En esta zona el nivel medio de referencia de iluminancia horizontal aconsejable, será de 30 lux sobre la totalidad de los aproximadamente 40 m. de longitud de la misma.

Zona III: Peaje

Además de las luces de señalización antiniebla situadas en las cabeceras de las isletas, se considera conveniente asegurar:

Un nivel de referencia de iluminancia horizontal de 75 lux.

Un nivel de referencia de iluminancia vertical media de 40 lux sobre el plano frontal de la barrera (lugar de transacción del ticket, de pago y, en su caso, de control de documentación).

Zona IV: Plataforma de salida

Se establecerán los mismos niveles que los de la plataforma de acceso (Zona II).

Zona V: Convergencia de salida

Se ajustará a lo establecido en la Zona I, manteniendo el mismo nivel de iluminancia horizontal y de uniformidad media incluso en las áreas de estacionamiento de vehículos situadas a la salida del peaje.

Sistemas de Iluminación

Resulta aconsejable cuidar la correcta limitación del deslumbramiento. El cálculo del índice GR deberá efectuarse para el usuario (conductor del vehículo) que se presenta a la entrada divergente del peaje o aduana, y mira a la barrera.

Se recomienda un valor máximo de GR de 45, teniendo en cuenta el movimiento de vehículos y su seguridad.

A nivel de la barrera de peaje, una iluminación indirecta contribuye a reforzar el aspecto de barrera mediante un excelente nivel de iluminancia vertical.

PLC MADRID

4. ALUMBRADO ORNAMENTAL

Se consideran alumbrados ornamentales los que corresponden a la iluminación de fachadas de edificios y monumentos, así como estatuas, murallas, fuentes, etc., y paisajista de ríos, riberas, frondosidades, equipamientos acuáticos, etc.

Los valores de referencia de los niveles de iluminancia media en servicio, con mantenimiento de la instalación, del alumbrado ornamental serán los establecidos en la tabla 11.

Tabla 11 - Niveles mínimos de iluminancia media en servicio del alumbrado ornamental

NATURALEZA DE LOS MATERIALES DE LA SUPERFICIE ILUMINADA	NIVELES DE ILUMINANCIA MEDIA (Lux) (1)			COEFICIENTES MULTIPLICADORES DE CORRECCIÓN (2)			
	Iluminación de los alrededores			Corrección para el tipo de lámpara		Corrección para el estado de la superfic iluminada	
	Baja	Media	Elevada	H.M. V.M.	S.A.P. S.B.P.	Sucia	Muy Sucia
Piedra clara, mármol claro	20	30	60	1,0	0,9	3,0	5,0
Piedra media, cemento, mármol coloreado claro	40	60	120	1,1	1,0	2,5	5,0
Piedra oscura, granito gris, mármol oscuro	100	150	300	1,0	1,1	2,0	3,0
Ladrillo amarillo claro	35	50	100	1,2	0,9	2,5	5,0
Ladrillo marrón claro	40	60	120	1,2	0,9	2,0	4,0
Ladrillo marrón oscuro, granito rosa	55	80	160	1,3	1,0	2,0	4,0
Ladrillo rojo	100	150	300	1,3	1,0	2,0	3,0
Ladrillo oscuro	120	180	360	1,3	1,2	1,5	2,0
Hormigón arquitectónico	60	100	200	1,3	1,2	1,5	2,0
REVESTIMIENTO DE ALUMINIO: Terminación natural	200	300	600	1,2	1,1	1,5	2,0
termolacado muy coloreado (10%) rojo, marrón, amarillo	120	180	360	1,3	1,0	1,5	2,0
termolacado muy coloreado (10%) azul – verdoso	120	180	360	1,0	1,3	1,5	2,0
termolacado colores medios (30 – 40%) rojo, marrón, amarillo	40	60	120	1,2	1,0	2,0	4,0
termolacado colores medios (30 – 40%) azul – verdoso	40	60	120	1,0	1,2	2,0	4,0
termolacado colores pastel (60 – 70%) rojo, marrón, amarillo	20	30	60	1,1	1,0	3,0	5,0
termolacado colores pastel (60 – 70%) azul - verdoso	20	30	60	1,0	1,1	3,0	5,0

(1) Valores mínimos de iluminancia media en servicio con mantenimiento de la instalación sobre la superficie limp iluminada con lámparas de incandescencia.

(2) Coeficientes multiplicadores de corrección para lámparas de halogenuros metálicos (H.M.), vapor de mercurio (V.M.), vapor de sodio a alta presión (S.A.P.) y a baja presión (S.B.P.), así como para el estado de limpieza de la superfic iluminada

En todo caso, se deberán cumplir los valores máximos de luminancia media, establecidas para cada zona E1, E2, E3 y E4 en la tabla 3 de la Instrucción Técnica Complementaria ITC-EA-03.

Tal y como se dispone en el apartado 1 de esta ITC-EA-02, los valores de la tabla 11 corresponden a niveles de referencia del alumbrado ornamental por inundación

No se fijan valores de referencia para la iluminación ornamental por acento realizada con cualquier tipo de fuente de luz y aparato de alumbrado.

Los niveles determinados para cada zona E1, E2, E3 y E4 en la tabla 3 de la ITC-EA-03 no corresponden también a valores de referencia sino que corresponden a valores máximos al inicio del uso de la instalación (no en servicio).

Se recomienda ejecutar este tipo de alumbrado con estricto control del flujo luminoso fuera de la superficie iluminada, adoptando al respecto el apantallamiento que se considere preciso.

Resulta aconsejable controlar el periodo de funcionamiento de este tipo de alumbrado, programando adecuadamente los ciclos en los que estarán en servicio las instalaciones de alumbrado ornamental.

5. ALUMBRADO PARA VIGILANCIA Y SEGURIDAD NOCTURNA

Es el correspondiente a la iluminación de fachadas y áreas destinadas a actividades industriales, comerciales, de servicios, deportivas y recreativas, etc. con fines de vigilancia y seguridad durante la noche.

La tabla 12 incluye los valores de referencia de los niveles de iluminancia media vertical en fachada del edificio y horizontal en las inmediaciones del mismo, en función de la reflectancia o factor de reflexión ρ de la fachada.

Tabla 12 – Niveles de iluminancia media en alumbrado para vigilancia y seguridad nocturna

Factor de reflexión Fachada Edificio		Iluminancia Media E_m (lux) (1)	
		Vertical en Fachada (2)	Horizontal en Inmediaciones
Muy clara	ρ=0,60	1	1
Normal	ρ=0,30	2	2
Oscura	ρ=0,15	4	2
Muy oscura	ρ=0,075	8	4

(1) Los niveles de la tabla son valores mínimos en servicio con mantenimiento de la instalación de alumbrado.
(2) La iluminancia media vertical solo se considerará hasta una altura de 4 m desde el suelo

De acuerdo con lo determinado en el apartado 1 de esta ITC-EA-02 los valores de la tabla 12 son niveles de referencia.

La uniformidad media de iluminancia recomendable para este tipo de alumbrado de seguridad será de 0,3

En las áreas destinadas a actividades industriales, comerciales, de servicios, deportivas, recreativas, etc. los niveles de referencia medios de iluminancia serán los siguientes:

- Áreas de riesgo normal: 5 lux
- Áreas de riesgo elevado: 20 lux
- Áreas de alto riesgo: 50 lux

Para la obtención de los niveles anteriores se admitirá la instalación de un sistema de alumbrado de seguridad temporizado, activado por detectores de presencia.

Para determinar el nivel de luminancia sobre la fachada del edificio, debe tenerse en cuenta el factor de reflexión de los materiales que la constituyen, así como la forma como la luz es reflejada. Los factores de reflexión difusa con luz blanca de algunos materiales, son los consignados en la tabla siguiente:

MATERIAL	*FACTOR DE REFLEXIÓN ρ*
Hormigón medio	*0,3 – 0,4*
Ladrillo amarillo claro	*0,35*
Ladrillo pardo	*0,30*
Ladrillo rojo	*0,15*
Granito rosa	*0,30*
Granito gris	*0,10 – 0,15*
Mármol claro	*0,50 – 0,60*
Mármol ligeramente coloreado	*0,30*
Mármol oscuro	*0,15*
Piedra clara	*0,50*
Piedra medianamente coloreada	*0,30*
Piedra oscura	*0,15*

6. ALUMBRADO DE SEÑALES Y ANUNCIOS LUMINOSOS

Es el correspondiente a señales, carteles, anuncios luminosos, anuncios iluminados, alumbrado de escaparates, mobiliario urbano y edículos como marquesinas, cabinas telefónicas, etc. Se excluyen de este tipo todas las señales y anuncios de tráfico.

Los valores de referencia de niveles máximos de luminancia (cd/m^2) para señales y anuncios luminosos e iluminados en función de la superficie (m^2), son los determinados en la tabla 13.

Tabla 13 – Niveles de luminancia máxima de señales y anuncios luminosos.

Superficie (m^2)	Luminancia Máxima (cd/m^2)
$S \leq 0,5$	1.000
$0,5 < S \leq 2$	800
$2 < S \leq 10$	600
$S > 10$	400

En todo caso, se deberán cumplir los valores máximos de luminancia de rótulos y anuncios luminosos, establecidos para cada Zona E1, E2, E3 y E4 en la tabla 3 de la Instrucción Técnica Complementaria ITC-EA-03.

Tal y como se ha señalado en el apartado 1 de esta Instrucción Técnica Complementaria ITC-EA-02, los valores de la tabla 13 son niveles de referencia.

Los niveles determinados para cada zona E1, E2, E3 y E4 en la tabla 3 de la ITC-EA-03 no corresponden también a valores de referencia sino que corresponden a valores máximos al inicio del uso de la instalación (no en servicio).

Se recomienda llevar a cabo este tipo de alumbrado con un estricto control del flujo emitido fuera de la superficie iluminada, adoptando cuando proceda el apantallamiento que resulte necesario.

Además, se aconseja cumplir rigurosamente los horarios de funcionamiento, mediante la instalación de los dispositivos de encendido o apagado adecuados.

7. ALUMBRADO FESTIVO Y NAVIDEÑO

La potencia máxima instalada por unidad de superficie (W/m^2), en función de la anchura de la calle y del número de horas de funcionamiento por año del alumbrado festivo o navideño, no sobrepasarán los valores establecidos en la tabla 14. No se establece límite de potencia instalada por unidad de superficie para alumbrados festivos y navideños cuya duración de funcionamiento sea inferior a 100 horas anuales.

Tabla 14 – Valores máximos de la potencia instalada en alumbrado festivo y navideño.

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

Para la ejecución del alumbrado festivo y navideño se potenciará el uso de microlámparas, hilo luminoso, fibra óptica, LED, holografías u otros sistemas de bajo consumo de energía.

Deberán establecerse sistemas de control horario manipulables a distancia.

8. DESLUMBRAMIENTOS

8.1 Instalaciones de Alumbrado vial funcional

En las instalaciones de alumbrado funcional, el deslumbramiento perturbador o incremento de umbral máximo TI en %, para cada clase de alumbrado será el establecido en la tabla 6 de esta ITC-EA-02.

Cuando se utilice el criterio de iluminancia, de conformidad con lo señalado en el epígrafe 2.3 de esta ITC, se limitará la intensidad luminosa de las luminarias conforme a lo dispuesto en la tabla 10 de esta ITC-EA-02.

En relación al deslumbramiento siempre que se cumplan los límites establecidos en las tablas 6 y 7, ó en su caso, en la tabla 10 de esta ITC-EA-02, y el flujo hemisférico superior instalado y la luz intrusa se ajusten a lo dispuesto en la ITC-EA-03, se adoptarán las luminarias de mayor eficacia fotométrica cuyos alcances longitudinales y dispersiones transversales permitan la máxima separación entre puntos de luz, es decir, luminarias con distribuciones fotométricas "cut-off" y "semi cut-off".

Se define la eficacia fotométrica de una luminaria, como la capacidad más eficiente de un sistema óptico para la utilización del flujo luminoso de una fuente de luz, en la obtención del nivel de iluminación necesario en la superficie iluminada.

8.2 Instalaciones de Alumbrado vial ambiental

La tabla 15 proporciona las clases D de índice de deslumbramiento que se utilizará para satisfacer los requisitos apropiados del deslumbramiento molesto para las luminarias de ambiente con superficie luminosa difusora, instaladas a baja altura.

El índice de deslumbramiento de una instalación de alumbrado vial ambiental es

$$D = I.\ A^{-0,5}\ cd/m^2$$

donde:

- I es el valor máximo de la intensidad luminosa (cd) en cualquier dirección que forme un ángulo de 85º con la vertical.
- A es el área aparente (m^2) de las partes luminosas de la luminaria en un plano perpendicular a la dirección de la intensidad (I).

Si en la dirección de la intensidad I, son visibles partes de la fuente luminosa, bien directamente o bien como imágenes, se aplicará la clase D0. En este caso se deberán utilizar fuentes luminosas de bajo brillo, por ejemplo lámparas fluorescentes.

Tabla 15 - Clases D de índice de deslumbramiento

Clase	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6
Índice de deslumbramiento máximo	-	7.000	5.500	4.000	2.000	1.000	500

Para alumbrado de vías peatonales, las clases D de índice de deslumbramiento máximo en función de la altura h de montaje en metros de las luminarias, serán las indicadas en la tabla 16:

Tabla 16 - Índice de deslumbramiento en función de la altura de montaje

Altura de Montaje	Clases D
$h \leq 4,5$	D3
$4,5 < h \leq 6$	D2
$h > 6$	D1

El área aparente A cuando se determina en una dirección horizontal puede ser suficientemente exacta.

Cuando en las condiciones de funcionamiento se encuentra disponible una tabla de distribución de la intensidad luminosa de la luminaria, la intensidad (I) puede obtenerse en dicha tabla.

8.3 Otras Instalaciones de Alumbrado

Para evaluar el deslumbramiento en la iluminación -de recintos abiertos-superficies, instalaciones deportivas y áreas de trabajo exteriores, aparcamientos y, en general, en la iluminación a gran altura se utiliza el índice de deslumbramiento GR cuya escala de 0 a 100, en orden creciente de deslumbramiento es la indicada en la tabla 17:

Tabla 17 - Evaluación del deslumbramiento mediante el índice GR

Deslumbramiento	Índice GR
Insignificante	10
Ligero	30
Límite admisible	50
Molesto	70
Insoportable	90

Los límites de deslumbramiento para este tipo de instalaciones de alumbrado son los establecidos en la tabla 18.

Tabla 18 - Límites del deslumbramiento en recintos abiertos y, en general en la iluminación a gran altura

Destino del alumbrado	Tipo de Actividad	$GR_{máx}$
A la salvaguarda y seguridad	Riesgos bajos	55
	Riesgos medios	50
	Riesgos altos	45
Al movimiento y seguridad	Solamente peatones	55
	Tráfico lento	50
	Tráfico normal	45
Al trabajo	Basto	55
	Basto y medio	50
	Fino	45
Instalaciones deportivas	Entrenamiento	55
	Competición	50
Para tareas decisivas de visión en áreas de trabajo los valores de GR máx serán 5 unidades por debajo de las establecidas		

PLC MADRID

El índice de deslumbramiento GR se define en la publicación CIE-112, cuya formulación empírica determinada experimentalmente responde a la siguiente expresión:

$$Gr = 27 + 24 \, Log \, (Lv / Lve^{0,9})$$

donde :

L_v = luminancia de velo debida a las (n) luminarias que producen cada una cierta iluminancia sobre el ojo del observador

L_{ve} = luminancia de velo denominada equivalente, producida por el entorno situado en frente del observador

Se puede establecer:

$$L_{ve} = 0,035 \, L_m$$

Siendo:

L_m = luminancia del suelo, observado a la puesta en servicio de la instalación.

El deslumbramiento del usuario está influenciado de un modo importante por la distribución luminosa de los proyectores y el flujo luminoso de las fuentes de luz con las que van equipados, así como por la altura de los puntos de luz y posicionamiento en el emplazamiento, apuntamiento de los proyectores y la dirección de los haces luminosos en relación al usuario.

9. NIVELES DE ILUMINACIÓN REDUCIDOS

Con la finalidad de ahorrar energía, disminuir el resplandor luminoso nocturno y limitar la luz molesta, a ciertas horas de la noche, deberá reducirse el nivel de iluminación en las instalaciones de alumbrado vial, alumbrado específico, alumbrado ornamental y alumbrado de señales y anuncios luminosos, con potencia instalada superior a 5 kW salvo que, por razones de seguridad, a justificar en el proyecto, no resultara recomendable efectuar variaciones temporales o reducción de los niveles de iluminación.

Cuando se reduzca el nivel de iluminación, es decir, se varíe la clase de alumbrado a una hora determinada, deberán mantenerse los criterios de uniformidad de luminancia / iluminancia y deslumbramiento establecidos en ésta Instrucción ITC-EA-02.

La reducción del nivel de iluminación implica el descenso de la potencia y los sistemas de regulación del nivel luminoso podrían permitir la disminución del flujo emitido hasta el valor de servicio mínimo que admite la fuente de luz.

Se llama la atención de que no todas las luminarias equipadas con lámparas de descarga utilizadas en alumbrado exterior admiten la regulación por variación de la tensión de alimentación, por lo que se deberá tener en cuenta en el proyecto la posibilidad o no de utilizar este sistema de regulación, incluyendo la tensión mínima admisible para un funcionamiento estable de la instalación de alumbrado.

Se deberá tener en cuenta lo indicado en el apartado 6 de la ITC-EA-04 en lo relativo a los sistemas de regulación del nivel luminoso

10. CLASES DE ALUMBRADO DE SIMILAR NIVEL DE ILUMINACION

En la Tabla 19 se indican en la misma columna las diferentes clases de alumbrado que se consideran equivalentes por tener un nivel de iluminación similar.

TABLA 19 – Clases de alumbrado de similar nivel de iluminación.

	M E 1 MEW 1	M E 2 MEW 2	M E 3 MEW 3	M E 4 MEW 4	M E 5 MEW 5	M E 6
C E O	C E 1	C E 2	C E 3	C E 4	C E 5	
			S 1	S 2	S 3	S 4

Los valores correspondientes a las clases de alumbrado son equivalentes debido, entre otras razones, a que las clases de las series ME y MEW son niveles de luminancia, mientras que las de las series CE y S se refieren a niveles de iluminancia, no resultando exacta la relación entre la iluminancia y la luminancia (R = E / L) tal y como se ha expresado en el desarrollo del artículo 3 de este Reglamento.

No obstante, la Publicación CIE nº 115 en su versión del año 2010, a título informativo incluye una tabla de equivalencias entre los niveles de la serie ME (tabla 6) en luminancias y los de la serie CE (tabla 9) en iluminancia, en función del coeficiente de luminancia medio (Q0) del pavimento. Es decir, establece la correspondencia entre luminancia e iluminancia medias que depende del valor (Q0) de la superficie iluminada.

Adopta los tres valores característicos siguientes:

Q0 = 0,05 Q0 = 0,07 y Q0 = 0,09

Es de señalar que en la Publicación CIE nº 115 no se hace referencia a los valores de los factores especulares S1 y S2.

La tabla orientativa recomendada por dicha publicación es la siguiente:

Clase de alumbrado ME			*ME1*	*ME2*	*ME3*	*ME4*	*ME5*	*ME6*
Luminancia media en cd /m²			*2*	*1,5*	*1*	*0,75*	*0,5*	*0,3*
Clase de alumbrado CE para Q_0 = 0,05			*CE0*	*CE1*	*CE2*	*CE3*	*CE4*	*CE5*
Iluminancia media en lux			*50*	*30*	*20*	*15*	*10*	*7,5*
Clase de alumbrado CE para Q_0 = 0,07		*CE0*	*CE1*	*CE2*	*CE3*	*CE4*	*CE5*	
Iluminancia media en lux		*50*	*30*	*20*	*15*	*10*	*7,5*	
Clase de alumbrado CE para Q_0 = 0,09	*CE0*	*CE1*	*CE2*	*CE3*	*CE4*	*CE5*		
Iluminancia media en lux	*50*	*30*	*20*	*15*	*10*	*7,5*		

Instrucción Técnica Complementaria EA - 03
Resplandor luminoso nocturno y luz intrusa o molesta

INDICE

1. RESPLANDOR LUMINOSO NOCTURNO 2

1.1 LIMITACIONES DE LAS EMISIONES LUMINOSAS 4
1.2 LÁMPARAS 5

2. LIMITACIÓN DE LA LUZ INTRUSA O MOLESTA 5

PLC MADRID

1. RESPLANDOR LUMINOSO NOCTURNO

El resplandor luminoso nocturno o contaminación lumínica es la luminosidad producida en el cielo nocturno por la difusión y reflexión de la luz en los gases, aerosoles y partículas en suspensión en la atmósfera, procedente, entre otros orígenes, de las instalaciones de alumbrado exterior, bien por emisión directa hacia el cielo o reflejada por las superficies iluminadas.

En la Tabla 1 se clasifican las diferentes zonas en función de su protección contra la contaminación luminosa, según el tipo de actividad a desarrollar en cada una de las zonas.

Tabla 1 – Clasificación de zonas de protección contra la contaminación luminosa

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 aves, 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 las 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.

Las actividades astronómicas a desarrollar en cada zona que establece la Publicación CIE-126 son las siguientes:

CLASIFICACIÓN DE ZONAS	*OBSERVATORIOS ASTRONÓMICOS*
E1	*Categoría Internacional y Nacional*
E2	*Estudios Académicos y Postgrado*
E3	*Aficionados*
E4	*Observaciones Esporádicas*

Zonificación

En general en lo que respecta al medio ambiente, cuando una actividad potencialmente contaminadora de la atmosfera no puede ser totalmente controlada, la idea básica que se utiliza consiste en evitar que las consecuencias ambientales debidas a esta posible contaminación perjudiquen igualmente en todas las localizaciones o situaciones. Por tanto, el sistema de zonificación debe servir de marco de referencia para regular y resolver los posibles conflictos que pudieran derivarse en este caso de la hipotética dicotomía iluminación- observación astronómica.

Para reducir los posibles efectos producidos por el resplandor luminoso nocturno en el cielo a los observatorios astronómicos denominados "punto de referencia", la introducción del sistema de zonificación responde a dos propósitos: por una parte, permite establecer los requisitos de iluminación en una zona donde se encuentra el "punto de referencia" y por otro lado, facilita determinar las exigencias de iluminación en otras zonas, adyacentes o no, a la zona particular donde está ubicado el "punto de referencia".

El resplandor luminoso nocturno en el cielo de una zona donde se encuentra el "punto de referencia", es debido a las dimensiones de esa zona y a la propia iluminación de la misma, así como a la iluminación de las zonas vecinas o colindantes, por lo que también debe tenerse en cuenta la iluminación de las zonas adyacentes a la que contiene el "punto de referencia".

La influencia de la iluminación de estas zonas vecinas o colindantes sobre el total del resplandor luminoso nocturno en el "punto de referencia", depende de las distancias entre las fronteras de las zonas y el "punto de referencia".

En la tabla siguiente, incluida en la publicación CIE-126 se establecen las distancias en Km recomendadas entre los límites de cada zona (E1, E2, E3 y E4) y el "punto de referencia".

ZONA DEL PUNTO DE REFERENCIA	Distancias mínimas en km entre los límites de cada zona		
	E1-E2	E2-E3	E3-E4
E1	1	10	100
E2		1	10
E3			1
E4	Sin limites		

Para una correcta utilización de la tabla en primer término debe seleccionarse la zona donde se encuentra ubicado el "punto de referencia" y seguidamente en la tabla se obtiene la distancia mínima en Km donde comienza la zona siguiente, y así sucesivamente

Es de señalar que los valores consignados en la tabla se han deducido de la experiencia práctica, aun cuando el número de casos estudiados ha sido limitado.

PLC MADRID

1.1 Limitaciones de las Emisiones Luminosas

Se limitarán las emisiones luminosas hacia el cielo en las instalaciones de alumbrado exterior, con excepción de las de alumbrado festivo y navideño.

La luminosidad del cielo producida por las instalaciones de alumbrado exterior depende del flujo hemisférico superior instalado y es directamente proporcional a la superficie iluminada y a su nivel de iluminancia, e inversamente proporcional a los factores de utilización y mantenimiento de la instalación.

El flujo hemisférico superior instalado FHS_{inst} o emisión directa de las luminarias a implantar en cada zona E1, E2, E3 y E4, no superará los límites establecidos en la tabla 2.

Tabla 2 - Valores límite del flujo hemisférico superior instalado

CLASIFICACIÓN DE ZONAS	FLUJO HEMISFÉRICO SUPERIOR INSTALADO FHS_{INST}
E1	≤ 1%
E2	≤ 5%
E3	≤ 15%
E4	≤ 25%

La limitación de flujo hemisférico superior instalado (FHS_{inst}) reduce las emisiones directas de luz hacia el cielo, pero existen también las emisiones indirectas debidas a la reflexión de la luz, en la superficie iluminada (suelo) y paramentos. Emisiones estas últimas que suponen aproximadamente un 75 % de la totalidad de la luz dirigida hacia el cielo. Sin embargo, cuando el punto de referencia se encuentra alejado del foco de contaminación, el impacto de la luz reflejada sobre el punto de referencia equivale aproximadamente a si las luminarias tuvieran solo un 0,8% de $FHS_{inst.}$ Esto es debido a que el flujo emitido entre 0º y 15º sobre el horizonte es el que más produce resplandor luminoso a largas distancias (mayores de 50 km)

Cuando el flujo hemisférico superior FHS=0 (nulas emisiones directas), no existe medio alguno que permita apreciar las contribuciones al resplandor luminoso nocturno de las diferentes soluciones luminotécnicas de los alumbrados exteriores. En consecuencia, resulta necesario establecer la expresión del flujo potencial máximo emitido hacia el cielo (Fp) o el grado relativo de emisión (emisión de flujo superior) que tiene en cuenta la parte del flujo reflejado que sería absorbido total o parcialmente por los obstáculos que se interponen, tales como la vegetación, edificaciones, desniveles, etc.

Además de ajustarse a los valores de la tabla 2, para reducir las emisiones hacia el cielo tanto directas, como las reflejadas por las superficies iluminadas, la instalación de las luminarias deberá cumplir los siguientes requisitos:

a) Se iluminará solamente la superficie que se quiere dotar de alumbrado.
b) Los niveles de iluminación no deberán superar los valores máximos establecidos en la ITC-EA-02.
c) El factor de utilización y el factor de mantenimiento de la instalación satisfarán los valores mínimos establecidos en la ITC-EA-04.

Cuando se ilumina una superficie, existe una luz dispersa que ilumina más allá de dicha superficie. El proyecto de alumbrado deberá minimizar al máximo razonable dicha luz dispersa.

1.2 Lámparas

En la Zona E1 se utilizarán lámparas de vapor de sodio. Cuando no resulte posible utilizar dichas lámparas, se procederá a filtrar la radiación de longitudes de onda inferiores a 440 nm.

Ello tiene como finalidad evitar interferencias a los observatorios astronómicos de categoría internacional y nacional en la zona E1. Además, el resplandor luminoso en estas zonas con cielos limpios, es inversamente proporcional a la cuarta potencia de la longitud de onda de la luz, motivo por el cual debe evitarse el uso de longitudes de onda bajas como el color azul.

2. LIMITACIÓN DE LA LUZ INTRUSA O MOLESTA

Con objeto de minimizar los efectos de la luz intrusa o molesta procedente de instalaciones de alumbrado exterior, sobre residentes y sobre los ciudadanos en general, las instalaciones de alumbrado exterior, con excepción del alumbrado festivo y navideño, se diseñarán para que cumplan los valores máximos establecidos en la tabla 3 de los siguientes parámetros:

a) Iluminancia vertical (E_V) en ventanas;

b) Luminancia (L) de las luminarias medida como Intensidad luminosa (I) emitida por cada luminaria en la dirección potencial de la molestia;

c) Luminancia media (L_m) de las superficies de los paramentos de los edificios que como consecuencia de una iluminación excesiva pueda producir molestias;

d) Luminancia máxima (L_{max}) de señales y anuncios luminosos;

e) Incremento umbral de contraste (TI) que expresa la limitación del deslumbramiento perturbador o incapacitivo en las vías de tráfico rodado producido por instalaciones de alumbrado distintas de las de viales. Dicho incremento constituye la medida por la que se cuantifica la pérdida de visión causada por dicho deslumbramiento. El TI producido por el alumbrado vial está limitado por la ITC-EA-02.

En función de la clasificación de zonas (E1, E2, E3 y E4) la luz molesta procedente de las instalaciones de alumbrado exterior, se limitará a los valores indicados en la tabla 3:

Por otra parte, tal y como se señala en el punto a) de este apartado 2, de la ITC-EA-03, en la tabla 3 la iluminancia vertical (Ev) corresponde a ventanas

Se recomienda tener en cuenta la Publicación CIE nº 150.

PLC MADRID

Tabla 3.- Limitaciones de la luz molesta procedente de instalaciones de alumbrado exterior

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

Para una adecuada aplicación de la tabla 3 se estima deben tomarse en cuenta las siguientes consideraciones:

- *Los valores de iluminancia vertical en ventanas y de luminancia en fachadas se aplicarán a partir de 4 metros de altura sobre el suelo, teniendo en cuanta que dichos 4 m se destinan, generalmente a locales comerciales y su iluminación es necesaria para una correcta visibilidad. Esta excepción no se tendrá en cuenta en aquellas zonas donde exista un riesgo potencialmente elevado de luz intrusa y el tráfico peatonal sea mínimo (viales de urbanizaciones residenciales, etc.)*
- *Los valores de luminancia en la tabla anterior se refieren al alumbrado ornamental propio de las mismas.*

PLENAMADRID

Instrucción Técnica Complementaria EA - 04
Componentes de las instalaciones

INDICE

1. GENERALIDADES 2
2. LÁMPARAS 2
3. LUMINARIAS 4
3.1 PRESCRIPCIONES ESPECÍFICAS DE LOS PROYECTORES 10
4. EQUIPOS AUXILIARES 13
5. SISTEMAS DE ACCIONAMIENTO 14
6. SISTEMAS DE REGULACIÓN DEL NIVEL LUMINOSO 15
7.TELEGESTIÓN 16

PLC MADRID

1. GENERALIDADES

En lo referente a los métodos de medida y presentación de las características fotométricas de lámparas y luminarias, se seguirá lo establecido en las normas relevantes de la serie UNE-EN 13032 "Luz y alumbrado. Medición y presentación de datos fotométricos de lámparas y luminarias".

El flujo hemisférico superior instalado (FHS_{INST}), rendimiento de la luminaria (η), factor de utilización (f_u), grado de protección IP, eficacia de la lámpara y demás características relevantes para cada tipo de luminaria, lámpara o equipos auxiliares, deberán ser garantizados por el fabricante, mediante una declaración expresa o certificación de un laboratorio acreditado.

A fin de garantizar que los parámetros de diseño de las instalaciones se ajustan a los valores nominales previstos, los equipos auxiliares que se incorporen en las instalaciones de alumbrado, deberán cumplir las condiciones de funcionamiento establecidas en las normas UNE-EN de prescripciones de funcionamiento siguientes:

a) UNE-EN 60921 - Balastos para lámparas fluorescentes
b) UNE-EN 60923 - Balastos para lámparas de descarga, excluidas las fluorescentes.
c) UNE-EN 60929 - Balastos electrónicos alimentados en c.a. para lámparas fluorescentes.

Los componentes empleados en las instalaciones de alumbrado exterior deberán ser utilizados en la forma y para la finalidad que fueron fabricados. Los incluidos en el campo de aplicación de la reglamentación derivada de la transposición de las Directivas de la Unión Europea deberán cumplir con lo establecido en las mismas,.

En lo no cubierto por tal reglamentación se aplicarán los criterios técnicos preceptuados por el presente Reglamento, así como en el Reglamento Electrónico para Baja Tensión. En particular, se incluirán junto con los equipos y materiales las indicaciones necesarias para su correcta instalación y uso, debiendo marcarse con las siguientes indicaciones mínimas:

a) Identificación del fabricante o representante legal o responsable de la comercialización

b) Marca y modelo

c) Tensión y potencia (o intensidad) asignadas

d) Cualquier otra indicación referente al uso especifico del material o equipo, asignado por el fabricante

2. LÁMPARAS

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

a) 40 lum/W, para alumbrados de vigilancia y seguridad nocturna y de señales y anuncios luminosos

b) 65 lum/W, para alumbrados vial, específico y ornamental

Con posterioridad a la publicación del Reglamento de Eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior se ha publicado en el ámbito de la Directiva de diseño ecológico, el Reglamento (CE) nº. 245/2009, de 18 de marzo por el que se aplica la Directiva 2005/32/CE en lo relativo a los requisitos de

diseño ecológico para lámparas, balastos y luminarias, así como Reglamento (UE) nº. 347/2010, de 21 de abril, que implementa la Directiva 2009/125/CE y modifica los anexos I, II, III y IV del Reglamento nº. 245/2009 y posteriores actualizaciones, en los que se establecen requisitos de eficacia mínima a las lámparas de alta intensidad de descarga que son superiores a los establecidos en este apartado.

Además de las lámparas convencionales deben considerarse la cada vez más amplia implantación de los LED, de forma que las fuentes de luz basadas en la tecnología LED,sus equipos auxiliares (Drivers), y las luminarias y proyectores que los incorporen, tendrán que cumplir la normativa siguiente:

NORMATIVA APLICABLE A LOS LED

- *UNE- EN 13032-1 y UNE-EN 13032-2. Medición y presentación de las características fotométricas*
- *UNE-EN 60598-1. Luminarias. Requisitos generales y ensayos*
- *UNE-EN 60598-2-3. Luminarias. Requisitos particulares. Luminarias de alumbrado público*
- *UNE-EN 60598-2-5. Luminarias. Requisitos particulares. Proyectores.*
- *UNE-EN 55015 de 2006. Límites y métodos de medida de las características relativas a la perturbación radioeléctrica de los equipos de iluminación y similares.*
- *UNE-EN 61000-3-2. Compatibilidad electromagnética (CEM). Límites para las emisiones de corriente armónica.*
- *UNE-EN 61000-3-3. Compatibilidad electromagnética (CEM). Limitaciones de las variaciones de tensión, fluctuaciones de tensión y flicker en las redes públicas de suministro de baja tensión.*
- *UNE-EN 61547. Equipos para alumbrado de uso general. Requisitos de inmunidad CEM.*
- *UNE-EN 61347-2-13. Requisitos particulares para dispositivos de control electrónicos alimentados en corriente continua ó corriente alterna para módulos LED.*
- *UNE-EN 62031. Seguridad de los módulos LED.*
- *UNE-EN 62384. Requisitos de funcionamiento para dispositivos de control electrónicos alimentados en corriente continua o corriente alterna para módulos LED*
- *UNE-EN 62471-1. Seguridad fotobiológica de lámparas y aparatos que utilizan lámparas.*
- *UNE-EN 62560. Seguridad en lámparas LED con dispositivo de control incorporado de tensión de alimentación > 50 V.*
- *IEC 62612. Lámparas LED para iluminación general. Requisitos de funcionamiento.*
- *IEC 62717. Módulos LED para iluminación general. Requisitos de funcionamiento.*
- *IEC 62722. Luminarias LED para iluminación general. Requisitos de funcionamiento.*

Teniendo en cuenta que las normas aplicables a la tecnología LED son de reciente aparición, es difícil considerar la lista anterior como exhausitva por lo que se deberá tener en consideración también las nuevas normas aplicables a este tipo de componentes que puedan ser publicadas con posterioridad a la edición de la presente guía.

La elección de las lámparas utilizadas en instalaciones de alumbrado exterior está condicionada por los factores económicos iniciales y de explotación –eficacia luminosa y vida económica-, así como por las necesidades requeridas en cuanto temperatura y rendimiento de color, fundamentalmente en las instalaciones de alumbrado ornamental, siendo en todo caso preponderante la eficacia luminosa y la vida económica de las lámparas

De acuerdo con la publicación CIE 154, a efectos de eficiencia y ahorro energético, se procurará que, tanto el factor de depreciación del flujo luminoso de la lámpara (FDFL), como el factor de supervivencia de la lámpara (FSL), resulten lo más elevados posibles, tal y como se determina en la ITC-EA-06

Las variaciones de tensión de la red podrán modificar de modo significativo las prestaciones de las lámparas. Un aumento de la tensión de la red ocasionará un incremento de potencia en la lámpara, al tiempo que se producirá una importante reducción de la vida de la misma, todo lo cual supondrá ineficiencia energética por desmesurado exceso de consumo de energía eléctrica y considerable acortamiento de la vida de la lámpara

Para una óptima explotación de las lámparas o fuentes de luz, deberán respetarse las siguientes condiciones:

- *Existirá compatibilidad entre las características técnicas del equipo auxiliar y la lámpara*
- *Se mantendrá estabilizada la tensión de la red eléctrica de alimentación a los valores más próximos al nominal o se dispondrán de dispositivos de control de lámpara que mantengan estables los valores eléctricos de la lámpara ante variaciones de la tensión de red.*
- *Se tomarán las precauciones necesarias para lograr una correcta posición de funcionamiento de la lámpara.*

No se superarán los límites de resistencia mecánica de la lámpara – limitación a los choques y vibraciones-, y los térmicos, -adecuación de las dimensiones del bloque o sistema óptico de la luminaria al tamaño y potencia de la lámpara-.

3. LUMINARIAS

Las luminarias incluyendo los proyectores, que se instalen en las instalaciones de alumbrado excepto las de alumbrado festivo y navideño, deberán cumplir con los requisitos de la tabla 1 respecto a los valores de rendimiento de la luminaria (η) y factor de utilización (f_u).

En lo referente al factor de mantenimiento ( ) y al flujo hemisférico superior instalado (FHS_{inst}), cumplirán lo dispuesto en las ITC-EA-06 y la ITC-EA-03, respectivamente.

Además, las luminarias deberán elegirse de forma que se cumplan los valores de eficiencia energética mínima, para instalaciones de alumbrado vial y el resto de requisitos para otras instalaciones de alumbrado, según lo establecido en la ITC-EA-01.

Tabla 1 - Características de las luminarias y proyectores.

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

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

Respecto a la nota (1) de la tabla 1 se considera conveniente exceptuar también el alumbrado ornamental y cuando se utilicen proyectores luminarias no convencionales. La nota (2) se tendrá en cuenta siempre que el F_u sea superior a 0,3

En cuanto a medición y presentación de las características fotométricas, las luminarias cumplimentarán las normas UNE-EN 13032-1 y UNE-EN 13032-2, así como lo señalado en la Publicación CIE 121. Asimismo, se ajustarán a la norma UNE-EN 60598-2-3.

Las luminarias abiertas deberán tener como mínimo un grado de protección IP 23, mientras que en las luminarias con cierre abatible dicho grado oscilará entre IP 44 ó IP 55 ambos inclusive. En las luminarias con cierre no abatible del sistema óptico el grado de protección será IP 65 ó IP 66

De acuerdo con lo señalado en la publicación CIE 154 y en la ITC-EA-06 de este Reglamento, el factor más favorable de depreciación de las luminarias (FDLU) para el mantenimiento de la instalación, en función del nivel de contaminación atmosférico de la zona donde se implanten, corresponderá a luminarias con cierre del sistema óptico no abatible con un grado de hermeticidad IP 66, por lo que se recomienda su implantación en aras a la mejora de la eficiencia energética en las instalaciones de alumbrado vial funcional.

Las luminarias se ajustarán a lo establecido en el Reglamento (CE) nº. 245/2009, de 18 de Marzo, así como en el Reglamento (UE) nº. 347/2010, de 21 de Abril, que modifica los anexos I,II,III y IV del Reglamento (CE) nº. 245/2009 y posteriores actualizaciones.

Cuando como mejora de la eficiencia energética de una instalación existente, se proceda al cambio de luminarias o modificación de las mismas que afecte a sus características luminotécnicas, se verificará si las alturas y/o ubicaciones de los puntos de luz existentes son las adecuadas para obtener el mejor factor de utilización. Cuando no resulte así, será recomendable sustituir los soportes y/ó su ubicación para optimizar dicha instalación.

Respecto a la naturaleza del cierre del sistema óptico: metacrilato, policarbonato y vidrio se aconseja instalar preferentemente aquellas luminarias cuyos cierres conserven mejor el factor de transmisión de la luz a lo largo del tiempo y envejezcan menos, como es el caso del vidrio.

En relación a la distribución de la intensidad luminosa, las luminarias se clasificarán en función del alcance longitudinal, dispersión transversal y control del deslumbramiento

El alcance es la distancia longitudinal a la que la luz emitida por la luminaria queda distribuida a lo largo de la calzada, y queda definida por la distancia (A) en metros en función de la altura (h) de montaje de la luminaria, así como por el ángulo de elevación del centro del haz (γ_{max})

Alcance	*Corto*	*Intermedio*	*Largo*
Distancia	$A < 1.73h$	$1.73h \leq A \leq 2.75h$	$A > 2.75h$
Ángulo	$\gamma_{max} < 60^o$	$60^o \leq \gamma_{max} \leq 70^o$	$\gamma_{max} > 70^o$

La dispersión es la distancia transversal a la que la luz emitida por la luminaria queda distribuida a lo ancho de la calzada y se define mediante la posición de la línea, paralela al eje de la calzada, que es tangente al contorno de la curva del 90 % de la intensidad máxima de calzada γ 90. De las dos posibles tangentes al contorno de la mencionada curva se adoptara la más alejada.

La distancia (D) a la que llega la luz emitida por la luminaria a lo ancho de la calzada se expresa en metros en función de la altura (h) de montaje de la luminaria.

Dispersion	*Estrecha*	*Media*	*Ancha*
Distancia	$D < 1h$	$1h \leq D \leq 1.43h$	$A > 1.43h$
Ángulo	$\gamma_{90} < 45^o$	$45^o \leq \gamma_{90} \leq 55^o$	$\gamma_{90} > 55^o$

Mediante el sistema de reglaje de las luminarias se sitúa la lámpara en la posición asignada respecto al reflector, de forma que se adapta la distribución luminosa (alcance y dispersión) a las características geométricas de la calzada a iluminar.

Para la elección de las luminarias en el alumbrado vial funcional se considera conveniente tener en cuenta los siguientes parámetros:

- *Características y eficacia fotométrica*
- *Optimización del factor de utilización en función de los niveles de iluminación, las características dimensionales de la calzada a iluminar y geométricas de la instalación*
- *Flujo hemisférico superior instalado mínimo, adoptando luminarias "cut-off" o "semi cut-off" que limiten el resplandor luminoso nocturno y la luz intrusa o molesta.*
- *Prestaciones mecánicas y su conservación en el transcurso del tiempo, especialmente en lo que respecta al mayor grado de hermeticidad del sistema óptico IP 65 ó IP 66, preferiblemente este último.*
- *Utilización de cierres que mantengan el factor de transmisión de luz a lo largo del tiempo, preferentemente vidrio.*
- *Resistencia a los choques*
- *Estética de la luminaria*

Las luminarias utilizadas en el alumbrado vial ambiental, en general son aparatos dotados de una envolvente decorativa destinada a establecer un determinado estilo o diseño apropiado que armonice con la estética del emplazamiento y su entorno

Para la elección de las luminarias en el alumbrado vial ambiental se aconseja considerar prioritariamente los criterios siguientes:

- *Calidades estéticas que permitan su integración en el emplazamiento*
- *Prestaciones mecánicas que permitan un mantenimiento cómodo y una excelente resistencia al vandalismo y a la corrosión, con un grado elevado de estanqueidad en el bloque óptico, preferiblemente IP 65.*
- *Características fotométricas y limitación de deslumbramiento, con un flujo hemisférico superior instalado controlado, que limite el resplandor luminoso nocturno y reduzca la luz intrusa o molesta.*

En el caso en que el fabricante suministre tanto la luminaria y el proyector con los equipos auxiliares (balasto, arrancador y condensador) incorporados, el responsable del cumplimiento de la norma de luminarias será el fabricante.

Cuando la luminaria, dotada de alojamiento para el equipo auxiliar, y el proyector se suministre sin equipamiento eléctrico (balasto, arrancador y condensador), será responsabilidad del instalador la utilización y conexión adecuada de dichos equipos para asegurar el cumplimiento de los requisitos incluidos en la norma de luminarias del conjunto completo. Para ello se deberán seguir escrupulosamente las instrucciones proporcionadas por el fabricante de la envolvente de la luminaria, especialmente en lo relativo a los calentamientos y protección contra los choques eléctricos, así como en el tipo de potencia de lámpara máxima a instalar en la luminaria.

Luminarias para LED

Son luminarias constituidas por múltiples fuentes luminosas cuya correcta orientación en la luminaria, unido al desarrollo de un idóneo sistema óptico para dirigir el haz de luz, permiten conseguir fotometrías adecuadas para cada aplicación, mejorando el factor de utilización con disminución de la luz molesta.

Los sistemas ópticos para la fuente de luz LED pueden ser:

Optica plana ,en la que cada lente individual proporciona una distribución luminosa idéntica.

Optica 3D ,que desarrolla diferentes sistemas de lentes que se orientan en la propia luminaria, de manera que cada LED proporciona una pequeña parte de la distribución fotométrica (combinación de lentes diferentes).

Optica basado en reflectores,en la que se utiliza el flujo directo que proporciona cada LED con el que está equipada la luminaria, así como el que aporta por reflexión sobre un material altamente reflectante.

La matriz de intensidades luminosas de las luminarias para LED se obtiene mediante goniofotómetro calibrado, ensayando directamente el conjunto de la luminaria constituida por el grupo óptico de LED, incluyendo su propia alimentación eléctrica ("drivers"). Se cumpllirá lo dispuesto en la Normas UNE-EN 13201-1 y UNE-EN 13201-2

Las características esenciales a considerar en las luminarias con fuente de luz LED son las siguientes:

- ***Rendimiento total de la luminaria (η):***

El rendimiento de una luminaria que incorpora LED puede expresarse en términos absolutos como el flujo mluminoso total emitido por la luminaria dividido por la potencia total de la luminaria (lm/W), incluyendo la correspondiente al equipo auxiliar.

El rendimiento luminoso en valores relativos, como habitualmente se expresa con las luminarias dotadas de lámparas de descarga, es aplicasble a las luminarias que incorporan módulos LED reemplazables, en cuyo caso se ajustará a los valores extablecidos en la tabla 1 de esta ITC-EA-04.

- *Distribución de intensidad luminosa (de una luminaria)*

Distribucion de la intensidad luminosa según la dirección. La distribución de intensidad luminosa puede representarse mediante tablas numéricas (matriz de intensidades) o mediante gráficos y usualmente para luminarias que incorporan lámparas de descarga reemplazables se expresa en unidades de candelas para 1000 lm de flujo de lámpara. Para el caso de que incorporen fuentes de luz no reemplazables del tipo módulo LED se suelen expresar en candelas. No obstante cuando las luminarias que incorporan LED se suminsitran con datos relativos en candelas para 1000 lm de flujo total de la luminaria.

- *Potencia de la luminaria (P):*

Potencia nominal total en (w) de la luminaria, de conformidad con lo dispuesto en la norma UNE–EN 15193 Anexo B.

- *Factor de utilización.*

La relación del flujo luminoso recibido por la superficie de referencia respecto el flujo total de una luminaria en una instalación

- *Flujo luminoso*

Flujo luminoso total emitido por la luminaria y flujo luminoso emitido al hemisferio superior en posición de trabajo

- *Eficacia de la luminaria:*

En lm/w, siendo ambos valores los reales medidos, es decir, los lúmenes finales medidos por el goniofotómetro y los vatios consumidos por la luminaria incluida la alimentación eléctrica ("drivers").

- *Temperaturas:*
  - *Crítica de funcionamiento tc de la fuente de luz*
  - *Rango de temperatura t_a a la que puede funcionar la luminaria sin que se vean alteradas sus especificaciones, detallando la curva de variación del flujo emitido por la luminaria en función de la temperatura ambiente.*
  - *Temperatura ambiente media nocturna en torno a la luminaria t_q*

- *Factor de mantenimiento:*

Justificación y acreditación del mismo, previa a su utilización en los cálculos luminotécnicos.

- *Vida útil del sistema de LED en la luminaria:*

El parámetro de vida útil de una luminaria de tecnología LED vendrá determinado en horas de vida por las tres magnitudes siguientes:

- *Mantenimiento del flujo total emitido por la luminaria.*
- *Porcentaje de fallo del LED.*
- *Temperatura ambiente de funcionamiento.*

Por ejemplo: L70 B10 60.000 horas t_q=25ºC, significa que:

> *Hasta 60.000 horas y a una temperatura ambiente de funcionamiento de 25ºC el flujo total emitido por la luminaria es al menos de un 70% del inicial con una tasa máxima de fallo del LED del 10%.*

Para determinar la vida útil del sistema de LED en la luminaria, se tendrá en cuenta la vida útil de los equipos auxiliares (drivers)

En este caso t_q es la temperatura ambiente del laboratorio donde se ha realiado el ensayo.

- *Grado de hermeticidad y resistencia a impactos:*

Se definirá un grado de hermecidad IP, recomendándose no resulte inferior a IP 65, así como su resistencia a impactos IK..

- *Características de la luminaria:*

Material del cuerpo y protector, sistema de cierre y apertura, tipo de fijación mecánica y demás características que definen la calidad de una luminaria y la adecuan para cada aplicación.

Se indicará la temperatura de color y el IRC de los LED, así como la potencia nominal del sistema de LED, detallando el número de LED, intensidad de corriente y su potencia nominal individual.

RECOMENDACIONES DE UTILIZACIÓN DE LAS LUMINARIAS PARA LED

Se dispondrá de la fotometría (matriz de intensidades luminosas y curvas fotométricas) referenciada a 1000 lm, determinándose el flujo total emitido por la luminaria y el flujo hemisférico superior instalado FHS inst

Se detallará el sistema óptico adoptado de la luminaria para LED, y se concretará su alcance y dispersión.

Respecto al rendimiento y vida de la luminaria, en un alumbrado vial funcional, se recomienda que para una duración de 50.000 horas el flujo luminoso no descienda por debajo del 85% del flujo inicial, con una tasa máxima de fallo de LED de un 10% a la temperatura ambiente de funcionamiento de 25º C, es decir, L85 B10 50.000 horas t_q = 25º C.

Se concretará la potencia nominal y el consumo total del sistema de la luminaria para LED, incluido el equipo auxiliar (driver).

La eficacia luminosa del conjunto de la luminaria para LED deberá ser en todos los casos superior a 70 lm/W. Deberán justificarse eficacias inferiores a dicho valor en caso especiales (por ejemplo iluminación con LED monocromáticos de luz ámbar en zonas protegidas de observatorios nocturnos)

La temperatura de color del sistema de LED en la luminaria oscilará entre 2700 K y 5800 K. Deberán justificarse temperaturas de color fuera de dicho intervalo.

El índice de reproducción cromática IRC será como mínimo Ra> 70

Cada luminaria para LED dispondrá de un sistema capaz de gestionar de forma independiente el flujo luminoso emitido, reduciéndolo como mínimo hasta un 20% del valor nominal.

En lo referente a la estanqueidad de la luminaria para LED se recomienda sea IP 66, exigiéndose como mínimo IP 65. No obstante, como criterio de referencia a título indicativo, el grado de hermeticidad de la luminaria será el establecido en el epígrafe 3.1 del anexo VII del Reglamento CE nº 245/2009, de 18 de Marzo..

En los cálculos luminotécnicos a realizar en el dimensionamiento de las instalaciones de alumbrado, podrá considerarse como máximo un factor de mantenimiento de 0,85. Cualquier valor del mencionado factor superior a 0,85 deberá justificarse adecuadamente. Dichos cálculos se efectuarán de acuerdo con la Publicación CIE nº 88 de 2004, para el caso de túneles, y de conformidad con la norma UNE-EN 13.201-3 y Publicación CIE nº 140 de 2000, para el alumbrado vial.

Se aportarán los datos correspondientes sobre la depreciación del flujo luminoso en el transcurso de la vida de la luminaria.

Los ensayos y certificados que correspondan, deberán emitirse por Laboratorio acreditado por ENAC o entidad internacional equivalente.

Adaptación de luminarias convencionales a luminarias para LED

Siendo posible la adaptación o modificación de luminarias fabricadas para lámparas de descarga de alta intensidad a luminarias para LED, al tratarse de tecnologías diferentes, se recomienda que las luminarias para LED sean de nuevo diseño específico para dicha fuente de luz, aun cuando si se cumplen las correspondientes prescripciones, resultará admisible la referida modificación o adaptación de luminarias.

No obstante, el autor de dicha adaptación o modificación, deberá realizar de nuevo el procedimiento de evaluación de la conformidad establecido en las directivas de Marcado CE aplicables, con la correspondiente declaración de conformidad y resto de requistos establecidos en dihas directivas.

En todo caso, el fabricante original de la luminaria diseñada para lámpara de descarga de alta intensidad y después adaptada o modificada para LED por un tercero, quedará eximido de cualquier responsabilidad debido a la modificación de dicha luminaria.

PLC MADRID

3.1 Prescripciones específicas de los proyectores

3.1.1 Los proyectores son luminarias cuya distribución fotométrica, conseguida mediante un sistema óptico especialmente diseñado, permite la iluminación a cierta distancia de la ubicación del proyector.

3.1.2 A fin de conseguir una elevada eficiencia energética, cuando se utilicen proyectores para la iluminación de superficies horizontales, deberán cumplirse los siguientes aspectos:

a) Se emplearán preferentemente proyectores del tipo asimétrico con objeto de controlar la luz emitida hacia el hemisferio superior.

b) El ángulo de inclinación en el emplazamiento, que corresponde al valor de $I_{máx}/2$ situado por encima de la intensidad máxima ($I_{máx}$) emitida por el proyector, será inferior a 70º respecto a la vertical. Es decir, que la inclinación de la intensidad máxima ($I_{máx}$) debe ser inferior a:

b.1.- 60º para un proyector cuyo semiángulo de apertura por encima de la $I_{máx}$ sea de 10º.

b.2.- 65º para un proyector cuyo semiángulo de apertura por encima de la $I_{máx}$ sea de 5º.

No obstante, en todo caso, el ángulo de inclinación correspondiente a la intensidad máxima ($I_{máx}$) será inferior a 70º respecto a la vertical.

c) La intensidad en ángulos superiores a 85º emitida por el proyector, se limitará a 50 cd/klm como máximo.

3.1.3 En la iluminación de superficies verticales, como por ejemplo, la ornamental de fachadas y monumentos, siempre que resulte factible, deberán cumplirse los siguientes aspectos:

a) Con objeto de controlar la luz, se emplearán preferentemente proyectores del tipo asimétrico o que dispongan del apantallamiento preciso.

b) La iluminación deberá realizarse preferentemente en sentido descendente, es decir, de arriba hacia abajo.

c) Cuando esto resulte imposible, deberá tratarse que la línea de intensidad máxima del proyector no sobrepase la horizontal en más de 30º.

d) El flujo luminoso emitido por el proyector se ajustará a la superficie a iluminar y, en todo caso, no se proyectará fuera de la referida superficie una intensidad luminosa superior a 50 cd/klm.

Cuando no sea factible el cumplimiento del apartado c) de la 3.1.3 deberá justificarse la solución adoptada.

Los proyectores cumplirán lo dispuesto en la norma UNE-EN 60598-2-5 y se tendrá en cuenta lo indicado en las Publicaciónes CIE nº 94 y 150.

En lo que se refiere al punto 3.1.2, no solamente se pretende conseguir una elevada eficiencia energética, sino también reducir el deslumbramiento, así como limitar el resplandor luminoso nocturno y la luz intrusa o molesta, debiendo cumplirse siempre que resulte posible los apartados a), b) y c) de dicho punto 3.1.2.

Los proyectores son luminarias intensivas en las cuales la luz se concentrará en un ángulo solido determinado, mediante un específico sistema óptico, al objeto de obtener una intensidad luminosa

elevada. Por tanto, los proyectores estarán diseñados comúnmente para la iluminación direccional y proyectarán la luz a distancia.

Se utilizarán para la iluminación de aparcamientos, grandes espacios, alumbrado ornamental de edificios y monumentos, instalaciones deportivas y recreativas, áreas de trabajos exteriores, etc. y podrán estas dotados de un sistema de orientación que permitirá el apuntamiento en cualquier dirección.

La clasificación de los proyectores de acuerdo con la apertura de su haz, definida por el ángulo formado por las dos intensidades que igualan al 50 % de su intensidad máxima (I_{max}), situada en el plano que contiene el eje del haz y dicha intensidad máxima, será la siguiente:

TIPO DE HAZ	*APERTURA DEL HAZ (al 50% Imáx)*
Estrecho	*<20º*
Medio	*20º a 40º*
Ancho	*> 40 º*

Asimismo, de conformidad con la apertura del haz luminoso se distinguirán los siguientes tipos de proyectores:

- *Intensivos: apertura del haz inferior a 10º*
- *Semi-Intensivos: apertura del haz entre 10º y 20º*
- *Semi-Extensivos: apertura de haz entre 20º y 40º*
- *Extensivos: apertura del haz superior a 40º*

En función de la distribución fotométrica de la intensidad luminosa, los proyectores se podrán clasificar también en: simétricos en relación a un eje de rotación, simétricos respecto a 1 y 2 planos y, finalmente, asimétricos

En la práctica habitual los diversos tipos de proyectores se denominan en función del poder concentrante o dispersivo de su distribución fotométrica

- *Concentrantes con una apertura transversal inferior a 5 º y una intensidad punta superior a 1000 cd*
- *Semi-Dispersos: con una apertura transversal comprendida entre 10º y 30º y una intensidad punta entre 500 y 1000 cd*
- *Dispersos: con una apertura transversal superior a 30º y una intensidad punta inferior a 500 cd*

En lo que atañe a las prescripciones exigibles a los proyectores se recomiendan cumplir las siguientes:

1) *Estarán constituidos por el sistema óptico con un grado de hermeticidad recomendable IP 66, con cierre de vidrio, cuerpo de fundición inyectada, de perfiles extruidos soldados o estampación de aluminio, así como de acero inoxidable y fotometría acorde con la iluminación proyectada*
2) *Se recomienda en lo posible instalar proyectores con distribución fotométrica asimétrica instalados con el cierre de vidrio paralelo al plano iluminado.*
3) *Para el resto de distribuciones luminosas se aconseja que cuanto más concentrante resulte la distribución luminosa, mayor será el control de la luz y, por tanto, resultará más sencillo limitar el resplandor luminoso nocturno.*
4) *El flujo hemisférico superior (FHS), rendimiento (η), factor de utilización (fu), grado de protección IP y demás características para cada tipo de proyector a instalar deberán ser garantizados por el fabricante, mediante una autocertificación o certificación de un laboratorio acreditado por ENAC u organismo internacional competente*

PLC MADRID

5) *El flujo hemisférico superior instalado (FHS inst), factor de utilización (fu), y el factor de mantenimiento (f_m) deberán estar justificados en el proyecto para la solución luminotécnica adoptada.*

Condiciones para el uso eficiente de proyectores:

Una vez que se disponga de la representación gráfica (diagrama polar o cartesiano) o de la matriz de intensidades de una serie de proyectores, para una idónea eficiencia energética con limitación del resplandor luminoso nocturno y reducción de la luz intrusa, el responsable del proyecto deberá efectuar la elección del tipo de proyector a utilizar, en función de una serie de parámetros que en la práctica podrán resumirse en los siguientes:

- *La distancia entre la superficie a iluminar y los proyectores*
- *La posición de los proyectores en relación a la superficie a iluminar (desplazados lateralmente, en las esquinas, etc.)*
- *Las dimensiones y forma de la superficie a iluminar.*
- *Otras condiciones*

Distancia entre la superficie a iluminar y los proyectores

La distancia podrá estar representada, bien como la separación entre el proyector que ilumina la fachada de un edificio y la fachada propiamente dicha, o como la altura de montaje de los proyectores para iluminar una superficie como, por ejemplo, un aparcamiento.

*Cuando la distancia sea pequeña – del orden de 1 a 12 m- es decir, el proyector esté situado próximo a la fachada o instalado a baja altura sobre la superficie a iluminar, se recomienda utilizar proyectores **Dispersivos**, al objeto de repartir la iluminación sobre la mayor superficie posible con la uniformidad más elevada.*

*En el caso de que la distancia sea media – del orden de 10 a 16 m- se aconseja implantar proyectores **Semi-Dispersivos**, o si se quieren obtener niveles de iluminación elevados, se podrá asimismo combinar proyectores del tipo **Concentrantes** con proyectores **Semi- Dispersivos***

*En el supuesto de una distancia elevada o considerable (superior a 16 metros), se sugiere instalar proyectores **Concentrantes** que tendrán un valor de intensidad punta muy alto si la distancia es grande (50 m), o si la superficie a iluminar es muy pequeña en relación a la distancia que se encuentra el proyector (2m² a 25 m de distancia)*

Posición de los proyectores en relación a la superficie a iluminar

Cuando los proyectores se tengan obligatoriamente que situar en diferentes posiciones en relación a la superficie a iluminar, se recomienda utilizar distribuciones fotométricas diversas.

Si los proyectores están posicionados enfrente del edificio o de la superficie a iluminar, a una distancia mayor de 2 metros, se estima deberán implantarse proyectores con distribuciones luminosas Simétricas, bien respecto a un eje (proyectores circulares), o en relación a uno o dos planos.

Por el contrario, si los proyectores están situados muy próximos a la fachada, y además se encuentran enfrente y no descentrados respecto a la misma, se considera conveniente instalar proyectores Asimétricos, de forma que se desplace la punta de intensidad máxima lejos de la perpendicular del cierre de vidrio del proyector.

Si los proyectores están desplazados lateralmente en relación a la fachada del edificio o la superficie a iluminar, se evalúa pertinente utilizar proyectores Concentrantes con una distribución fotométrica Simétrica en relación a un eje de rotación (proyectores circulares)

Dimensiones y forma de superficie a iluminar

Si la superficie a iluminar tiene forma rectangular, con una longitud mayor que la altura de instalación, se recomienda utilizar proyectores con distribución fotométrica de tipo simétrico en relación a uno o dos planos.

Si la superficie es circular o rectangular con una altura de instalación mayor que la longitud, puede resultar idóneo instalar proyectores con una distribución fotométrica simétrica según un eje de rotación (proyectores circulares); el éxito consistirá en adaptar el haz luminoso adecuadamente a la superficie a iluminar

Para superficies de forma irregular, se deberán combinar proyectores con diferentes distribuciones fotométricas, es decir, para las zonas próximas al emplazamiento de los proyectores, se aconseja utilizar proyectores simétricos en relación a uno o dos planos, y para las zonas alejadas se sugiere implantar proyectores simétricos según un eje de rotación. (proyectores circulares).

Otras condiciones

El resplandor luminoso nocturno o contaminación luminosa así como la luz intrusa o molesta están muy relacionados con la utilización de los proyectores. El control de dicha contaminación y luz molesta, así como los métodos eficaces para reducir ambas, se corresponderá con el tipo de fotometría utilizado y con la localización y orientación de los proyectores.

En lo que incumbe al resto del tipo de distribuciones fotométricas de los proyectores, cuanto más concentrante sea la distribución luminosa, es decir, con una apertura transversal débil, mayor será el control de la luz y, en consecuencia, más sencillo de evitar o reducir el resplandor luminoso nocturno y luz intrusa debido al flujo disperso y, a mayor abundamiento, más fácil será desenfilar o desviar los rayos luminosos mediante paralúmenes.

4. EQUIPOS AUXILIARES

La potencia eléctrica máxima consumida por el conjunto del equipo auxiliar y lámpara de descarga, no superará los valores de la tabla 2.

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

POTENCIA NOMINAL DE LÁMPARA (W)	POTENCIA TOTAL DEL CONJUNTO (W)			
	SAP	HM	SBP	VM
18	--	--	23	--
35	--	--	42	--
50	62	--	--	60
55	--	--	65	--
70	84	84	--	--
80	--	--	--	92
90	--	--	112	--
100	116	116	--	--
125	--	--	--	139
135	--	--	163	--
150	171	171	--	--
180	--	--	215	--
250	277	270 (2,15A) 277 (3A)	--	270
400	435	425 (3,5A) 435 (4,6A)	--	425

La potencia eléctrica máxima consumida del conjunto equipo auxiliar y lámpara fluorescente se ajustarán a los valores admitidos por el Real Decreto 838/2002, de 2 de agosto, por el que se establecen los requisitos de eficiencia energética de los balastos de lámparas fluorescentes.

El Real Decreto 838/202 que traspone la Directiva de Balastos 2000/55CE, ha sido derogado por el Reglamento (CE) nº 245/2009 por lo que se aplica la Directiva 2005/32/CE, así como Reglamento (UE) nº 347/2010 que modifica los anexos I, II, III y IV del Reglamento 245/2009 y posteriores actualizaciones, por lo que lo establecido en éste ultimo prevalecerá sobre el anterior.

5. SISTEMAS DE ACCIONAMIENTO

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

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

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

Para el accionamiento de seguridad se necesitarán uno o varios interruptores manuales, que podrán instalarse en el circuito de potencia, puenteando los contactores, o en el de maniobra accionando directamente las bobinas de éstos.

Los sistemas de encendido en el cuadro de alumbrado utilizarán fotocélulas de precisión, relojes astronómicos o relojes astronómicos digitales. Las fotocélulas presentan la ventaja de ajustar las órdenes de encendido y apagado a la luminosidad ambiental, pero normalmente en el transcurso del tiempo pierden precisión y su mantenimiento es bastante difícil, mientras que los relojes astronómicos digitales, aun cuando tienen una gran precisión en el cálculo del orto y el ocaso y resultan de fácil mantenimiento, tienen el inconveniente de los problemas que se presentan los días de poca luminosidad, ya que no es posible corregir los horarios programados.

Cuando resulte viable, serán recomendables los sistemas de encendido centralizado que accionarán el alumbrado de una ciudad desde un puesto central –sistema de gestión centralizada-, enviando una orden de encendido y apagado a los cuadros de alumbrado de una manera sincronizada, atendiendo a un reloj central o una fotocélula patrón. Tienen la ventaja que pueden controlarse las órdenes con precisión y sincronismo, y el inconveniente que se presentan problemas cuando, por cualquier circunstancia, falla la orden de mando y no existen elementos de seguridad adicionales

Las normas de aplicación a los sistemas de accionamiento serán las siguientes

Interruptor Astronómico	*UNE–EN 60730-2-7*
Interruptor Crepuscular (célula fotoeléctrica) (si P<5 kW)	*UNE-EN 60669-2-1*

6. SISTEMAS DE REGULACIÓN DEL NIVEL LUMINOSO

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

a) balastos serie de tipo inductivo para doble nivel de potencia;

b) reguladores - estabilizadores en cabecera de línea;

c) balastos electrónicos de potencia regulable.

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

También podrán utilizarse sistemas de telegestión o gestión centralizada como sistema regulador del nivel luminoso.

Los sistemas de regulación del nivel luminoso podrán permitir la disminución del flujo emitido hasta el valor de servicio mínimo que admite la fuente de luz.

Para el establecimiento del porcentaje de ahorro energético y la elección, en cada supuesto, del sistema idóneo deberán considerarse las variaciones de tensión de la red, sus características, tipos de lámparas a implantar, etc. y en el caso de instalaciones existentes, el estado de las líneas eléctricas de alimentación de los puntos de luz, secciones, caídas de tensión, equilibrio de fases, armónicos, etc.

Con la finalidad de lograr ahorro energético en instalaciones de alumbrado ornamental de fachadas de edificios y monumentos, anuncios luminosos, espacios deportivos o culturales, áreas de trabajo exteriores, etc., se establecerán los correspondientes ciclos de funcionamiento (encendido y apagado) de dichas instalaciones, disponiendo de relojes capaces de ser programados por ciclos diarios, semanales, mensuales y anuales.

En sectores específicos con altos porcentajes de accidentalidad nocturna, zonas peatonales con riesgo significativo de criminalidad, etc., por razones de seguridad no resultara recomendable efectuar variaciones temporales o reducción de los niveles de iluminación.

Se verificará que el sistema de regulación del nivel luminoso adoptado es perfectamente compatible con el tipo de fuente de luz proyectado exigiendo, en su caso, las garantías precisas a los fabricantes tanto del sistema de regulación como de la fuente de luz.

Balastos serie tipo inductivo para doble nivel de potencia

Los balastos para doble nivel, son balastos serie de tipo inductivo a los que se ha añadido un bobinado adicional sobre un mismo núcleo magnético, de manera que pueda obtenerse la impedancia nominal para la potencia nominal de lámpara (primer nivel), y por conmutación a la conexión del bobinado adicional, una impedancia superior que da lugar a la potencia reducida en lámpara (segundo nivel).

La conmutación se lleva a cabo mediante un relé que a su vez está comandado a través de una línea de mando auxiliar, por un programador de tiempo, o un reloj calendario astronómico.

Una versión alternativa de este sistema es la denominada "sin línea de mando" en la que se ha dotado al relé de conmutación de un temporizador con retardo a la conexión de forma que, al cabo de un tiempo predeterminado a partir de la puesta en servicio del alumbrado, se conmuta automáticamente a la

posición de nivel reducido. Debe comprobarse que el sistema garantiza el cumplimiento del horario establecido

Reguladores estabilizadores en cabecera de línea

El funcionamiento del equipo estabilizador de tensión y reductor de flujo luminoso en cabecera de línea, consiste en la estabilización de la tensión de alimentación a una instalación de alumbrado exterior y también en reducir la tensión de alimentación al conjunto lámpara – balasto de forma que se consigue una reducción del flujo luminoso emitido por las lámparas de descarga.

Este sistema no permite alimentar distintos tipos de lámparas en la misma línea. En instalaciones en las que puedan existir caídas de tensión elevadas (por ejemplo las que sean muy largas) deberá evitarse la posibilidad de que las últimas luminarias se apaguen cuando se conmuta al régimen reducido. Deberá evitarse que el reencendido de la instalación ante una desconexión se produzca en régimen reducido, debiéndose realizar en todo caso en el de encendido inicial.

Balastos electrónicos de potencia regulable

El balasto electrónico de potencia regulable es un dispositivo compacto que realiza las funciones del equipo auxiliar para el funcionamiento estable de la lamapra de descarga y sustituye al balasto electromagnético, condensador y arrancador cuando sea necesario.

Lleva incorporado los elementos necesarios para efectuar de forma autónoma la reducción del flujo luminoso de la lámpara y la potencia en determinados períodos de funcionamiento del alumbrado.

7.TELEGESTIÓN

Además de su uso para el encendido, apagado y la regulación del nivel luminoso, se podrá utilizar para la gestión del alumbrado exterior un sistema de telegestion punto a punto o de cuadro de alumbrado.

Siempre que resulte viable se implantará un sistema de gestión centralizada o telegestión que facilite el mantenimiento preventivo permitiendo obtener una información fiable, completa y continua del estado de los diferentes elementos de las instalaciones de alumbrado exterior, Una vez tratada adecuadamente dicha información, previa validación de la misma, será esencial para efectuar las acciones y operaciones de mantenimiento que se estimen procedentes.

Hoy en día existen dos tipos de telegestión referentes al alumbrado exterior, una más orientada a la instalación eléctrica, también llamada Telegestión por cuadro de alumbrado y otra más enfocada en la luminaria conocida por Telegestión punto a punto.

La telegestión por cuadro de alumbrado centraliza todos sus recursos en el cuadro, por lo que se pueden gestionar todos los circuitos de un cuadro remotamente, y además el usuario puede recibir información de dichos cuadros via internet gracias a unos servidores sobre los que se descarga dicha información.

La telegestión punto a punto es algo más avanzada, y centra sus objetivos en la luminaria, de tal manera, que todas las luminarias disponen de un elemento que las gestiona. Dicho elemento, comunica con un controlador de grupo al que pertenecen un número limitado de luminarias, y éste, manda la información vía internet a unos servidores, donde se aloja toda la información del sistema, a la cual el usuario accede a través de un interfaz software.

Con este tipo de telegestión, no sólo se envían datos en un sentido, sino que además es bidireccional, ya que se puede conocer el estado de cada punto de luz en todo momento, así como enviar órdenes a dichos puntos de luz, tales como apagado, encendido, reducción de flujo, consumo en tiempo real…etc.

Es la herramienta más avanzada para la gestión de un alumbrado público existente hoy en día.

Instrucción Técnica Complementaria EA - 05
Documentación técnica, verificaciones e inspecciones

INDICE

1. DOCUMENTACIÓN TÉCNICA 2
1.1 PROYECTO 2
1.2 MEMORIA TÉCNICA DE DISEÑO (MTD) 4
2. VERIFICACIÓN E INSPECCIÓN DE LAS INSTALACIONES 5
2.1 RÉGIMEN DE VERIFICACIONES E INSPECCIONES 5
2.2 MEDICIONES 7
2.3 PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN 9
2.4 CLASIFICACIÓN DE DEFECTOS Y DEFICIENCIAS DE FUNCIONAMIENTO 10
2.4.1 Defecto y deficiencia de funcionamiento muy grave 10
2.4.2 Defecto y deficiencia de funcionamiento grave 10
2.4.3 Defecto y deficiencia de funcionamiento leve 11

PLC MADRID

1. DOCUMENTACIÓN TÉCNICA

Según lo previsto en el artículo 10 del reglamento de eficiencia de alumbrado exterior, la documentación complementaria de las instalaciones incluidas en el ámbito de aplicación del mismo contendrá los cálculos de eficiencia energética y demás requisitos establecidos en la presente instrucción técnica complementaria, en forma de proyecto o memoria técnica de diseño, según corresponda.

Tal y como se ha señalado en la interpretación de los artículos 9 y 10 del Reglamento, las instalaciones de potencia superior a 5 kW requieren proyecto redactado por técnico titulado competente, mientras que aquellos de potencia igual o inferior a 5 kW precisan memoria técnica de diseño que podrá ser redactada por instalador autorizado.

1.1 Proyecto

La redacción del proyecto deberá ser tal que permita la ejecución de las obras e instalaciones previstas por otro técnico distinto al autor del mismo.

En la memoria del proyecto se concretarán las características de todos y cada uno de los componentes y de las obras proyectadas, con especial referencia al cumplimiento del reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y a la mejora de la eficiencia y ahorro energético. Entre otros datos, se deberán incluir:

a) Los referentes al titular de la instalación.

b) Emplazamiento de la instalación.

c) Uso al que se destina.

d) Relación de luminarias, lámparas y equipos auxiliares que se prevea instalar y su potencia.

e) Factor de utilización (f_u) y de mantenimiento (f_m) de la instalación de alumbrado exterior, eficiencia de las lámparas y equipos auxiliares a utilizar (ε_L), rendimiento de la luminaria (η), flujo hemisférico superior instalado (FHS_{inst}), disposición espacial adoptada para las luminarias y, cuando proceda, la relación luminancia/iluminancia (L/E) de la instalación.

f) Régimen de funcionamiento previsto y descripción de los sistemas de accionamiento y de regulación del nivel luminoso.

g) Medidas adoptadas para la mejora de la eficiencia y ahorro energético, así como para la limitación del resplandor luminoso nocturno y reducción de la luz intrusa o molesta.

En consonancia con lo señalado anteriormente, en el apartado d) además de la lámparas deben considerarse los LED, es decir, en general se contemplarán las fuentes de luz.

Teniendo en cuenta que la relación luminancia / iluminancia (L/E) depende inicialmente de la distribución de la intensidad luminosa de las luminarias, de la geometría de la instalación, de las propiedades reflectantes de los pavimentos y de la posición del observador, a efectos comparativos se recomienda evaluar los valores de (L/E) de las distintas soluciones luminotécnicas, para una misma posición del observador e idénticos pavimentos.

En el transcurso del tiempo, dicha relación (L/E) también es función del factor de mantenimiento

Además, en el apartado e) la eficiencia de las lámparas se corresponde con la eficiencia o eficacia de las fuentes de luz, siendo recomendable incluir entre los datos a aportar, los diagramas de distribución de la intensidad luminosa de la luminaria, la matriz de intensidades y las curvas del factor de utilización

Asimismo, de acuerdo con lo dispuesto en la ITC-EA-01, en las instalaciones de alumbrado exterior, con excepción de las de alumbrado de señales y anuncios luminosos y las de alumbrado festivo y navideño, deberá incorporarse:

h) Cálculo de la eficiencia energética de la instalación, para cada una de las soluciones adoptadas.

i) Calificación energética de la instalación en función del índice de eficiencia energética (I_ε).

La memoria del proyecto se complementará con los anexos relativos a los cálculos luminotécnicos -iluminancias, luminancias con sus uniformidades y deslumbramientos, relación de entorno-, el plan de mantenimiento a llevar a cabo y los correspondientes a la determinación de los costes de explotación y mantenimiento.

De conformidad con lo dispuesto en el artículo 4 del Reglamento, el cálculo de la eficiencia energética y la calificación energética de la instalación, solamente se efectuará en las instalaciones de alumbrado vial, tanto funcional como ambiental.

En la memoria del proyecto se detallarán los datos que definan la instalación de alumbrado exterior. Se considerarán las necesidades a satisfacer y las soluciones técnicas propuestas. Se acompañarán los anexos de cálculos luminotécnicos, de eficiencia energética, calificación energética de la instalación, así como el plan de mantenimiento de la misma.

Los planos del proyecto se considera deberán ser lo suficientemente descriptivos para que puedan deducirse de ellos las mediciones que sirvan de base para las valoraciones pertinentes, y se aconseja se ajusten al tamaño normalizado.

En el pliego de condiciones del proyecto se hará la descripción de las obras y se regulará su ejecución, a cuyos efectos se recomienda consignar, expresamente o por referencia a los pliegos de prescripciones técnicas generales que resulten de aplicación, las características que hayan de reunir los materiales a emplear y ensayos a que deban someterse para la comprobación de las condiciones que han de cumplir, las normas para la elaboración de las distintas unidades de obra, las precauciones a adoptar durante la construcción y las medidas de seguridad.

Igualmente el pliego de condiciones se sugiere detalle las formas de medición y valoración de las distintas unidades de obra y las de abono de las partidas alzadas, establecerá el plazo de garantía y especificará las normas y pruebas previstas para las recepciones.

El presupuesto del proyecto contendrá los capítulos de mediciones, cuadro de precios, presupuestos parciales y generales.

Los precios de los materiales y de las unidades de obra serán el resultante de la suma de su costo real de adquisición, de forma que se pueda obtener una valoración real de la instalación en cualquier fase de la misma.

A efectos informativos se incluye al final de la presente guía un apartado adicional que recoge los criterios normalmente aceptados para la redacción de un proyecto de alumbrado

1.2 Memoria Técnica de Diseño (MTD)

En la memoria se concretarán las características de todos y cada uno de los componentes y de las obras proyectadas, con especial referencia al cumplimiento del reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y a la mejora de la eficiencia y ahorro energético. Entre otros datos, se deberán incluir:

a) Los referentes al titular de la instalación.

b) Emplazamiento de la instalación.

c) Uso al que se destina.

d) Relación de luminarias, lámparas y equipos auxiliares que se prevea instalar y su potencia.

e) Factor de utilización (f_u) y de mantenimiento ( ) de la instalación de alumbrado exterior, eficiencia de las lámparas y equipos auxiliares a utilizar (ε_L), rendimiento de la luminaria (η), flujo hemisférico superior instalado (FHS_{inst}) y disposición espacial adoptada para las luminarias.

f) Régimen de funcionamiento previsto y descripción de los sistemas de accionamiento de la instalación.

g) Medidas adoptadas para la mejora de la eficiencia y ahorro energético, así como para la limitación del resplandor luminoso nocturno y reducción de la luz intrusa o molesta.

Asimismo, de acuerdo con lo dispuesto en la ITC-EA-01, en las instalaciones de alumbrado exterior, con excepción de las de alumbrado de señales y anuncios luminosos y las de alumbrado festivo y navideño, deberá incorporarse:

h) Cálculo de la eficiencia energética de la instalación para cada una de las soluciones adoptadas.

i) Calificación energética de la instalación en función del índice de eficiencia energética ($I\varepsilon$).

La memoria técnica de diseño se complementará con los anexos relativos a los cálculos luminotécnicos de iluminancia con sus uniformidades.

En lo que respecta a los apartados d) y e), se reitera lo especificado en epígrafe 1.1 de esta ITC-EA-05 relativo al proyecto.

Asimismo, se insiste en que de acuerdo con lo establecido en el artículo 4 de este Reglamento, el cálculo de la eficiencia energética y, consecuentemente, la calificación energética de la instalación solamente se realizará en las instalaciones de alumbrado vial.

Lo recomendado en el desarrollo del punto 1.1 de esta ITC-EA-05, en lo referente a la memoria, los planos, pliego de condiciones y presupuesto, así como los criterios para la redacción del proyecto de alumbrado, tanto urbano, como entradas y travesias de ciudades, carreteras e iluminación ornamental, resulta igualmente de aplicación en la memoria técnica de diseño.

También se destaca que a diferencia del proyecto, en la memoria técnica de diseño los cálculos luminotécnicos se limitan a la iluminancia con sus uniformidades.

En la memoria técnica de diseño deberá incluirse asimismo el plan de mantenimiento de la instalación, tal y como dispone el párrafo segundo del epígrafe 3 de la ITC-EA-06, siendo recomendable incorporar los costes de explotación y mantenimiento.

Para las instalaciones de alumbrado festivo y navideño, solo será necesario incluir la información correspondiente a los apartados a), b), c) y d) anteriores, así como:

j) Porcentaje de la potencia instalada correspondiente a lámparas incandescentes convencionales

k) Anchura de la calle

l) Potencia de las lámparas incandescentes convencionales utilizadas.

m) Potencia máxima instalada, por unidad de superficie de la calle.

Dada la peculiaridad de éste tipo de instalaciones temporales, resulta suficiente con la información reseñada que, en todo caso, se ajustará a lo dispuesto en el epígrafe 7 de la ITC-EA-02.

2. VERIFICACIÓN E INSPECCIÓN DE LAS INSTALACIONES

2.1 Régimen de verificaciones e inspecciones

En virtud de lo estipulado en el artículo 13 del reglamento, se comprobará el cumplimiento de las disposiciones y requisitos de eficiencia energética establecidos en el reglamento y sus instrucciones técnicas complementarias, mediante verificaciones e inspecciones, que serán realizadas, respectivamente, por instaladores autorizados de acuerdo con el Reglamento electrotécnico para baja tensión, aprobado por Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, y por organismos de control, autorizados para este campo reglamentario según lo dispuesto en el Real Decreto 2200/1995, de 28 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de la infraestructura para la calidad y la seguridad industrial, que se indican a continuación:

a) Verificación inicial, previa a su puesta en servicio: Todas las instalaciones;

b) Inspección inicial, previa a su puesta en servicio: Las instalaciones de más de 5 kW de potencia instalada;

c) Verificaciones cada 5 años: Las instalaciones de hasta 5 kW de potencia instalada;

d) Inspecciones cada 5 años: Las instalaciones de más de 5 kW de potencia instalada.

En todos los casos se ejecutará por un instalador autorizado en baja tensión, una verificación inicial previa a la puesta en servicio de la instalación de alumbrado exterior.

Además cuando la potencia de la instalación sea superior a 5 kW se efectuará por un organismo de control una inspección inicial.

En instalaciones de potencia igual o inferior a 5 kW se realizará por instalador autorizado verificaciones periódicas (cada 5 años)

En instalaciones de potencia superior a 5 kW se llevará a cabo por organismos de control inspecciones periódicas (cada 5 años)

Es de señalar que la diferencia entre verificación e inspección radica principalmente en el agente encargado de su ejecución.

Las comprobaciones y verificaciones previas a la puesta en servicio de la instalación de alumbrado exterior comprenden dos fases: una primera denominada verificación por examen que no precisa ejecutar mediciones, y una segunda que requiere la utilización de equipos de medida específicos.

La verificación por examen está destinada a comprobar, si el material instalado es conforme con las prescripciones establecidas en el proyecto o memoria técnica de diseño, si ha sido elegido y montado

correctamente de acuerdo con los requerimientos del Reglamento y del fabricante del material y, por último, que el material y distintos componentes no presenten ningún daño visible que pueda afectar a la seguridad de la instalación.

La verificación mediante mediciones y ensayos podrá abarcar las mediciones luminotécnicas, eléctricas, y los ensayos de control de calidad de los componentes de la instalación.

La verificación de la instalación de alumbrado exterior, tanto inicial como periódica, a realizar por el instalador autorizado incluirá, al menos, la medición de la potencia eléctrica consumida por la instalación, así como la medida de la iluminancia media y uniformidad.

La inspección de las instalaciones, tanto inicial como periódica, a efectuar por organismo de control, además de las anteriores mediciones incorporará, en principio, la medida de la luminancia media, del deslumbramiento perturbador y de la relación entorno.

No obstante, cuando exista dificultad en la ejecución de las mediciones de luminancia, bien por el instrumental, trazado de la calzada (superficies libres y rectas), tipo, desgaste, grado de ensuciamiento, estado del pavimento, etc, las medidas de luminancia (cd/m²) se considera que podrán sustituirse por las mediciones de iluminancia (lux), siempre que el estudio lumínico del proyecto aporte también el cálculo de iluminancias, su resultado y distribución.

Asimismo, las mediciones del deslumbramiento perturbador (TI) y de la relación entorno (SR), se estima no será necesaria si se ha verificado durante la inspección que cumplen otros valores exigidos (luminancia, iluminancia e uniformidades) que han sido determinadas por cálculo en el proyecto, dado que son valores de referencia pero no exigidos.

A partir de las medidas anteriores se calcularán la eficiencia energética y el índice de eficiencia energética (Iε) reales de la instalación de alumbrado exterior de forma que se cumpla con los siguientes requisitos:

- *El valor de la eficiencia energética no deberá ser inferior en más de un 10 % al valor (proyectado.*
- *La calificación energética de la instalación deberá coincidir con la proyectada.*
- *Los niveles máximos de luminancia o iluminancia medias no podrán superar en más de un 20 % los niveles medios de referencia del proyecto o memoria técnica de diseño.*
- *Los niveles de uniformidad deberán alcanzar, los valores de uniformidad mínima de proyecto o memoria técnica de diseño.*

Como resultado de la verificación el instalador autorizado emitirá Certificado de Verificación en el que figurarán las mediciones realizadas y, en su caso, la relación de defectos con su clasificación (muy grave, grave, leve), así como la calificación (favorable, condicionada y negativa) de la instalación.

Como consecuencia de la inspección el organismo de control extenderá un Certificado de Inspección en el que constará además de las mediciones, en su caso, de luminancias, el mismo contenido con idéntica sistemática que el establecido en el Certificado de Verificación.

Una vez terminada la ejecución de la instalación de alumbrado exterior y efectuada la verificación inicial y, en su caso, la inspección inicial, el instalador autorizado emitirá Certificado de Instalación al que se acompañará la memoria técnica de diseño y el Certificado de Verificación y, en su caso, el proyecto y los Certificados de Dirección de Obra y de Inspección.

El Órgano competente de la Comunidad Autónoma procederá a la inscripción del Certificado de la Instalación en el registro pertinente, procediendo a diligenciar las copias correspondientes, de modo que se quede una copia y devuelva cuatro al instalador autorizado que ha ejecutado las instalaciones y que, a su vez, entrega dos copias al titular de la instalación, una de las cuales el titular la proporciona a la Compañía Distribuidora de Energía Eléctrica, requisito sin el cual dicha Compañía no podrá suministrar energía eléctrica a la instalación de alumbrado exterior.

La referida Compañía podrá realizar las comprobaciones y mediciones que considere oportunas en lo relativo al cumplimiento de las prescripciones del Reglamento Electrónico para Baja Tensión (REBT). Cuando los valores obtenidos sean inferiores o superiores a los establecidos respectivamente para el aislamiento y corrientes de fuga en la Instrucción Técnica Complementaria ITC-BT-19 del REBT, la Compañía Distribuidora de Energía Eléctrica no podrá conectar a sus redes la instalación de alumbrado exterior.

En este último caso, la Compañía Distribuidora deberá extender un Acta, suscrita también por el titular de la instalación, donde constará el resultado de las comprobaciones efectuadas. Dicha Acta se pondrá en conocimiento del Órgano Competente de la Comunidad Autónoma que determinará lo que proceda.

2.2 Mediciones

2.2.1 Una vez finalizada la instalación del alumbrado exterior se procederá a efectuar las mediciones eléctricas y luminotécnicas, con objeto de comprobar los cálculos del proyecto.

En su caso, es decir cuando se detecten defectos y deficiencias de funcionamiento de la instalación de alumbrado exterior, se procederá a su clasificación de acuerdo con lo dispuesto en el epígrafe 2.4 de esta ITC-EA-05.

En la práctica, disponer de tensión de alimentación en las instalaciones eléctricas antes de la legalización de dicha instalación resulta muy difícil, aún más cuando se exige que no tenga variaciones de tensión que afecten al flujo luminoso emitido por las lámparas. No obstante, si no existe tensión de suministro podrá utilizarse un grupo electrógeno a pesar de que el mencionado dispositivo no garantiza una tensión de alimentación que cumpla dichos requisitos.

Por todo lo anterior y con la finalidad de poder realizar adecuadamente las mediciones luminotécnicas, se podrá solicitar una autorización provisional de suministro de energía eléctrica, o realizar las mediciones una vez legalizada la instalación en lo referente exclusivamente a las prescripciones del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

En la norma UNE-EN 13201-4 se describen los métodos y condiciones de medida de las prestaciones de iluminación de las instalaciones de alumbrado.

2.2.2 La verificación de la instalación de alumbrado, tanto inicial como periódica, a realizar por el instalador autorizado, comprenderá las siguientes mediciones:

a) Potencia eléctrica consumida por la instalación. Dicha potencia se medirá mediante un analizador de potencia trifásico con una exactitud mejor que el 5%. Durante la medida de la potencia consumida, se registrará la tensión de alimentación y se tendrá en cuenta su desviación respecto a la tensión nominal, para el cálculo de la potencia de referencia utilizada en el proyecto.

b) Iluminancia media de la instalación. El valor de dicha iluminancia será el valor medio de las iluminancias medidas en los puntos de la retícula de cálculo, de acuerdo con lo establecido en la ITC-EA-07. Podrá aplicarse el método simplificado de medida de la iluminancia media, denominado de los "nueve puntos".

c) Uniformidad de la instalación. Para el cálculo de los valores de uniformidad media se tendrán en cuenta las medidas individuales realizadas para el cálculo de la iluminancia media.

2.2.3 La inspección de las instalaciones, tanto inicial como periódica, a realizar por el organismo de control, incluirá, además de las medidas descritas anteriormente, las siguientes:

a) Luminancia media de la instalación. Esta medida se realizará cuando la situación de proyecto incluya clases de alumbrado con valores de referencia para dicha magnitud.

Cuando exista dificultad en la realización de mediciones de luminancia, bien por el instrumental, trazado de la calzada (superficies libres y rectas), tipo, desgaste, grado de ensuciamiento, estado del pavimento, etc., las medidas de luminancia (cd/m²) podrán sustituirse por las medidas de iluminancia (lux), siempre que el estudio lumínico aporte también el resultado de iluminancias y su distribución.

Por tanto, de conformidad con las aclaraciones de la Subdirección General de Calidad y Seguridad Industrial del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio de 9 de Diciembre de 2009, las medidas de luminancia (cd/m2) se pueden sustituir por las medidas de iluminancia (lux), utilizando el coeficiente R (según CIE) del pavimento utilizado como elemento de conversión entre ambas magnitudes, tomando un valor de 15 cuando no se conozca el tipo de pavimento, tal y como se establece en las tablas 6 y 7 (notas 4 y 5 respectivamente) de la ITC-EA-02.

b) Deslumbramiento perturbador y relación entorno SR

La medida de estos parámetros no será necesaria si se ha verificado durante la inspección que se cumplen otros valores prescritos (luminancia, iluminancia y uniformidades), que se han determinado por cálculo en la fase de proyecto, dado que de conformidad con la ITC-EA-02 son valores de referencia pero no exigidos.

2.2.4 A partir de las medidas anteriores, se determinarán la eficiencia energética (ε) y el índice de eficiencia energética (I_ε) reales de la instalación de alumbrado exterior. El valor de la eficiencia energética (ε) no deberá ser inferior en más de un 10% al del valor (ε) proyectado y la calificación energética de la instalación (I_ε) deberá coincidir con la proyectada.

Una vez llevadas a cabo las mediciones, en resumen se deberá cumplir lo siguiente:

- *El valor de la eficiencia energética (ε) no deberá ser inferior en más de un 10% al del valor (ε) proyectado.*
- *La calificación energética de la instalación (I_ε) deberá coincidir con la proyectada.*
- *Los niveles máximos de luminancia o iluminancia media no podrán superar en más de un 20% los niveles medios de referencia establecidos en la ITC-EA-02.*
- *Los niveles de uniformidad deberán alcanzar los valores de uniformidad mínima que dispone la ITC-EA-02.*

PLC MADRID

2.3 Procedimiento de evaluación

2.3.1 Los organismos de control realizarán la inspección de las instalaciones sobre la base de las prescripciones del reglamento de eficiencia energética de alumbrado exterior y sus instrucciones técnicas complementarias y, en su caso, de lo especificado en la documentación técnica, aplicando los criterios para la clasificación de defectos que se relacionan en el apartado siguiente. La empresa instaladora, si lo estima conveniente, podrá asistir a la realización de estas inspecciones.

En las verificaciones periódicas, los instaladores autorizados se atendrán a las mediciones establecidas en el apartado anterior.

Como resultado de la inspección o verificación, el organismo de control o el instalador autorizado, según el caso, emitirá un certificado de inspección o de verificación, respectivamente, en el cual figurarán los datos de identificación de la instalación, las medidas realizadas y la posible relación de defectos, con su clasificación, y la calificación de la instalación, que podrá ser:

a) Favorable: Cuando no se determine la existencia de ningún defecto muy grave o grave. En este caso, los posibles defectos leves se anotarán para constancia del titular, con la indicación de que deberá poner los medios para subsanarlos antes de la próxima inspección; Asimismo, podrán servir de base a efectos estadísticos y de control del buen hacer de las empresas instaladoras.

b) Condicionada: Cuando se detecte la existencia de, al menos, un defecto grave o defecto leve procedente de otra inspección anterior que no se haya corregido. En este caso:

   b.1) Las instalaciones nuevas que sean objeto de esta calificación no podrán ser suministradas de energía eléctrica en tanto no se hayan corregido los defectos indicados y puedan obtener la calificación de favorable.

   b.2) A las instalaciones ya en servicio se les fijará un plazo para proceder a su corrección, que no podrá superar los 6 meses. Transcurrido dicho plazo sin haberse subsanado los defectos, el Organismo de Control deberá remitir el Certificado con la calificación negativa a la Administración pública competente.

c) Negativa: Cuando se observe, al menos, un defecto muy grave. En este caso:

   c.1) Las nuevas instalaciones no podrán entrar en servicio, en tanto no se hayan corregido los defectos indicados y puedan obtener la calificación de favorable.

   c.2) A las instalaciones ya en servicio se les emitirá Certificado negativo, que se remitirá inmediatamente a la Administración pública competente.

El procedimiento de evaluación resulta muy concreto, ya que la calificación de la instalación de alumbrado exterior en favorable, condicionada y negativa se basa en la clasificación de defectos establecida en el epígrafe 2.4. de esta ITC-EA-05

PLC MADRID

2.4 Clasificación de Defectos y Deficiencias de Funcionamiento

Los defectos y deficiencias de funcionamiento en las instalaciones de alumbrado exterior se clasificarán en muy graves, graves y leves.

2.4.1 Defecto y deficiencia de funcionamiento muy grave

Defecto y deficiencia de funcionamiento muy grave serán aquellos que afecten muy gravemente a la eficiencia energética de la instalación, resplandor luminoso nocturno y luz intrusa o molesta generada.

Sin carácter exhaustivo, se consideran, de modo expreso, defectos o deficiencias de funcionamiento muy graves, los siguientes:

a) No alcanzar injustificadamente el 75% de los valores de eficiencia energética mínima (establecidos en la ITC-EA-01 o no llegar al 75% de los valores de eficiencia energética proyectados, cuando no existan valores mínimos.

b) Superar injustificadamente en más del 50% los niveles máximos de iluminación en servicio con mantenimiento de la instalación (ITC-EA-02).

c) Carecer de sistema de regulación del nivel luminoso conforme a las condiciones establecidas en el apartado 10 de la ITC-EA-02.

d) Eludir reiteradamente el cumplimiento de los horarios de utilización de las instalaciones.

e) Incumplir en más del 15% las limitaciones del flujo hemisférico superior instalado emitido por las luminarias establecidas en la ITC-EA-03.

f) No implantar el servicio de mantenimiento.

g) La manifiesta reincidencia en defectos y deficiencias de funcionamiento graves.

2.4.2 Defecto y deficiencia de funcionamiento grave

Defecto y deficiencia de funcionamiento grave serán aquellos que perjudiquen sustancialmente a la eficiencia energética de la instalación, o supongan un incremento importante el resplandor luminoso nocturno y la luz intrusa o molesta.

Sin carácter exhaustivo, se consideran, de modo expreso, defectos o deficiencias de funcionamiento graves, los siguientes:

a) No alcanzar injustificadamente el 85% de los valores de eficiencia energética mínima (establecidos en la ITC-EA-01 o no llegar al 85% de los valores de eficiencia energética proyectados, cuando no existan valores mínimos.

b) Superar injustificadamente en más de un 30% los niveles máximos de iluminación en servicio con mantenimiento de la instalación establecidos en la ITC-EA-02.

c) Implantar un sistema de regulación del nivel luminoso inadecuado o mantenerlo averiado de manera repetida.

d) Eludir de forma reiterada, más de 10 veces durante el último año, el cumplimiento de los horarios de utilización de las instalaciones.

e) Incumplir en más del 8% las limitaciones del flujo hemisférico superior instalado emitido por las luminarias establecidas en la ITC-EA-03.

f) No adecuar las acciones de mantenimiento a las operaciones preventivas con la periodicidad necesaria, con caída sustancial del factor de mantenimiento establecido en la documentación

PLC MADRID

técnica.

g) La sucesiva reiteración en defectos y deficiencias de funcionamiento leves.

2.4.3 Defecto y deficiencia de funcionamiento leve

Defecto y deficiencia de funcionamiento leve será todo aquel que no perturbe de modo esencial la eficiencia energética de la instalación, o no genere un aumento trascendental del resplandor luminoso nocturno y de la luz intrusa o molesta.

Sin carácter exhaustivo, se consideran, de modo expreso, defectos o deficiencias de funcionamiento leves, los siguientes:

a) No alcanzar, injustificadamente, el 90 % de los valores de eficiencia energética mínima (establecidos en la ITC-EA-01 o no llegar al 90 % de los valores de eficiencia energética proyectados, cuando no existan valores mínimos.

b) Superar, injustificadamente, en más de un 15% los niveles máximos de iluminación en servicio con mantenimiento de la instalación establecidos en la ITC-EA-02.

c) Funcionamiento deficiente del sistema de regulación del nivel luminoso, con ahorro energético inferior al previsto en la documentación técnica (Proyecto o Memoria Técnica de Diseño).

d) Eludir más de 4 veces al año el cumplimiento de los horarios de utilización de las instalaciones.

e) Incumplir en más del 3% las limitaciones del flujo hemisférico superior instalado, emitido por las luminarias establecidas en la ITC-EA-03.

f) Efectuar un mantenimiento insuficiente con caída del factor de mantenimiento de la instalación.

g) Todos aquellos defectos y deficiencias de funcionamiento no calificados como graves y muy graves.

PLC MADRID

Instrucción Técnica Complementaria EA - 06
Mantenimiento de la eficiencia energética de las instalaciones

INDICE

1. GENERALIDADES 2
2. FACTOR DE MANTENIMIENTO 3
3. OPERACIONES DE MANTENIMIENTO Y SU REGISTRO 8

PLC MADRID

1. GENERALIDADES

Las características y las prestaciones de una instalación de alumbrado exterior se modifican y degradan a lo largo del tiempo. Una explotación correcta y un buen mantenimiento permitirán conservar la calidad de la instalación, asegurar el mejor funcionamiento posible y lograr una idónea eficiencia energética.

Las características fotométricas y mecánicas de una instalación de alumbrado exterior se degradarán a lo largo del tiempo debido a numerosas causas, siendo las más importantes las siguientes:

- La baja progresiva del flujo emitido por las lámparas.
- El ensuciamiento de las lámparas y del sistema óptico de la luminaria.
- El envejecimiento de los diferentes componentes del sistema óptico de las luminarias (reflector, refractor, cierre, etc.).
- El prematuro cese de funcionamiento de las lámparas.
- Los desperfectos mecánicos debidos a accidentes de tráfico, actos de vandalismo, etc.

Todas las menciones a las lámparas corresponden a las denominadas fuentes de luz que comprenden tanto las lámparas de descarga como los LED.

La peculiar implantación de las instalaciones de alumbrado exterior a la intemperie, sometidas a los agentes atmosféricos, el riesgo que supone que parte de sus elementos sean fácilmente accesibles, así como la primordial función que dichas instalaciones desempeñan en materia de seguridad vial, así como de las personas y los bienes, obligan a establecer un correcto mantenimiento de las mismas.

Por tanto, para evitar en el transcurso del tiempo la degradación de las instalaciones de alumbrado exterior, se llevará a cabo un adecuado doble mantenimiento, el denominado preventivo que establecerá una programación en el tiempo consistente en realizar sobre las instalaciones un cierto número de intervenciones sistemáticas; y el mantenimiento correctivo que comprenderá una serie de operaciones necesarias para reponer las instalaciones averiadas o que han sufrido deterioro, a un correcto estado de funcionamiento.

Cuando se efectúe adecuadamente y de forma regular el mantenimiento preventivo, las operaciones de mantenimiento correctivo serán menos frecuentes e importantes.

PLC MADRID

2. FACTOR DE MANTENIMIENTO

El factor de mantenimiento ( ) es la relación entre la iluminancia media en la zona iluminada después de un determinado período de funcionamiento de la instalación de alumbrado exterior (Iluminancia media en servicio – $E_{servicio}$), y la iluminancia media obtenida al inicio de su funcionamiento como instalación nueva (Iluminación media inicial – $E_{inicial}$).

$$f_m = \frac{E_{servicio}}{E_{inicial}} = \frac{E}{E_i}$$

El factor de mantenimiento será siempre menor que la unidad (< 1), e interesará que resulte lo más elevado posible para una frecuencia de mantenimiento lo más baja que pueda llevarse a cabo.

La adopción del factor de mantenimiento implica concretar desde el inicio de la elaboración del proyecto o memoria técnica de diseño un plan de mantenimiento, que deberá contemplar la programación de los trabajos y su frecuencia, correspondiéndose con el referido factor de mantenimiento.

El plan de mantenimiento comprenderá fundamentalmente las reposiciones masivas de lámparas y las operaciones de limpieza de luminarias con su pertinente periodicidad, así como los trabajos de inspección y mediciones eléctricas, además de las acciones de detección de averías y su reparación.

El valor del factor de mantenimiento adoptado permitirá calcular en el proyecto o memoria técnica de diseño de alumbrado la iluminancia media inicial (Ei) a la puesta en marcha de la instalación, para que la iluminancia media en servicio (E) a mantener en el transcurso del funcionamiento de la misma esté garantizada durante toda la vida de la instalación, al llevar a la práctica el plan de mantenimiento establecido. En ningún caso, la iluminancia media en servicio deberá ser inferior a (E), lo que exigirá cumplir escrupulosamente el citado plan de mantenimiento.

Por tanto, el proyecto y la memoria técnica de diseño deben considerar el factor de mantenimiento para determinar la iluminancia media inicial (Ei), lo que exige fijar previamente el plan de mantenimiento de la instalación de alumbrado exterior.

El factor de mantenimiento será función fundamentalmente de:

a) El tipo de lámpara, depreciación del flujo luminoso y su supervivencia en el transcurso del tiempo;

b) La estanqueidad del sistema óptico de la luminaria mantenida a lo largo de su funcionamiento;

c) La naturaleza y modalidad de cierre de la luminaria;

d) La calidad y frecuencia de las operaciones de mantenimiento;

e) El grado de contaminación de la zona donde se instale la luminaria.

La mención de la lámpara en el apartado a) corresponde a la denominación más amplia de la fuente de luz.

En las actuales fuentes e luz, la menor depreciación del flujo luminoso y su mayor supervivencia a lo largo del tiempo, así como los grados superiores de hermeticidad IP de la luminaria, garantizarán las prestaciones fotométricas, el buen comportamiento de los materiales a la corrosión y la obtención de un factor de mantenimiento elevado de la instalación.

El factor de mantenimiento será el producto de los factores de depreciación del flujo luminoso de las lámparas, de su supervivencia y de depreciación de la luminaria, de forma que se verificará:

$$f_m = FDFL \cdot FSL \cdot FDLU$$

Siendo:

FDFL = factor de depreciación del flujo luminoso de la lámpara.

FSL = factor de supervivencia de la lámpara.

FDLU = factor de depreciación de la luminaria.

En el caso de túneles y pasos inferiores de tráfico rodado y peatonales también se tendrá en cuenta el factor de depreciación de las superficies del recinto (FDSR), de forma que se cumplirá:

$$fm = FDFL \cdot FSL \cdot FDLU \cdot FDSR$$

Nuevamente se pone de manifiesto que la referencia a lámparas debe hacerse extensiva a fuentes de luz, que comprenden también los LED.

Los factores de depreciación y supervivencia máximos admitidos se indican en las tablas 1, 2 y 3:

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

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

Asimismo, podrán contemplarse otros tipos de fuentes de luz no incluidas en esta tabla.

De conformidad con los avances tecnológicos podrán adoptarse factores de depreciación del flujo luminoso de las fuentes de luz superiores a los establecidos en la tabla 1, de acuerdo con los datos proporcionados por los fabricantes, que deberán estar debidamente avalados por ensayos de Laboratorio Oficial acreditado por ENAC o equivalente internacional.

En el supuesto de alumbrados proyectados con LED, cuyas horas de vida son muy superiores a las utilizadas con fuentes de luz tradicionales, el factor de depreciación del flujo luminoso deberá ser cuidadosamente escogido para evitar sobredimensionamientos de las instalaciones de alumbrado exterior, que podrían ser poco rentables y escasamente eficientes.

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

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

Cuando el plan de mantenimiento de la instalación garantice la reparación de las averías de fuentes de luz en un tiempo inferior a las 72 horas desde su detección, podrá utilizarse un factor de supervivencia de las fuentes de luz (FSL) de valor 1.

En todo caso se deberá cumplir lo dispuesto en el Reglamento (CE) nº 245/2009 por el que se aplica la Directiva 2005/32/CE, así como el Reglamento (UE) nº 347/2010 que modifica los anexos I, II, III y IV del Reglamento nº 245/2009 y posteriores actualizaciones, en el que se establecen los valores mínimos de mantenimiento de flujo y de supervivencia de las lámparas de alta intensidad de descarga

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

Grado protección sistema óptico	Grado de contaminación	Intervalo de limpieza en años				
		1 año	1,5 años	2 años	2,5 años	3 años
IP 2X	Alto	0,53	0,48	0,45	0,43	0,42
	Medio	0,62	0,58	0,56	0,54	0,53
	Bajo	0,82	0,80	0,79	0,78	0,78
IP 5X	Alto	0,89	0,87	0,84	0,80	0,76
	Medio	0,90	0,88	0,86	0,84	0,82
	Bajo	0,92	0,91	0,90	0,89	0,88
IP 6X	Alto	0,91	0,90	0,88	0,85	0,83
	Medio	0,92	0,91	0,89	0,88	0,87
	Bajo	0,93	0,92	0,91	0,90	0,90
A los efectos del cálculo del factor de mantenimiento,1 año equivale a 4.000 h de funcionamiento.						

La tabla 3 anterior corresponde a la Publicación CIE 154, mientras que la nueva tabla que se propone como alternativa de la tabla 3 se considera más adecuada por estar basada en datos actualizados proporcionados por los fabricantes, que han sido incluidos en las Recomendaciones Relativas al Alumbrado de las Vías Públicas de la Asociación Francesa del Alumbrado (AFE)

Factores de depreciación de las luminarias (FDLU)

Grado protección sistema óptico	Tipo de cierre	Grado de contaminación	Intervalo de limpieza en años		
			1 año	2 años	3 años
IP 2X	------	Alto	0,53	0,45	0,42
		Medio	0,62	0,56	0,53
		Bajo	0,82	0,79	0,78
IP 55	Plástico	Alto	0,87	0,71	0,61
		Medio	0,88	0,74	0,64
		Bajo	0,92	0,80	0,71
	Vidrio	Alto	0,91	0,78	0,70
		Medio	0,92	0,81	0,72
		Bajo	0,94	0,85	0,77
IP 65	Plástico	Alto	0,89	0,76	0,66
		Medio	0,91	0,79	0,69
		Bajo	0,95	0,85	0,76
	Vidrio	Alto	0,94	0,84	0,76
		Medio	0,95	0,86	0,78
		Bajo	0,97	0,90	0,82
IP 66	Plástico	Alto	0,91	0,81	0,74
		Medio	0,92	0,83	0,76
		Bajo	0,95	0,87	0,82
	Vidrio	Alto	0,95	0,88	0,83
		Medio	0,96	0,89	0,84
		Bajo	0,97	0,93	0,90
A los efectos del cálculo del factor de mantenimiento, 1 año equivale a 4000 h de funcionamiento					

En el caso de instalaciones equipadas con luminarias tipo LED, rara vez el factor de mantenimiento supera el valor 0,85. Cualquier valor del factor de mantenimiento superior a 0,85 deberá justificarse adecuadamente.

PLOMARIO

En el caso de túneles y pasos inferiores, los factores de depreciación máximos de las superficies del recinto (FDSR) serán los establecidos en la tabla 4.

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

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

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

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

El grado de contaminación atmosférica referido en las tablas 3 y 4, corresponderá a las siguientes especificaciones:

1) Grado de contaminación alto

Existe en las proximidades actividades generadoras de humo y polvo con niveles elevados. Con frecuencia las luminarias se encuentran envueltas en penachos de humo y nubes de polvo, que comportará un ensuciamiento importante de la luminaria en un medio corrosivo y corresponderá, entre otras, a:

a) Vías de tráfico rodado de muy alta intensidad de tráfico.

b) Zonas expuestas al polvo, contaminación atmosférica elevada y, eventualmente, a compuestos corrosivos generados por la industria de producción o de transformación.

c) Sectores sometidos a la influencia marítima.

2) Grado de contaminación medio

Hay en el entorno actividades generadoras de humo y polvo con niveles moderados con intensidad de tráfico media, compuesto de vehículos ligeros y pesados, y un nivel de partículas en el ambiente igual o inferior a 600 $\mu g/m^3$, que supondrá un ensuciamiento intermedio o mediano de la luminaria y corresponderá, entre otras, a:

a) Vías urbanas o periurbanas sometidas a una intensidad de tráfico medio.

b) Zonas residenciales, de actividad u ocio, con las mismas condiciones de tráfico de vehículos.

c) Aparcamientos al aire libre de vehículos

3) Grado de contaminación bajo

Ausencia en las zonas circundantes de actividades generadoras de humo y polvo, con poca intensidad de

tráfico casi exclusivamente ligero. El nivel de partículas en el ambiente es igual o inferior a 150 μg/m3, que corresponderá, entre otras, a:

a) Vías residenciales no sometidas a un tráfico intenso de vehículos.

b) Grandes espacios no sometidos a contaminación.

c) Medio rural.

En el proyecto de alumbrado exterior, de acuerdo con los valores establecidos en las tablas 1, 2 y 3, se efectuará el cálculo del factor de mantenimiento ( ), que servirá para determinar la iluminancia media inicial (E_i) en función de los valores de iluminancia media (E) en servicio con mantenimiento de la instalación establecidos en la ITC-EA-02 (E_i = E/).

3. OPERACIONES DE MANTENIMIENTO Y SU REGISTRO

Para garantizar en el transcurso del tiempo el valor del factor de mantenimiento de la instalación, se realizarán las operaciones de reposición de lámparas y limpieza de luminarias con la periodicidad determinada por el cálculo del factor.

Las operaciones de reposición de lámparas y limpieza de luminarias corresponden al denominado mantenimiento preventivo, que deben efectuarse con una cierta periodicidad fijada por el cálculo del factor de mantenimiento.

Los trabajos de mantenimiento de las instalaciones de alumbrado exterior se pueden clasificar en preventivos y correctivos.

Corresponden al mantenimiento preventivo los siguientes trabajos:

- *Reposición masiva de lámparas.*
- *Operaciones de limpieza de luminarias.*
- *Pintura de soportes.*
- *Rondas de inspección.*
- *Mediciones eléctricas y luminotécnicas.*

En lo que se refiere al mantenimiento correctivo los trabajos a realizar son los siguientes:

- *Localización y reparación de averías.*
- *Adecuación de las instalaciones.*
- *Sustitución puntual de lámparas.*
- *Reemplazamiento de elementos de la instalación fuera de uso.*

Entre las diferentes actuaciones que convendrá llevar a cabo para efectuar un mantenimiento apropiado de las instalaciones de alumbrado exterior, será efectuar visitas o rondas nocturnas de inspección periódicas de dichas instalaciones, al objeto de detectar las lámparas que fallan o las anomalías de funcionamiento a nivel de punto de luz.

Los trabajos o rondas de inspección, así como las mediciones eléctricas y luminotécnicas se efectuarán periódicamente y entrarán dentro de las operaciones de mantenimiento preventivo de las instalaciones.

Las rondas de comprobación se ejecutarán mediante visitas nocturnas.

Se recomienda evitar en lo posible el encendido diurno de las instalaciones de alumbrado exterior para la comprobación del funcionamiento de las lámparas, al objeto de ahorrar consumo de energía.

Mediante un sistema de gestión centralizada o telegestión dotado de los tres niveles: inferior relativo al punto de luz, intermedio correspondiente a los cuadros de alumbrado y superior o de control central, podrá obtenerse una información fiable en tiempo real, y permitirá reducir sustancialmente las rondas de inspección.

Cuando la seguridad lo justifique, por ejemplo en vías de elevada intensidad de tráfico y por riesgos particulares de embotellamientos y aglomeraciones, se deberán efectuar rondas nocturnas de medición de niveles de iluminancia, con la finalidad de comprobar el estado de depreciación de las instalaciones de alumbrado exterior, y evaluar el factor de mantenimiento.

El titular de la instalación será el responsable de garantizar la ejecución del plan de mantenimiento de la instalación descrito en el proyecto o memoria técnica de diseño.

Tal y como se ha indicado en el epígrafe 1.2 de la ITC-EA-05 el plan de mantenimiento de la instalación se incluirá en el proyecto y en la memoria técnica de diseño, con la periodicidad en la reposición masiva de lámparas y limpieza de luminarias que corresponda en función del factor de mantenimiento.

Las operaciones de mantenimiento relativas a la limpieza de las luminarias y a la sustitución de lámparas averiadas podrán ser realizadas directamente por el titular de la instalación o mediante subcontratación.

Las mediciones eléctricas y luminotécnicas incluidas en el plan de mantenimiento serán realizadas por un instalador autorizado en baja tensión, que deberá llevar un registro de operaciones de mantenimiento, en el que se reflejen los resultados de las tareas realizadas.

De acuerdo con el artículo 12 de este Reglamento, el responsable del mantenimiento es el titular de la instalación, que podrá efectuar las operaciones de limpieza de luminarias y sustitución de fuentes de luz, bien directamente o mediante subcontratación.

El resto de operaciones de mantenimiento y especialmente las mediciones eléctricas y luminotécnicas incluidas en el plan de mantenimiento, serán realizadas por un mantenedor que será un instalador autorizado de conformidad con lo establecido en la Instrucción Técnica Complementaria ITC-EA-03 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT)

Asimismo, tal y como se especifica en el artículo 12 de este Reglamento, al objeto de disminuir los consumos de energía eléctrica, el titular de la instalación llevará a cabo, como mínimo una vez al año, un análisis de los consumos anuales y de su evolución, para observar las desviaciones y corregir las causas que las han motivado durante el mantenimiento periódico de la instalación.

El registro podrá realizarse en un libro u hojas de trabajo o un sistema informatizado. En cualquiera de los casos, se numerarán correlativamente las operaciones de mantenimiento de la instalación de alumbrado exterior, debiendo figurar, como mínimo, la siguiente información:

a) El titular de la instalación y la ubicación de ésta.

b) El titular del mantenimiento.

c) El número de orden de la operación de mantenimiento preventivo en la instalación.

d) El número de orden de la operación de mantenimiento correctivo.

e) La fecha de ejecución.

f) Las operaciones realizadas y el personal que las realizó.

Además, con objeto de facilitar la adopción de medidas de ahorro energético, se registrará:

a) Consumo energético anual.

b) Tiempos de encendido y apagado de los puntos de luz.

c) Medida y valoración de la energía activa y reactiva consumida, con discriminación horaria y factor de potencia,.

d) Niveles de iluminación mantenidos.

El registro de las operaciones de mantenimiento de cada instalación se hará por duplicado y se entregará una copia al titular de la instalación. Tales documentos deberán guardarse al menos durante cinco años, contados a partir de la fecha de ejecución de la correspondiente operación de mantenimiento.

PLC MADRID

Instrucción Técnica Complementaria EA - 07
Mediciones luminotécnicas en las instalaciones de alumbrado

INDICE

1. OBJETO 2
2. COMPROBACIONES ANTES DE REALIZAR LAS MEDIDAS 2
2.1 CONDICIONES DE VALIDEZ PARA LAS MEDIDAS 2
2.2 MEDIDA DE LUMINANCIAS 3
2.3 MEDIDA DE ILUMINANCIAS 4
2.4 COMPROBACIÓN DE LAS MEDICIONES LUMINOTÉCNICAS 6
3. MEDIDA DE LUMINANCIA 7
3.1 SELECCIÓN DE LA RETÍCULA DE MEDIDA 8
3.2 POSICIÓN DEL OBSERVADOR 9
3.3 ÁREA LÍMITE 10
4. MEDIDA DE ILUMINANCIA 11
4.1 SELECCIÓN DE LA RETÍCULA DE MEDIDA 11
4.2 ÁREA LÍMITE 13
4.3 MÉTODO SIMPLIFICADO DE MEDIDA DE LA ILUMINANCIA MEDIA 14
5. MEDIDA DE ILUMINANCIA EN GLORIETAS 16
6. DESLUMBRAMIENTO PERTURBADOR 17
6.1 ÁNGULO DE APANTALLAMIENTO 17
6.2 POSICIÓN DEL OBSERVADOR 18
6.3 CONTROL DE LA LIMITACIÓN DEL DESLUMBRAMIENTO EN GLORIETAS 19
7. RELACIÓN ENTORNO SR 21
7.1 NÚMERO Y POSICIÓN DE LOS PUNTOS DE CÁLCULO EN EL SENTIDO LONGITUDINAL 22
7.2 NÚMERO Y POSICIÓN DE LOS PUNTOS DE CÁLCULO EN EL SENTIDO TRANSVERSAL 22

PLC MADRID

1. OBJETO

En la presente instrucción se describen las medidas luminotécnicas correspondientes a las verificaciones e inspecciones de las instalaciones de alumbrado exterior.

2. COMPROBACIONES ANTES DE REALIZAR LAS MEDIDAS

2.1 Condiciones de validez para las medidas

a) Geometría de la instalación: los cálculos y medidas serán representativos para todas aquellas zonas que tengan la misma geometría en cuanto a:
   - Distancia entre puntos de luz;
   - Altura de montaje de los puntos de luz que intervienen en la medida;
   - Longitud del brazo, saliente e inclinación;
   - Ancho de calzada;
   - Dimensiones de arcenes, medianas, etc.

b) Tensión de alimentación: durante la medida se registrará el valor de la tensión de alimentación mediante un voltímetro registrador o, en su defecto, se realizarán medidas de la tensión de alimentación cada 30 minutos. Si se miden desviaciones o variaciones en la tensión de alimentación respecto al valor asignado de la instalación que pudieran afectar significativamente al flujo luminoso emitido por las lámparas, se aplicarán las correcciones correspondientes. En caso de utilizar sistemas de regulación de flujo, la medición se llevará a cabo con los equipos a régimen nominal.

c) Influencia de otras instalaciones: Todas las lámparas próximas a una instalación ajenas a la misma deberán apagarse en el momento de las medidas (incluidos los faros de los vehículos, en cualquiera de los sentidos de circulación).

d) Condiciones meteorológicas: Aunque las exigencias de visibilidad son análogas para todas las condiciones meteorológicas, las medidas deben realizarse con tiempo seco y con los pavimentos limpios (salvo que se diseñe para pavimentos húmedos, de modo que las condiciones visuales no se deterioren notablemente durante los intervalos lluviosos). Además, no deben ejecutarse las medidas si la atmósfera no está completamente despejada de brumas o nieblas.

Tanto para los cálculos como para las mediciones resultarán representativos para cualquier zona siempre y cuando se cumpla lo siguiente:

- *Igual separación entre puntos de luz.*
- *Misma altura de la luminaria.*
- *Idéntica longitud del brazo, saliente e inclinación.*
- *Iguales dimensiones :*
  - *Anchura de calzada.*
  - *Arcén.*
  - *Medianas.*

PLAZA MADRID

2.2 Medida de Luminancias

La medida de la luminancia media y las uniformidades deberán realizarse sobre el terreno, comparándose los resultados obtenidos en el cálculo incluido en el proyecto con los de la medida. La medida requiere un pavimento usado durante cierto tiempo, y un tramo recto de calzada de longitud aproximada de 250 m.

Además de las condiciones exigidas en la ejecución de la medida de iluminancias, que se exponen en el apartado 2.3 de esta ITC-EA-07, para efectuar la medida de luminancias resulta necesario disponer de una sección de vía de tráfico recta y horizontal suficientemente larga, sobre una calzada limpia, seca y homogénea.

Para obtener resultados significativos y representativos, las medidas de luminancias se deben ejecutar por especialistas familiarizados con la singularidad de dichas mediciones.

Cuando no se puedan cumplir las condiciones establecidas en este epígrafe 2.2, se podrá aplicar lo establecido en el punto 2.2.3 de la ITC-EA-05, en el que se señala que cuando exista dificultad en la realización de mediciones de luminancia, bien por el instrumental, trazado de la calzada (superficies libres y rectas), tipo, desgaste, grado de ensuciamiento, estado del pavimento, etc., las medidas de luminancia (cd/m2) podrán sustituirse por las mediciones de iluminancia (lux), siempre que el estudio lumínico aporte también el resultado de iluminancias y su distribución.

a) Luminancias puntuales (L)

La medida deberá hacerse con luminancímetro, con un medidor de ángulo no mayor de 2' en la vertical, y entre 6' y 20' en la horizontal.

De conformidad con las aclaraciones de la Subdirección General de Calidad y Seguridad Industrial del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio de 9 de Diciembre de 2009, estas características de ángulo son necesarias para que se pueda realizar una medida de luminancia puntual, ya que el lugar de observación donde se debe colocar el luminancímetro medidor estará situado a 60 m antes del límite anterior de la zona de medida, a 1,5 m de altura y a 1/4 del ancho de la calzada, medio desde el límite exterior en el último carril. De esta forma el punto de la calzada donde se medirá la luminancia será de unos pocos cm2.

Posteriormente y con la cuadrícula de medida establecida en el apartado 3 de la ITC-EA-07, se calculará el valor medio de la luminancia a partir de las luminancias puntuales.

Para ello, los luminancímetros deben disponer de sistemas ópticos especiales y de precisión para obtener dichos ángulos de observación, por lo cual son generalmente equipos propios de laboratorio, y su utilización no resulta adecuada para las medidas de campo que deben realizar las entidades de inspección.

Por otra parte, las entidades de inspección deberán poder realizar medidas de luminancias puntuales, con objeto de comprobar que se cumplen las condiciones de luz intrusa y molesta. Concretamente, se determina en la ITC-EA-03 la limitación de la luz molesta procedente de instalaciones de alumbrado exterior, estableciendo límites de luminancia máxima y media en fachadas de edificios, asi como para la luminancia máxima de señales y anuncios luminosos. Dichas medidas se pueden efectuar perfectamente con un luminancímetro de campo con un ángulo de medida del orden de 1º, ya que las distancias de observación son pequeñas y además las superficies luminosas medidas son de dimensiones reducidas.

Teniendo en cuenta los límites establecidos en la tabla 3 de dicha ITC-EA-03, un rango de medida entre 2 y 1000 cd/m2 sería el adecuado.

b) Luminancia media (L_m)

Para la medida de la luminancia media se utilizará un luminancímetro integrador, con limitadores de campo que correspondan a la superficie a medir: 100 m de longitud por el ancho de los carriles de circulación. El punto de observación estará situado a 60 m antes del límite anterior de la zona de medida, y el luminancímetro estará situado a 1,5 m de altura y a 1/4 del ancho de la calzada, medido desde el límite exterior en el último carril.

De acuerdo con las citadas aclaraciones de la Subdirección General del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio de 9 de Diciembre de 2009, como método alternativo a la medida puntual de luminancia se podrá realizar la medida directa de luminancia media de la zona considerada mediante un luminancímetro integrador, tal y como se define en este apartado 2.2 b) de la presente ITC-EA-07.

Un luminancímetro integrador corresponde a un luminacímetro con un ángulo superior al establecido para la medida puntual (del orden de 1º a 3º) y que realiza la medida en toda la superficie abarcada por su ángulo de medida.

Por ejemplo, un luminancímetro con un ángulo de medida de 1º colocado en el lugar de observación definido en la ITC-EA-07, abarcaría una superficie horizontal de 50 m de diámetro con lo que resultaría muy difícil ajustarla al área de medida establecida. Ello obliga, tal y como se requiere en el apartado 2.2 b) de esta ITC-EA-07 a que los instrumentos integradores dispongan de limitadores de campo que correspondan al área a medir.

Según las Recomendaciones relativas al Alumbrado de las Vías Públicas de la Asociación Francesa del Alumbrado AFE, en la elección del diagrama de abertura del luminancímetro se debe ser especialmente minucioso.

- *Una abertura rectangular de 6' de arco en anchura y de 2' de arco en altura o una abertura circular de 2' de arco de diámetro, se adaptan a las medidas de luminancias en las calzadas.*
- *Con un ángulo de inclinación del eje del luminancímetro de 1º bajo la superficie horizontal, cuando se efectúan las mediciones se tiene en cuenta una superficie de la calzada constituida por un trapecio de 15 cm de base y de 2,9 m de altura, o bien una elipse con un eje menor de 5 cm y uno mayor de 2,9 m.*

El método de referencia para comprobar la luminancia media dinámica consiste en hacer dos medidas con el luminancímetro integrador, una comenzando la zona de medida entre dos luminarias y otra coincidiendo con una de las luminarias (en el caso de una disposición tresbolillo, entre dos luminarias en diferentes carriles).

La media de estas dos medidas es una buena aproximación a la luminancia media dinámica.

2.3 Medida de Iluminancias

La medida se realizará con un iluminancímetro, también llamado luxómetro, que deberá cumplir las siguientes exigencias:

a) Deberá tener un rango de medida adecuado, acorde a los niveles a medir y estar calibrado por un laboratorio acreditado

b) Deberá disponer de corrección del coseno hasta un ángulo de 85º.

c) Tendrá corrección cromática, según CIE 69:1987 de acuerdo con la distribución espectral de las

fuentes luminosas empleadas y su respuesta se ajustará a la curva media de sensibilidad V (λ)

d) El coeficiente de error por temperatura deberá estar especificado para margen de las temperaturas de funcionamiento previstas durante su uso

e) La fotocélula de luxómetro estará montada sobre un sistema que permita que ésta se mantenga horizontal en cualquier punto de medida.

Las medidas se realizarán sobre la capa de rodadura de la calzada, en los puntos determinados en la retícula de cálculo del proyecto. Todas las luminarias que intervienen en la medida y forman parte de la instalación de alumbrado, deben estar libres de obstáculos y podrán verse desde la fotocélula.

Las retículas de cálculo y de medida, que se especifican más adelante, se ajustarán a lo dispuesto respectivamente en la Publicacion CIE -140 y en las normas UNE-EN 13201-3 y UNE-EN 13201-4, pudiendo reducirse en la cuadrícula de medida el número de puntos establecidos en la retícula de cálculo.

Una reducción de la retícula de medida, con respecto a la de cálculo, será admisible cuando no modifique los valores mínimos, máximos y medios en ± 5 %.

El luxómetro consiste a grandes rasgos en una célula fotoeléctrica conectada a un miliamperímetro analógico o digital, con la escala graduada en unidades de lux.

La medida de iluminancias es de ejecución relativamente sencilla, sin embargo debe llevarse a cabo por operadores acostumbrados a las peculiaridades de las mediciones fotométricas en instalaciones de alumbrado vial.

La medida de iluminancias para la recepción se realizará en instalaciones nuevas, entendiendo por tales aquellas que:

- *Las luminarias son nuevas y están limpias*
- *Las fuentes de luz han funcionado un determinado número de horas (100 horas para las lámparas de descarga)*

Salvo imposibilidad o singularidad justificada en el proyecto, el tramo de calzada sobre el que se va a efectuar la medida de iluminancias se elegirá en una sección horizontal y recta que responda a las características de la instalación, tales como anchura de calzada, tipo de implantación de las luminarias (separación entre puntos de luz, altura y reglaje de las fuentes de luz en el sistema óptico, longitud de brazo, saliente e inclinación), tipo de fuente de luz, potencia, etc.

Para garantizar durante la medida de iluminancias la seguridad de todos los operadores que intervienen en las mismas, así como de los usuarios habituales de la vía de tráfico objeto de las mediciones, se adoptarán todas las disposiciones que se estimen necesarias.

Para ello, en comunicación con las autoridades competentes, deberán preverse las correspondientes medios de protección (señalización, barreras, presencia, en su caso, de policía, etc) de conformidad con la reglamentación en vigor (por ejemplo, resolución municipal autorizando los trabajos de medición de las iluminancias).

Las mediciones sucesivas sobre cada punto de la retícula de medida se efectuarán de noche con tiempo claro, siguiendo el esquema de medida fijado. La fotocélula del luxómetro se situará horizontalmente a nivel de la calzada.

Antes de comenzar las mediciones se deberá esperar a que la emisión luminosa esté estabilizada, por lo que para asegurar dicha estabilización, será necesario esperar aproximadamente 60 minutos después de la puesta en tensión de las lámparas de descarga.

Cuando se realicen las mediciones será indispensable no aportar sombra sobre la célula del luxómetro, eliminando todos los obstáculos que se puedan interponer entre las luminarias y dicha célula (sombra que puede aportar el propio técnico que efectúa las mediciones, sus asistentes, espectadores eventuales, vehículos aparcados,.. etc.).

Para asegurar la fiabilidad de las mediciones, se recomienda repetir, al menos, una de ellas en idénticas condiciones, en un mismo punto.

Esta precaución permite eliminar los errores eventuales debidos a la falta de estabilidad en la alimentación eléctrica, a la carencia de funcionamiento en régimen estable de la lámpara y del propio luxómetro.

Durante la medida de iluminancias se deberán anotar, además de los resultados de las mediciones, los siguientes datos:

- *El día y la hora en la que se ejecutan las mediciones*
- *La identificación del tramo de calzada en el que se llevan a cabo dichas medidas, que se plasmará en el correspondiente plano*
- *La referencia del luxómetro utilizado en las mediciones, especificando el rango de medida y fecha de su calibración*
- *Tipo de luminaria, fuente de luz y equipo auxiliar*
- *Tensión de alimentación de los puntos de luz*

Obtenidas las mediciones de iluminancia en cada punto de la retícula de medida, la iluminancia media se calculará efectuando la media aritmética de los valores medidos en dichos puntos.

2.4 Comprobación de las Mediciones Luminotécnicas

Los valores medios de las magnitudes medidas no diferirán más de un 10% respecto a los valores de cálculo de proyecto.

Las tolerancias admitidas para la medida de iluminancias tienen en cuenta:

- *Las variaciones de las características de un sistema óptico a otro, inherentes a todas las fabricaciones industriales*
- *Las tolerancias sobre las fuentes de luz y la dispersión de las características eléctricas de los accesorios de alimentación, admitidos en fabricación para la tensión nominal.*
- *Los imponderables debidos a la propia instalación, como la tolerancia sobre la implantación de las luminarias (separación entre puntos de luz, posición de las luminarias,..etc)*
- *La imprecisión de las mediciones realizadas sobre el terreno (aparato de medida, condiciones atmosféricas, etc)*

La tolerancia del 10 % en iluminancia media no tienen en consideración lo siguiente:

- *Las eventuales variaciones de tensión de la alimentación de los puntos de luz*

- *Las diferencias comprobadas entre el proyecto o memoria técnica de diseño y la calzada donde se han realizado las mediciones de iluminancia, en lo que respecta a las dimensiones de las superficies iluminadas y, consecuentemente, a la geometría de implantación de los puntos de luz.*

En lo que atañe a las mediciones y tolerancia de las mismas en túneles y pasos inferiores, se recomienda adoptar lo dispuesto en las Recomendaciones para la Iluminación de Carreteras y Túneles del Ministerio de Fomento, así como lo señalado en la Publicación CIE 88.

De acuerdo con las citadas Recomendaciones, en lo que respecta al alumbrado vial, las tolerancias en la nivelación y separación entre puntos de luz es la siguiente:

Nivelación de los puntos de luz.

- *Verticalidad: desplome máximo un 3%.*
- *Horizontalidad: la luminaria nunca estará por debajo del plano horizontal, siendo el valor normal de inclinación 5º, pudiéndose permitir una inclinación máxima de 20º en casos especiales debidamente justificados.*

Separación entre puntos de luz.

Diferirá como máximo entre dos puntos consecutivos, en un 5% de la separación especificada en el proyecto o memoria técnica de diseño o, en su caso, en el replanteo.

3. MEDIDA DE LUMINANCIA

La luminancia en un punto de la calzada se obtiene mediante la fórmula:

$$L = \Sigma (I \cdot r/h^2),$$

donde el sumatorio (Σ) comprende todas las luminarias de la instalación considerada. Los valores de la intensidad luminosa (I) y del coeficiente de luminancia reducido (r) se obtienen por interpolación cuadrática en la matriz de intensidades de la luminaria y en la tabla de reflexión del pavimento. Por último, la variable (h) es la altura de la luminaria.

Una vez finalizada la instalación del alumbrado exterior, se procederá a efectuar las mediciones luminotécnicas, al objeto de comprobar los resultados del proyecto. La retícula de medida que se concreta más adelante es la que se utilizará en las medidas de campo. No obstante, podrán utilizarse otras retículas en el cálculo del proyecto siempre que incorporen un mayor número de puntos.

Se reitera lo indicado en el epígrafe 2.3 de esta ITC-EA-07 respecto a las cuadrículas de cálculo y de medida, que se detallarán más adelante.

La sensibilidad, corrección espectral, campo de medición, estabilidad, calibrado y el visor del luminancímetro utilizado, estarán adaptados a las condiciones específicas exigidas para el alumbrado de calzadas.

3.1 Selección de la retícula de medida

La retícula de medida es el conjunto de puntos en los que en el proyecto se calcularán los valores de luminancia. En sentido longitudinal, la retícula cubrirá el tramo de calzada comprendido entre dos luminarias consecutivas del mismo lado. En sentido transversal, deberá abarcar el ancho definido para el área de referencia (normalmente la anchura del carril de tráfico), tal y como se representa en la figura 1.

La retícula de cálculo para luminancias se ajustará a lo establecido en la Publicación CIE-140 y en la norma UNE-EN 13201-3, y los puntos de cálculo (X) deberán estar uniformemente espaciados en el campo de cálculo representado en la figura 1, longitudinalmente a una distancia (D) y transversalmente a otra (d), que cumplirán las siguientes relaciones:

a) En dirección longitudinal :

$$D = S/N$$

Para $S \leq 30$ m; $N = 10$; $D \leq 3$m

b) En dirección transversal:

$$D = a_c/n$$

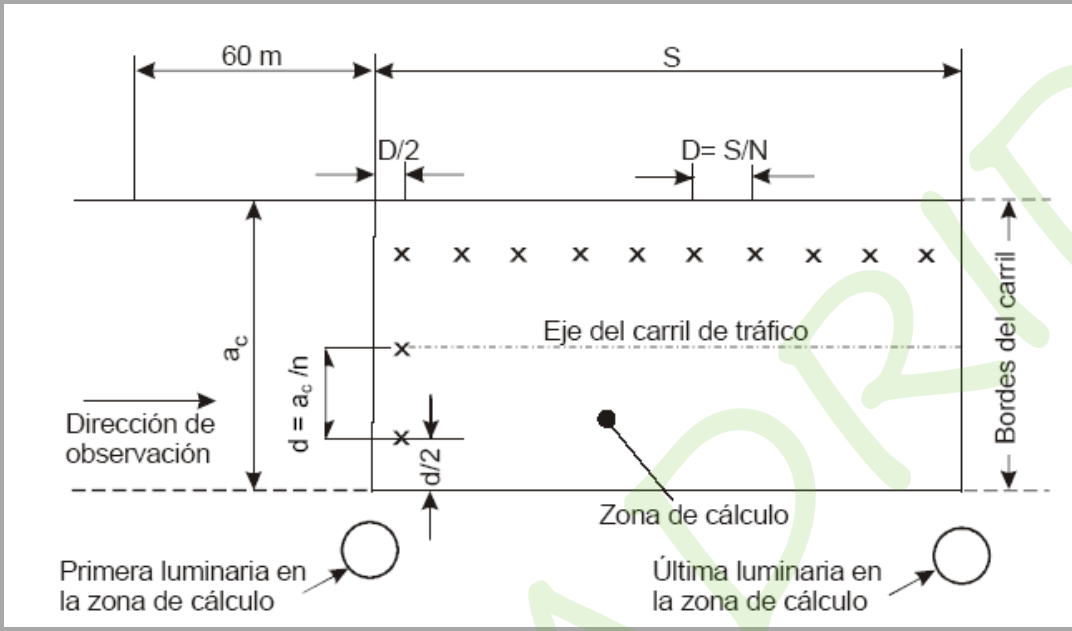
Siendo : (n) el menor número de puntos de cálculo (X) con un valor mayor o igual a 3, y es el menor número entero que da: $d \leq 1{,}5$ m

Los puntos de medida se dispondrán, uniformemente separados, como muestra la figura 1, siendo su separación longitudinal D, no superior a 5 m, y su separación transversal d, no superior a 1,5 m. El número mínimo de puntos en la dirección longitudinal N, o transversal n, será de 3.

En principio la retícula de medida será la misma que la de cálculo, aun cuando el elevado número de mediciones a realizar in-situ puede resultar impracticable a causa de limitaciones de tiempo u otras circunstancias, por lo que de acuerdo con la norma UNE-EN 13201-4, es conveniente efectuar menos mediciones, recomendando llevarlas a cabo en puntos alternos (x) de la dirección longitudinal en la retícula de cálculo, es decir, a una distancia D≤ 6 m, manteniendo la medición en los puntos (x) de la retícula de cálculo en la dirección transversal a una distancia d≤ 1,5 m. El número mínimo de puntos en la dirección longitudinal (N) o transversal (n) será de 3.

PENDIENTE

Figura 1 – Posición de los puntos de medida en un carril de tráfico.



S = separación entre dos puntos de luz, en la misma fila

X = puntos de medida de la luminancia

a_c = anchura del carril

D = distancia en la dirección longitudinal entre dos puntos de medida contiguos

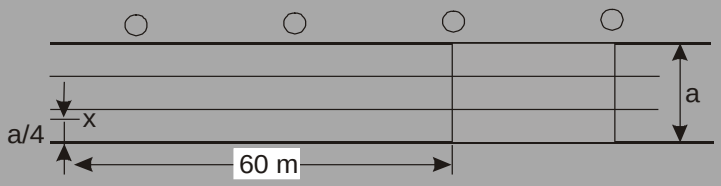
d = distancia en la dirección transversal entre dos puntos de medida contiguos

3.2 Posición del observador

El observador se colocará a 1,5 m de altura sobre la superficie de la calzada y en sentido longitudinal, a 60 m de la primera línea transversal de puntos de cálculo. En sentido transversal se situará a:

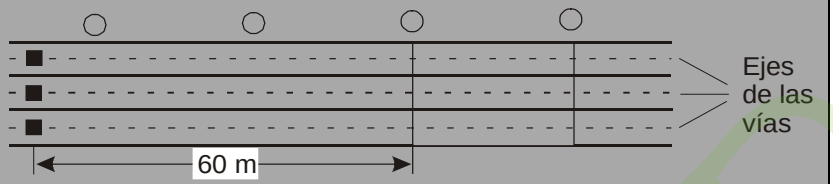
a) 1/4 de ancho total de la calzada, medido desde el borde derecho de la misma (lado opuesto al de los puntos de luz en implantación unilateral), para la medida de la luminancia media L_m y de la uniformidad global U_0 y

Figura 2 – Posición del observador para medida de Lm y U0



b) en el centro de cada uno de los carriles del sentido considerado Para la medida de la uniformidad longitudinal U_l, para cada sentido de circulación.

Figura 3 – Posiciones del observador para medida de UI



Aun cuando ha sido fijada la posición en la figura 2, de conformidad con lo dispuesto en la Publicación CIE nº 140 y en la norma UNE-EN 13201-3, para el cálculo de luminancias, se recomienda situar el observador sucesivamente en el centro de cada carril de tráfico. La luminancia media (Lm) y la uniformidad global de luminancia (Uo) se calcularán en la retícula de cálculo. Asimismo, la uniformidad longitudinal de luminancia (Ul) se calculará para la línea central de cada carril de tráfico y en el sentido de circulación.

Tal y como se ha indicado anteriormente, de acuerdo con la norma UNE-EN 13201-4, resulta conveniente realizar menos mediciones, por lo que se recomienda hacerlo únicamente para el observador con valores calculados más desfavorables en cuanto a luminancias y uniformidades.

3.3 Área límite

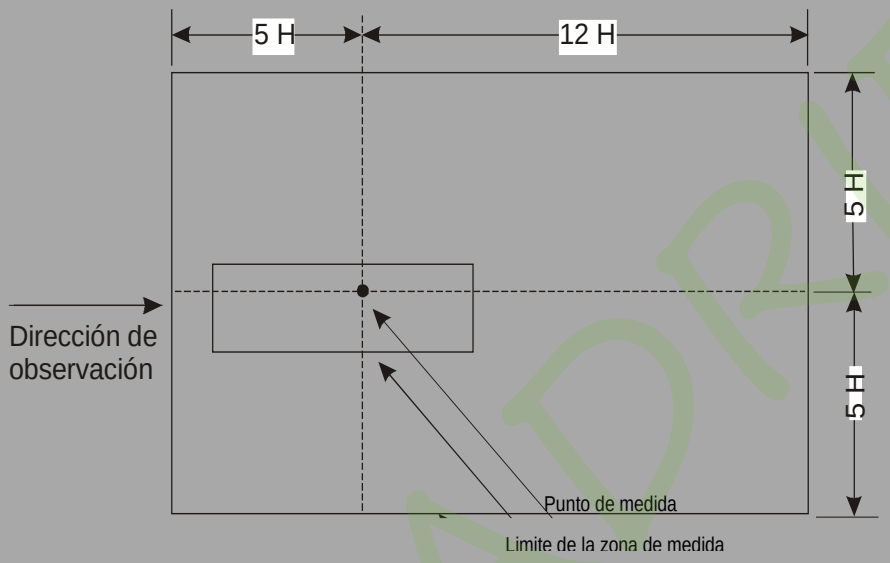
Con el fin de evitar el efecto de otras instalaciones de alumbrado en los valores medidos de luminancia de una instalación, se establece un área límite dentro de la cual, deberá apagarse durante la medida cualquier luminaria que no pertenezca a dicha instalación.

A veces no resulta posible evitar totalmente el efecto de otras instalaciones de alumbrado en los valores medidos de luminancia, no obstante, eludir el referido efecto requiere durante la medida de luminancias, eliminar o paliar al máximo la influencia de otras iluminaciones.

PLC MADRID

La figura 4 refleja el área límite citada anteriormente, siendo H la altura de montaje de las luminarias de la instalación considerada.

Figura 4 – Área límite de las luminarias que pueden contribuir a la luminancia en el punto de medida



4. MEDIDA DE ILUMINANCIA

La iluminancia horizontal en un punto de la calzada se expresa mediante:

$$E = \sum (I \cdot \cos^3 \gamma / h^2)$$

Siendo, I la intensidad luminosa, γ el ángulo formado por la dirección de incidencia en el punto con la vertical y h la altura de la luminaria. El sumatorio (Σ) comprende todas las luminarias de la instalación.

4.1 Selección de la retícula de medida

La retícula de medida es el conjunto de puntos en los que en el proyecto se calcularán los valores de iluminancia. En sentido longitudinal, la retícula cubrirá el tramo de superficie iluminada comprendido entre dos luminarias consecutivas. En sentido transversal, deberá abarcar el ancho de área aplicable, tal y como se representa en la figura 5.

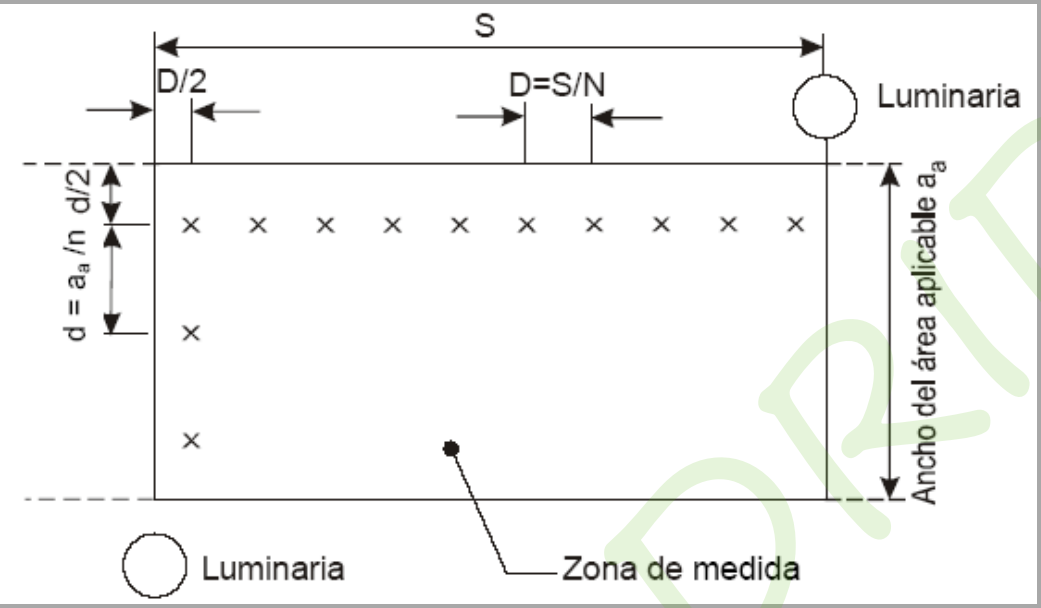
La retícula de cálculo para iluminancias será la misma que para luminancias, tal y como de conformidad con la Publicación CIE-140 y la norma UNE-EN 13201-3, se ha detallado en el epígrafe 3.1 de esta ITC-EA-07.

Los puntos de medida se dispondrán, uniformemente separados y cubriendo todo el área aplicable, como muestra la figura 5, siendo su separación longitudinal D, no superior a 3 m, y su separación transversal d, no superior a 1 m. El número mínimo de puntos en la dirección longitudinal N será de 3.

Aun cuando inicialmente la retícula de medida podría ser la misma que la de cálculo, dado el elevado número de mediciones a realizar sobre el terreno, que podría resultar impracticable a causa de limitaciones de tiempo u otras circunstancias, de conformidad a la norma UNE-EN 13201-4 se considera conveniente efectuar menos mediciones, recomendado llevarlas a cabo en puntos alternos (X) de la dirección longitudinal de la retícula de cálculo, es decir, a una distancia D ≤ 6 m, manteniendo la medición en los puntos (X) de la retícula de cálculo en la dirección transversal a una distancia d ≤ 1,5 m. El número mínimo de puntos en la dirección longitudinal (N) o transversal (n) será de 3.

PLC MADRID

Figura 5 – Puntos de medida para la iluminancia



S = separación entre dos puntos de luz consecutivos

X = puntos de medida de la iluminancia

a_a = ancho del área aplicable

n = número de puntos de medida en la dirección transversal

N = número de puntos de medida en la dirección longitudinal

D = distancia en la dirección longitudinal entre dos puntos de medida contiguos

d = distancia en la dirección transversal entre dos puntos de medida contiguos

4.2 Área límite

Con el fin de evitar el efecto de otras instalaciones de alumbrado en los valores medidos de iluminancia de una instalación, se establece un área límite dentro de la cual, deberá apagarse durante la medida, cualquier luminaria que no pertenezca a dicha instalación.

A veces no resulta factible eliminar en su totalidad el efecto de otras instalaciones de alumbrado en los valores medidos de iluminancia. Sin embargo, evitar el referido efecto implica durante la medida de iluminancias eludir o paliar al máximo la influencia de otras iluminaciones.

PLC MADRID

El área límite a considerar esta definida por una distancia al punto de medida de 5 veces la altura de montaje H de las luminarias de la instalación considerada.

4.3 Método simplificado de medida de la iluminancia media

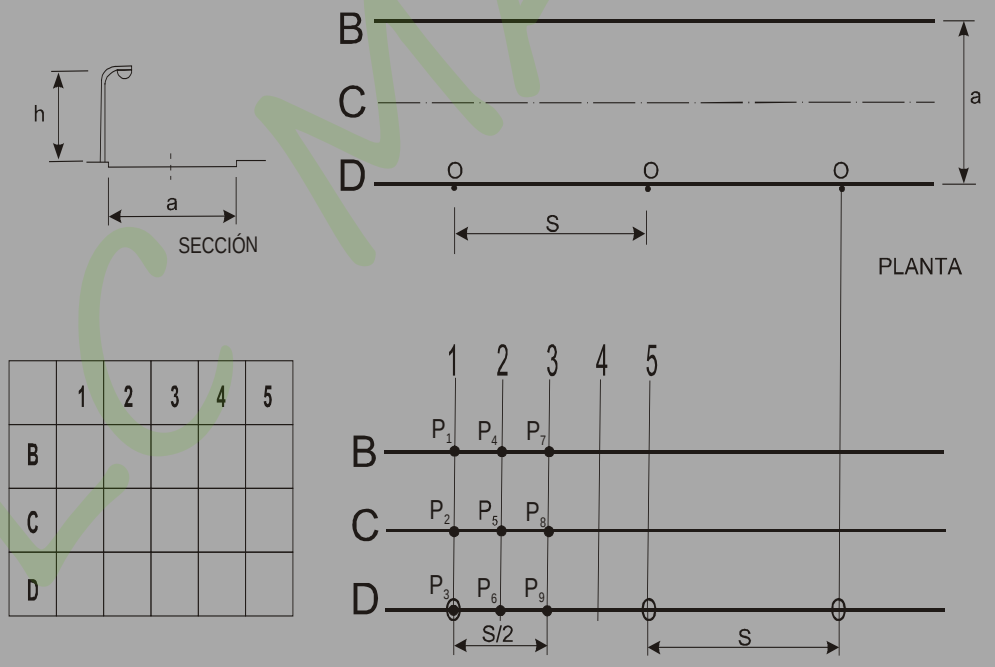
El método denominado de los "nueve puntos" permite determinar de forma simplificada, la iluminancia media (E_m), así como también las uniformidades media (U_m) y general (U_g).

Aun cuando en los epígrafes 2.3 y 4.1 de esta ITC-EA-07 se indica que las medidas de iluminancia se realicen en los puntos (X) establecidos en la retícula de medida, que podrá ser igual a la de cálculo o más reducida conforme a los dispuesto en la norma UNE-EN 13201-4, podrá utilizarse el método denominado de los "nueve puntos" que, de forma simplificada, permite obtener la iluminancia media (Em), así como también las uniformidades media (Um) y general (Ug).

A partir de la medición de la iluminancia en quince puntos de la calzada (véase fig. 6), se determinará la iluminancia media horizontal (E_m) mediante una media ponderada, de acuerdo con el denominado método de los "nueve puntos".

Mediante el luxómetro se mide la iluminancia en los quince puntos resultantes de la intersección de las abscisas B, C, D, con las ordenadas 1, 2, 3, 4 y 5, de la figura 6.

Fig. 6 - Determinación de la iluminancia media y uniformidades mediante el método de los nueve puntos.



Teniendo en cuenta una eventual inclinación de las luminarias hacia un lado u otro, se debe adoptar como medida real de la iluminancia en el punto teórico P_1 la media aritmética de las medidas obtenidas en los puntos B1 y B5 y así sucesivamente, tal y como consta en la tabla que se adjunta más adelante.

La iluminancia media es la siguiente:

$$E_m = \frac{E_1 + 2E_2 + E_3 + 2E_4 + 4E_5 + 2E_6 + E_7 + 2E_8 + E_9}{16}$$

Donde:

$E_1 = (_{B1} + B5) /2$

$E_2 = (C1 + C5) /2$

$E_3 = (D1 + D5) /2$

$E_4 = (B2 + B4) /2$

$E_5 = (C2 + C4) /2$

$E_6 = (D2 + D4) /2$

$E_7 = B3$

$E_8 = C3$

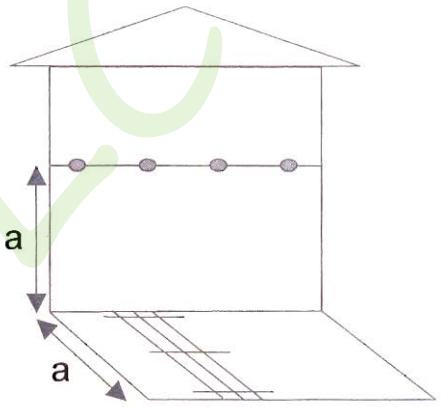
$E_9 = D3$

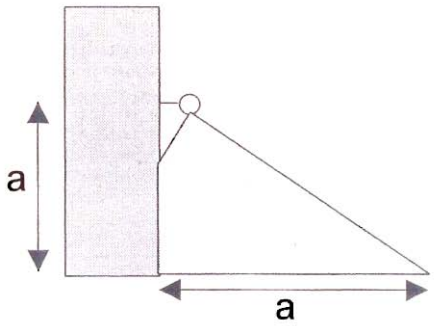
La uniformidad media (U_m) de iluminancia es el cociente entre el valor mínimo de las iluminancias E_i calculadas anteriormente y la iluminancia media (E_m).

La uniformidad general o extrema (U_g) se calcula dividiendo el valor mínimo de de las iluminancias E_i entre el valor máximo de dichas iluminancias.

Alumbrado para Vigilancia y seguridad Nocturna:

En el alumbrado para vigilancia y seguridad nocturna, la medición de la iluminancia media horizontal en las inmediaciones del edificio, se efectuará en la superficie de un rectángulo en el suelo, cuya longitud comprenderá los puntos de luz existentes en la fachada y una anchura del mismo igual a la altura de implantación de los puntos de luz en el edificio, tal y como se representa en el esquema siguiente.



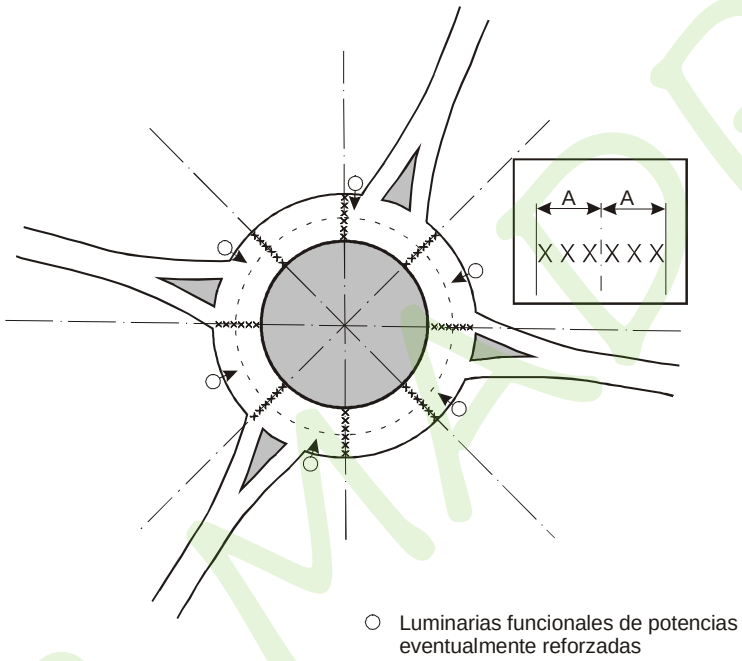


PLC MADRID

5. MEDIDA DE ILUMINANCIA EN GLORIETAS

La retícula de medida se representa en la figura 7 y parte de 8 radios que tienen su origen en el centro de la glorieta, formando un ángulo entre ellos de 45º. El origen angular de los radios se elige arbitrariamente con independencia de la implantación de las luminarias.

Figura 7 – Retícula de cálculo y mediciones en glorietas



El número de puntos de cálculo de cada uno de los 8 radios es función del número de carriles de tráfico del anillo de la glorieta, a razón de 3 puntos por carril de anchura (A), tal y como se representa en la figura 7.

El número total de puntos (n) de medición (x) de la retícula de cálculo y de medida para una glorieta con (N) carriles será: n = 8 x 3 x N

En el caso de una implantación simétrica, el número de radios a considerar se podrá reducir a 2 consecutivos, que cubran un cuarto de la glorieta.

En este caso la retícula de cálculo y de medida tiene un número total de puntos (n) de medición (X) igual a 2 x 3 x N. Esta simplificación resulta muy útil para limitar el tiempo de realización de las mediciones in situ. Sin embargo, ello implica la existencia de una simetría en la iluminación de la cuarta parte del anillo de la glorieta.

Cualquiera que sea el tipo de implantación de los puntos de luz -periférica o central-, exista simetría o no, la iluminancia media horizontal (E_m) del anillo de la glorieta será la media aritmética de las iluminancias

(E_i) calculadas o medidas en los diferentes puntos de la retícula:

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

La uniformidad media de iluminancia horizontal del citado anillo de la glorieta será el cociente entre el valor más pequeño de la iluminancia puntual (E_i) y la iluminancia media (E_m).

6. DESLUMBRAMIENTO PERTURBADOR

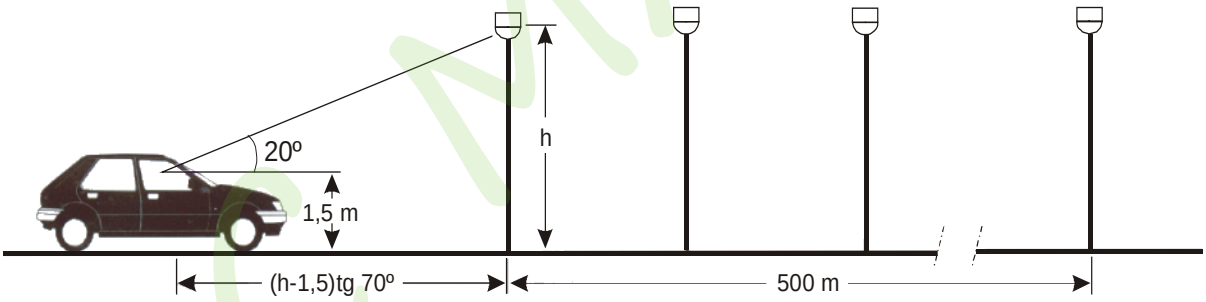
Se basa en el cálculo de la luminancia de velo:

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

donde Eg (lux) es la iluminancia producida en el ojo en un plano perpendicular a la línea de visión, y θ (grados) es el ángulo entre la dirección de incidencia de la luz en el ojo y la dirección de observación. El sumatorio (Σ) está extendido a todas las luminarias de la instalación.

Se considera que contribuyen al deslumbramiento perturbador todas las luminarias que se encuentren a menos de 500 m de distancia del observador (véase fig. 8).

Figura 8 – Luminancia que se tiene en cuenta para el cálculo del deslumbramiento perturbador



Para el cálculo de la luminancia de velo para cada hilera de luminarias, se comienza por la más cercana, alejándose progresivamente y acumulando las luminancias de velo producidas por cada una de ellas, hasta que su contribución individual sea inferior al 2% de la acumulada, y como máximo hasta las luminarias situadas a 500 m del observador. Finalmente, se sumarán las luminancias de velo de todas las hileras de luminarias.

El incremento del umbral de percepción se calcula según la expresión:

$$TI = 65 \cdot \frac{L_v}{(L_m)^{0,8}} \ (en\ \%)$$

que es una fórmula válida para luminancias medias de calzada (L_m) entre 0,05 y 5 cd/m².

6.1 Ángulo de apantallamiento

A efectos de cálculo del deslumbramiento perturbador en alumbrado vial, no se considerarán las luminarias cuya dirección de observación forme un ángulo mayor de 20° con la línea de visión, ya que se

suponen apantalladas por el techo del vehículo, tal y como se representa en la figura 8.

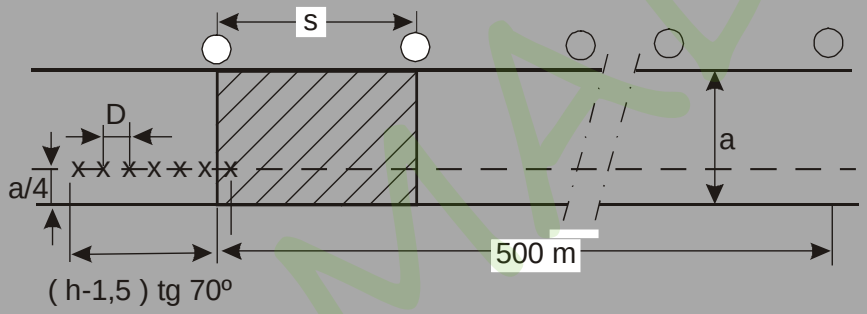
6.2 Posición del observador

La posición del observador se definirá tanto en altura como en dirección longitudinal y transversal a la dirección de las luminarias:

a) El observador se colocará a 1,5 m de altura sobre la superficie de la calzada
b) en dirección longitudinal, de forma tal que la luminaria más cercana a considerar se encuentre formando exactamente 20° con la línea de visión, es decir a una distancia igual a (h-1,5) tg 70º. En el caso de disposiciones al tresbolillo, se efectuarán dos cálculos diferentes (con la primera luminaria de cada lado formando 20°) y se considerará para los cálculos, el mayor valor de los dos.
c) En dirección transversal se situará a 1/4 de ancho total de la calzada, medido desde el borde derecho de la misma.

A partir de esta posición se calcula la suma de las luminancias de velo producidas por la primera luminaria en la dirección de observación y las luminarias siguientes hasta una distancia de 500 m.

Figura 9 – Posiciones del observador para el cálculo del deslumbramiento perturbador



◯ Luminarias a tener en cuenta para el cálculo de L_v
x Posiciones del observador

En consonancia con lo señalado en las Publicaciones de la Comisión Internacional de Iluminación CIE nº 132 y 140, así como en las Recomendaciones relativas al Alumbrado de las Vías Públicas de la Asociación Francesa de Iluminación AFE, y de conformidad con lo dispuesto en la norma UNE-EN 13201-3 se recomienda tener en cuenta las consideraciones que se desarrollan a continuación:

- *A partir de esta posición se calcula la suma de las luminancias de velo producidas por la primera luminaria en la dirección de observación y las luminarias siguientes hasta una distancia de 500 m del observador, pero se para cuando la luminaria contribuye en menos de 2% del total de la luminancia de velo de las luminarias precedentes de la hilera.*
- *Por tanto, el cálculo de la luminancia de velo debe comenzarse con el observador situado encima de la posición inicial a una distancia (h-1,5) tg 70º de la primera luminaria, y se repite moviéndose el observador hacia adelante en incrementos de espacios iguales en distancia (D) y número, que los utilizados para el espaciado longitudinal de la retícula de cálculo utilizada en el cálculo de luminancias (figura 9).*
- *El valor máximo de la luminancia de velo obtenida sobre el eje longitudinal de medida para las posiciones del observador, se utiliza para determinar el incremento de umbral TI.*

PLAZO MADRID

6.3 Control de la limitación del deslumbramiento en glorietas

En el caso de glorietas no se puede evaluar el deslumbramiento perturbador (incremento de umbral TI), dado que el anillo de una rotonda no es un tramo recto de longitud suficiente para poder situar al observador y medir luminancias en la calzada.

El índice GR puede utilizarse igual que se aplica en la iluminación de otras instalaciones de alumbrado de la ITC-EA-02.

Conviene definir una o varias posiciones del conductor de un vehículo que circula por una vía que afluye a la glorieta en posición lejana y próxima, incluso en el propio anillo.

Preferentemente se considerarán dos posiciones de observación representadas en las figuras 10 y 11, con una altura de observación de 1,50 m.

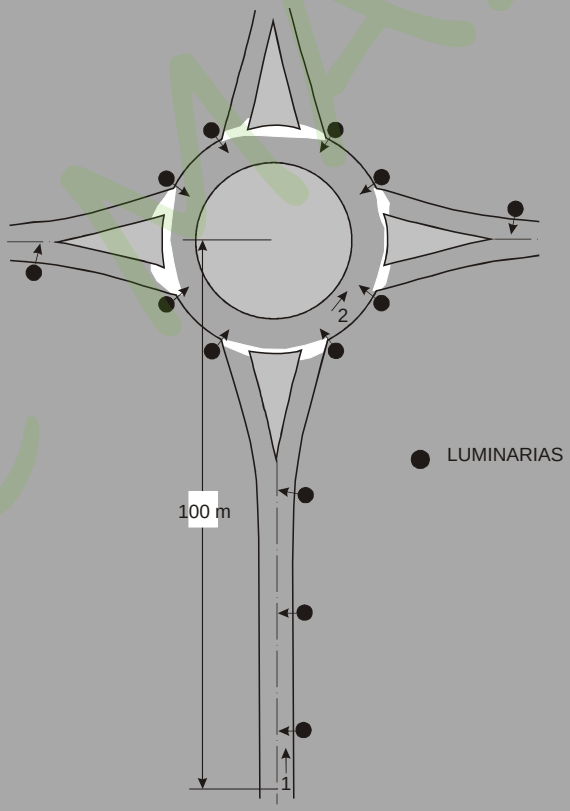
- Posición 1

Sobre una vía de tráfico que afluye a la glorieta, y el observador mirando el centro de la isleta.

- Posición 2

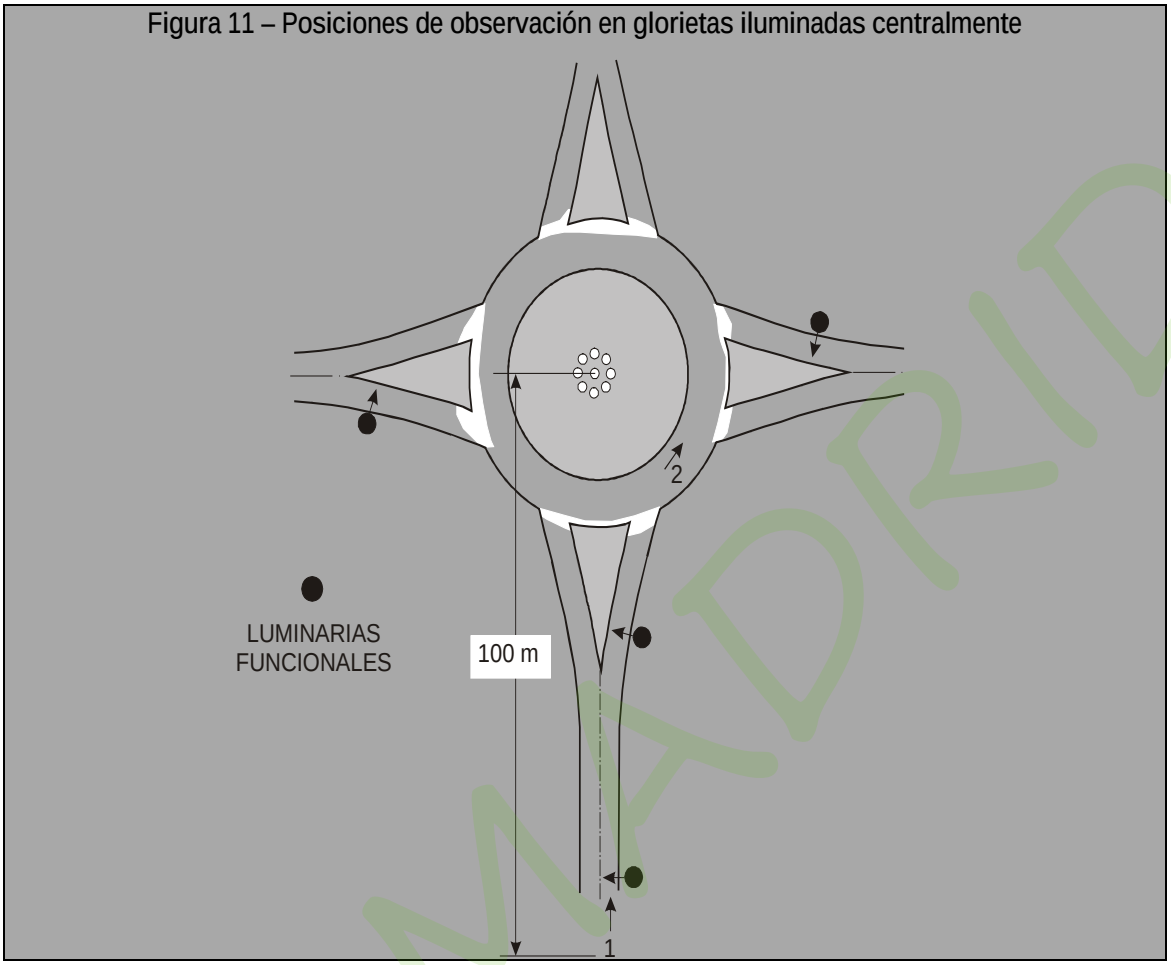
Sobre el anillo que rodea la isleta central, con dirección de la mirada tangencial al anillo.

Figura 10 – Posiciones de observación en glorietas iluminadas perimetralmente



PLC MADRID

Figura 11 – Posiciones de observación en glorietas iluminadas centralmente



El cálculo se aplicará igual, tanto para la implantación periférica como central, y se ajustará al valor establecido en el epígrafe 3.7 de la ITC-EA-02.

Se tendrá en cuenta lo señalado en la Publicación CIE-112 y en el apartado 8.3 de la ITC-EA-02.

PLC MADRID

7. RELACIÓN ENTORNO SR

Para calcular la relación entorno (SR), es necesario definir 4 zonas de cálculo de forma rectangular situadas a ambos lados de los dos bordes de la calzada, tal y como se representa en la figura 12.

Figura 12 – Definición de las 4 zonas de cálculo utilizadas para la determinación de la relación entorno (SR).

A cada lado de la calzada, se calcula la 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. La relación entorno SR es la más pequeña de las dos relaciones.

La anchura (A_{SR}) de cada una de las zonas de cálculo se tomará como 5 m o la mitad de la anchura de la calzada, si ésta es inferior a 10 m..

Si los bordes de la calzada están obstruidos, se limitará el cálculo a la parte de los bordes que están despejados.

En presencia, por ejemplo, de una banda de parada de urgencia, o de un arcén que bordea la calzada, se tomará para (A_{SR}) la anchura de este espacio.

La longitud de las zonas de cálculo de la relación entorno (SR) es igual a la separación (S) entre puntos de luz.

PLC MADRID

7.1 Número y posición de los puntos de cálculo en el sentido longitudinal

El número (N) de puntos de cálculo y la separación (D) entre dos puntos sucesivos, se determinan de igual forma a la establecida para el cálculo de luminancias e iluminancias de la calzada.

Los puntos exteriores de la malla están separados, respecto a los bordes de la zona de cálculo, por una distancia (D/2) en el sentido transversal.

7.2 Número y posición de los puntos de cálculo en el sentido transversal

En número de puntos de cálculo será n=3 si A_{SR} > 2,5 m y n=1 en caso contrario. La separación (d) entre dos puntos sucesivos, se calculará en función la anchura (A_{SR}) de la zona de cálculo, como:

$$d = 2\,\frac{A_{SR}}{n}$$

Las líneas transversales extremas de los puntos de cálculo estarán separadas una distancia (d/2), de la primera y última luminaria, respectivamente.

En consonancia con los establecido en el epígrafe 2.2.3 de la ITC-EA-05, la medida de deslumbramiento perturbador (TI) y relación entorno (SR) no será necesaria si se ha verificado durante la inspección que se cumplen otros valores prescritos (luminancia, iluminancia y uniformidades), que se han determinado por cálculo en la fase de proyecto, dado que, de conformidad con la ITC-EA-02 son valores de referencia pero no exigidos.

PLC MADRID

ANEXO – I

EJEMPLOS DE APLICACIÓN DEL REGLAMENTO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ALUMBRADO EXTERIOR

ÍNDICE

EJEMPLO 1: ALUMBRADO VIAL FUNCIONAL CON ACERAS ILUMINADAS POR EL MISMO ALUMBRADO DE LA CALZADA 3

EJEMPLO2: ALUMBRADO VIAL AMBIENTAL DE UN PASEO PEATONAL ILUMINADO EN TRESBOLILLO..... 7

EJEMPLO 3: ALUMBRADO VIAL AMBIENTAL Y VIAL FUNCIONAL: 12

EJEMPLO 4: ALUMBRADO VIAL AMBIENTAL COMO REFUERZO DE LA ILUMINACIÓN DE ACERAS ILUMINADAS PARCIALMENTE POR EL ALUMBRADO FUNCIONAL DE LA CALZADA ADYACENTE. 17

PLC MADRID

En el presente Anexo se incluyen diferentes ejemplos de aplicación del reglamento, en particular en lo relativo al cálculo de la eficiencia energética de la instalación y de su clasificación energética.

Se incluyen ejemplos que pretenden clarificar diferentes situaciones de proyecto en las que pueden existir diferentes clasificaciones en una misma instalación.

Así se describen cuatro ejemplos:

Ejemplo 1 – Alumbrado vial funcional en disposición tresbolillo de una vía de 7 m de anchura con aceras de 2,5 m a ambos lados, iluminadas por el mismo alumbrado que la calzada.

Ejemplo 2 – Alumbrado vial ambiental en disposición tresbolillo de un paseo peatonal de 6 m de anchura.

Ejemplo 3 – Alumbrado vial funcional y vial ambiental en disposición tresbolillo, de una sección formada por dos vías de circulación de 7 m de anchura, y un bulevar de 5 m de anchura y 3 m de zona verde a cada lado, que las separa. Ambas calzadas disponen de acera de 2 m de anchura y una de ellas además incluye un aparcamiento a lo largo de la calzada de 2,5 m de anchura.

Ejemplo 4 – Alumbrado vial ambiental como refuerzo de la iluminación de aceras de 5 m de anchura, iluminadas parcialmente por el alumbrado vial funcional de la calzada adyacente de 7 m de anchura.

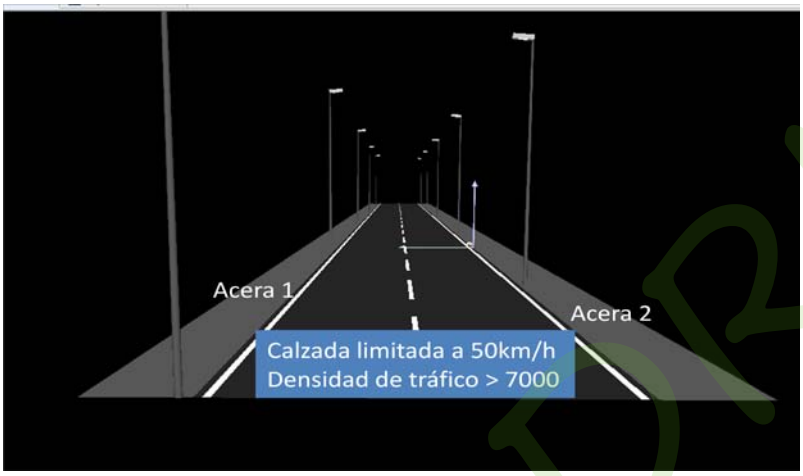
En todos los ejemplos de cálculo se tendrán en cuenta los siguientes aspectos, de forma que la sistemática utilizada sea la misma en todos los casos:

1. Clasificar el tipo de vía que se quiere iluminar, según se indica en la ITC-EA-02.
2. Cálculo del alumbrado (valores de luminancia o iluminancia, uniformidad, incremento de umbral (TI) y relación de entorno (SR)) y comprobación de forma que se cumplan los parámetros luminotécnicos recomendados en dicha ITC-EA-02: Luminancia, iluminancia, uniformidades, incremento umbral (TI) y Relación entorno (SR).
3. Comprobación de que los valores de luminancia o iluminancia no superan el 20% de los valores de referencia, indicados en la ITC-EA-02 y que se verifican los valores mínimos de uniformidad.
4. Cálculo del valor de eficiencia energética de la instalación ε (m^2.lux/W) y comprobación de que supera el valor mínimo requerido para el nivel de iluminación alcanzado.
5. Cálculo del índice de eficiencia energética I_ε y del índice de consumo energético (ICE) para clasificar energéticamente la instalación y determinación de su calificación energética (letras A a G)

PLC MADRID

Ejemplo 1: Alumbrado vial funcional con aceras iluminadas por el mismo alumbrado de la calzada

Supongamos que vamos a iluminar una vía de 7 metros de anchura con dos carriles y con acera a ambos lados de 2,5 metros de anchura, cuya velocidad está limitada a 50 km/h y con una intensidad media diaria (IMD) de tráfico superior a 7.000 vehículos.



1. Se selecciona de las tablas 1, 2 y 6 de la ITC-EA-02, la situación de proyecto:

Tabla 1: Clasificación de la vía de circulación: B al estar limitada la velocidad a 50 km/h.
Tabla 2: Situación de proyecto: B1, considerando como vía distribuidora local o acceso a zonas residenciales y fincas; al ser la IMD>7.000 vehículos, la clase de alumbrado indicada se considera ME2/ME3c y según lo indicado en la GUIA-ITC-EA-02, es recomendable seleccionar el que corresponda al valor más crítico, es decir ME2.

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

Clase de Alumbrado	Luminancia de la superficie de la calzada en condiciones secas			Deslumbramiento Perturbador	Iluminación de alrededores
	Luminancia [4] Media L_m (cd/m²)[1]	Uniformidad Global U_o *[mínima]*	Uniformidad Longitudinal $U_\square$ *[mínima]*	Incremento Umbral *TI* (%)[2] *[máximo]*	Relación Entorno *SR* [3] *[mínima]*
ME1	2,00	0,40	0,70	10	0,50
ME2	1,50	0,40	0,70	10	0,50
ME3a	1,00	0,40	0,70	15	0,50
ME3b	1,00	0,40	0,60	15	0,50
ME3c	1,00	0,40	0,50	15	0,50
ME4a	0,75	0,40	0,60	15	0,50

Tabla 6: para la clase de alumbrado ME2 corresponden los valores siguientes:
L_m = 1,5 cd/m²
U_o = 0.4
U_l = 0,7
TI < 10%
SR > 0.5

Para las aceras se adopta una clase de alumbrado S1 con los siguientes niveles, especificados en la Tabla 8:

E_m= 15 lux;
E_{min}= 5 lux;
$U_m=E_{min}/E_m$= 3,33

2. Para realizar los cálculos de iluminación en proyecto se deberán realizar cálculos independientes para la calzada y para las aceras, puesto que los niveles a conseguir son distintos.

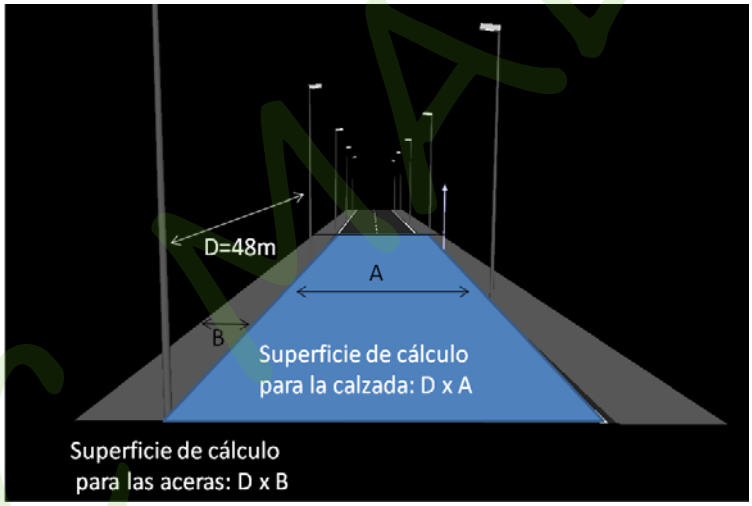
Para este vial calculamos los niveles de iluminación con la siguiente disposición:

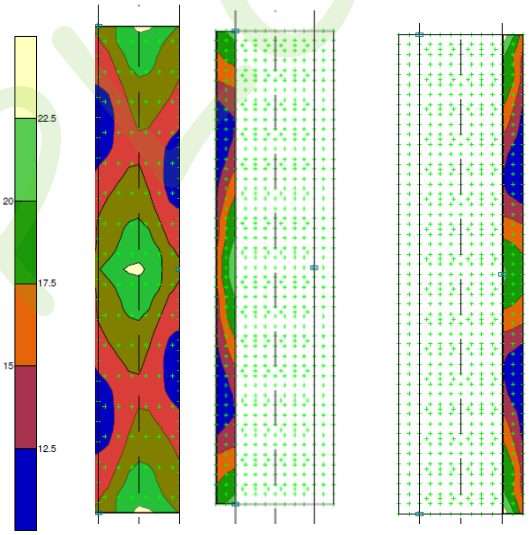
Luminaria IP55 equipada con Lámpara VSAP tubular de 150W

Disposición de las luminarias: "Tresbolillo", interdistancia entre luminarias de la misma fila: D=48m

Altura de montaje de la luminaria H= 9 m

Factor de mantenimiento: f_m = 0,7, que puede obtenerse con una reposición de lámparas de VSAP cada 3 años - 12000 h (FDSL=0,90 y FSL=0,89, según tablas 1 y 2 de la ITC-EA-06) y una limpieza de la luminaria cada 3 años en zona con grado de contaminación bajo (FDLU=0,88, según la tabla 3 de la ITC-EA-06)





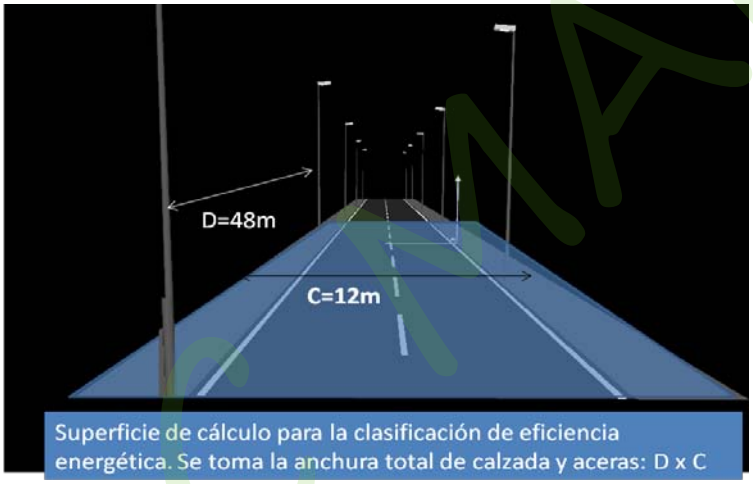
En estas condiciones y con la luminaria seleccionada, los niveles alcanzados son:

Superficie	Iluminancia/Luminancia media	Uniformidad global Min/Med	Uniformidad longitudinal
Calzada	22,5 lux/ 1,52cd/m2	0,48	0,72
Acera 1	15,4 lux	0,68	
Acera 2	15,3 lux	0,69	

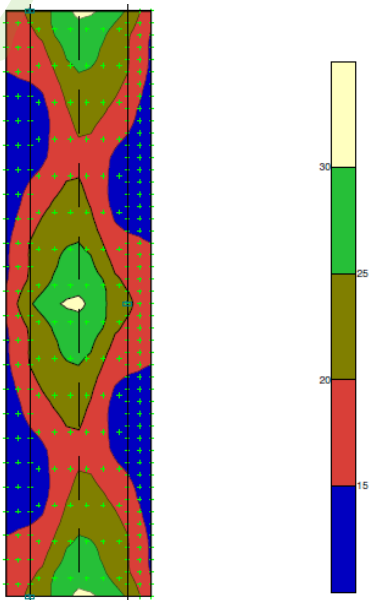
3. Se cumple, tanto para la calzada como para las aceras, que los niveles calculados no superan en más del 20% los niveles establecidos en el ITC-EA-02.

4. Cálculo del valor de eficiencia energética

Como en este ejemplo la iluminación de las aceras se consigue mediante las mismas luminarias con los que se está iluminando la calzada, para el cálculo de la eficacia energética se deberá considerar una superficie de cálculo determinada por la sección total: C(calzada + aceras)=12 m y una longitud determinada por la interdistancia de dos luminarias del mismo lado: D=48 m, es decir, para una superficie de S= 12 x 48= 576 m^2, se obtienen unos valores de E_m = 18,7 lux; Uniformidad min/med = 0,56.



Superficie de cálculo para la clasificación de eficiencia energética. Se toma la anchura total de calzada y aceras: D x C



El valor de eficiencia energética para el vial estudiado, usando los datos del proyecto y la potencia total de las luminarias y los equipos asociados de 2 x 169 W porque, al ser una distribución al "tresbolillo", se toma la potencia total de la luminaria que queda en medio de la superficie y ½ de cada una de las que quedan en el extremo de la superficie de cálculo.

Aplicando la fórmula de la eficiencia energética se obtiene:

El valor de eficiencia energética mínima a alcanzar se obtiene interpolando en la tabla 1 de la ITC-EA-01 para la iluminancia media en servicio calculada de 18,7 lux, obteniéndose un valor de eficiencia energética mínima de 16,85 (m^2.lux/W).

Se comprueba que el valor obtenido en la instalación es superior al valor mínimo anterior

$$\varepsilon = 31,87 > 16,85 \text{ (Funcional)} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

5. Cálculo del índice de eficiencia energética y del índice de consumo energético que nos permitan clasificar energéticamente la instalación,

En primer lugar, se debe obtener el nivel de eficiencia energética de referencia correspondiente al alumbrado vial funcional, interpolando en la tabla 3 de la ITC-EA-01, obteniéndose el valor de referencia 25,22 (m^2.lux/W).

Aplicando las formulas, se obtienen los índices correspondientes:

Tabla 4 – Calificación energética para alumbrado vial.

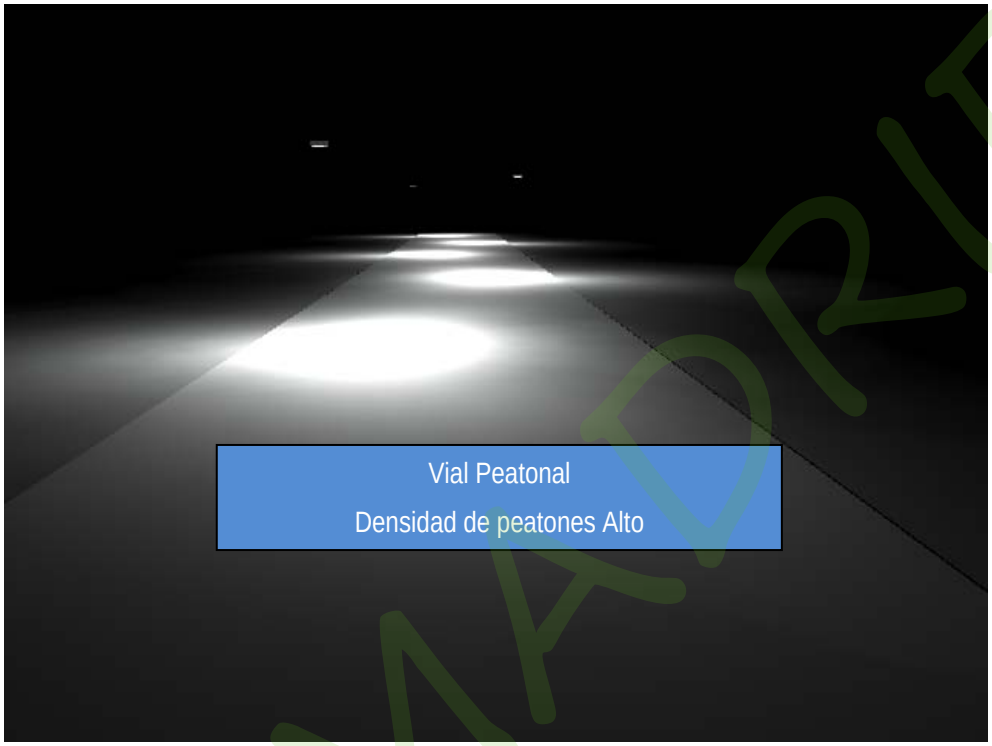
Calificación Energética	Índice de consumo energético	Índice de Eficiencia Energética
A	ICE < 0,91	$I\varepsilon > 1,1$
B	0,91 ≤ ICE < 1,09	$1,1 \geq I\varepsilon > 0,92$
C	1,09 ≤ ICE < 1,35	$0,92 \geq I\varepsilon > 0,74$
D	1,35 ≤ ICE < 1,79	$0,74 \geq I\varepsilon > 0,56$
E	1,79 ≤ ICE < 2,63	$0,56 \geq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

Por lo tanto, según la Tabla 4 de la ITC-EA-01, la clasificación energética de la instalación es A

PLC MADRID

Ejemplo2: Alumbrado vial ambiental de un paseo peatonal iluminado en tresbolillo

Supongamos que vamos a iluminar una vía exclusivamente dedicada al uso peatonal de 6m de anchura, situada en un área comercial peatonal con un flujo de tráfico de peatones alto.



1. Se selecciona de las tablas 1, 2 y 8 de la ITC-EA-02, la situación de proyecto:

Tabla 1: Clasificación de la vía de circulación: E
Tabla 2: Situación de proyecto: E1, considerando como área comercial peatonal con flujo de tráfico de peatones alto, la clase de alumbrado indicada se considera CE1A/CE2/S1 y seleccionando la clase de alumbrado S1 por las condiciones particulares de proyecto.

Clase de Alumbrado(4)	Iluminancia horizontal en el área de la calzada	
	Iluminancia Media E_m (lux)(1)	Iluminancia mínima E_{min} (lux)(4)
S1	15	5
S2	10	3
S3	7,5	1,5
S4	5	1

Tabla 8: para la clase de alumbrado S1 corresponden los valores siguientes:
E_m= 15 lux;
E_{min}= 5 lux;
$U_m=E_{min}/E_m$= 3,33

2. Para efectuar los cálculos de iluminación en proyecto se deberán realizar cálculos lumínicos para la superficie en estudio, buscando el nivel requerido como clase S1.

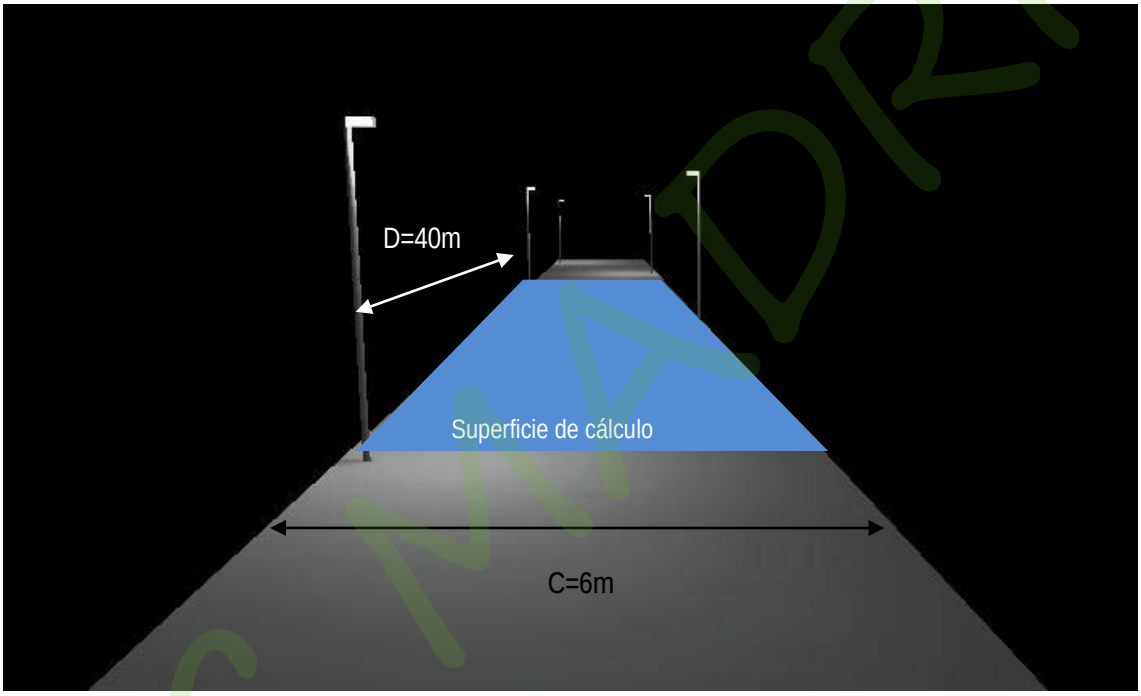
Para este vial calculamos los niveles de iluminación con la siguiente disposición:

Luminaria IP 55 equipada con Lámpara VSAP 70W-TUBULAR

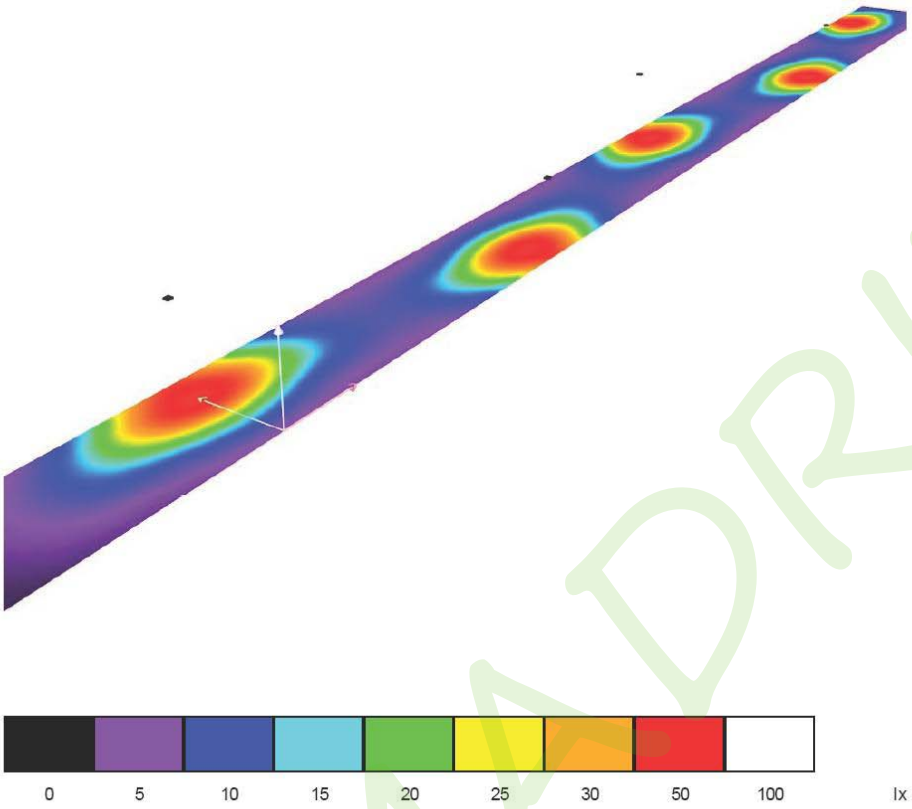
Disposición de las luminarias: "Tresbolillo", interdistancia entre luminarias de la misma fila: D = 40m

Altura de implantación de las luminarias H = 4 m

Factor de mantenimiento: f_m = 0,66, que puede obtenerse con una reposición de lámparas de VSAP cada 3 años - 12000 h (FDSL=0,90 y FSL=0,89, según tablas 1 y 2 de la ITC-EA-06) y una limpieza de la luminaria cada 3 años en zona con grado de contaminación medio (FDLU=0,82, según la tabla 3 de la ITC-EA-06)



PLC MADRID



En estas condiciones y con la luminaria seleccionada, los niveles alcanzados son:

Superficie	Iluminancia media	Iluminancia mínima
Superficie de Estudio	16 lux	5.64 lux

$U_m = E_{min}/E_m = 5.64/16 = 0,35$

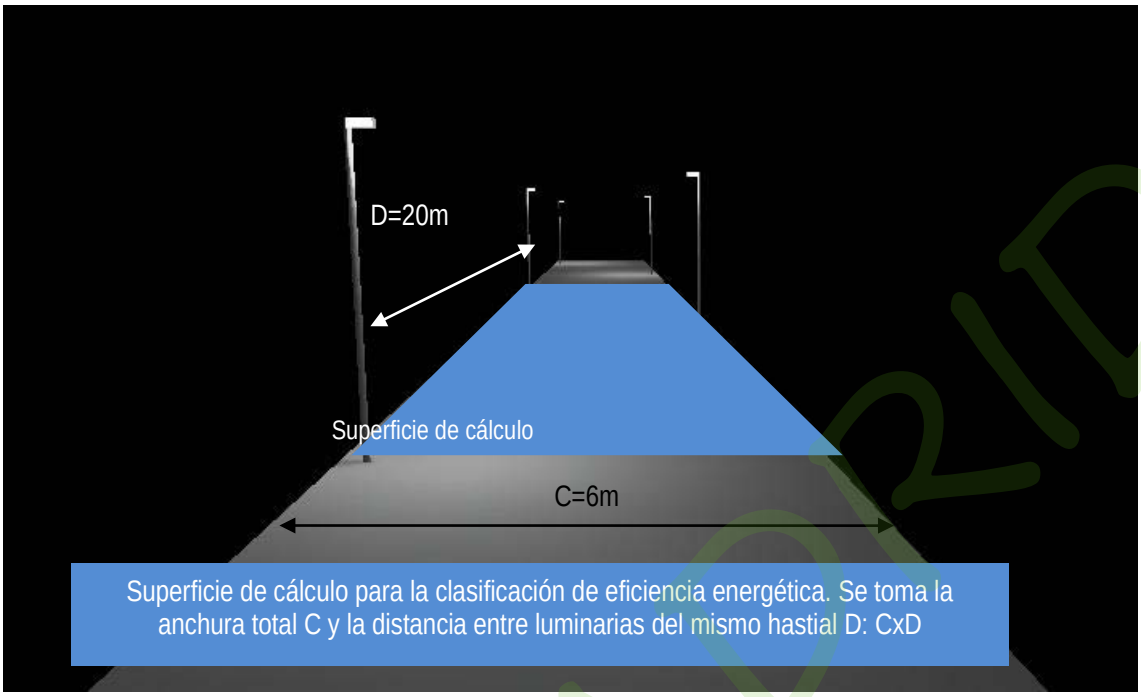
Se cumple los niveles establecidos en la ITC-EA-02

3. Se cumple, tanto para la calzada como para las aceras, que los niveles calculados no superan en más del 20% los niveles establecidos en el ITC-EA-02.

4. Cálculo del valor de eficiencia energética

Como en este ejemplo a superficie iluminada coincide con el camino peatonal y puede tomarse como el mismo ancho de sección total C=6m, para la determinación de la eficiencia energética deberemos considerar una superficie de cálculo determinada por la sección total: C= superficie iluminada y una longitud determinada por la interdistancia de dos luminarias del mismo lado: D. es decir, para una superficie de S= 6 x 40= 240 m^2, se obtienen unos valores de E_m = 16 lux; E_{min}: 5.64 lux y Uniformidad min/med = 0,56.

PLC MADRID



Superficie de cálculo para la clasificación de eficiencia energética. Se toma la anchura total C y la distancia entre luminarias del mismo hastial D: CxD

Calle 1 / Recuadro de evaluación Camino peatonal 1 / Gráfico de valores (E)

45	19	8.73	5.87	5.64	5.85	7.50	7.50	5.85	5.64	5.87	8.73	19	45
43	21	11	7.74	9.33	13	20	20	13	9.33	7.74	11	21	43
20	13	9.33	7.74	11	21	43	43	21	11	7.74	9.33	13	20
7.50	5.85	5.64	5.88	8.73	19	45	45	19	8.73	5.88	5.64	5.85	7.50

6.00 m
0.00
0.00
40.00 m

Valores en Lux, Escala 1 : 329

Trama: 14 x 4 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]
16	5.64	45

El valor de eficiencia energética para el vial estudiado, usando los datos del proyecto y la potencia total de las luminarias y los equipos asociados de 2 x 78,6 W porque, al ser una distribución al "tresbolillo", se toma la potencia total de la luminaria que queda en medio de la superficie y ½ de cada una de las que quedan en el extremo de la superficie de cálculo.

Aplicando la fórmula de la eficiencia energética se obtiene:

El valor de eficiencia energética mínima a alcanzar se obtiene interpolando en la tabla 1 de la ITC-EA-01 para la iluminancia media en servicio calculada de 16 lux, obteniéndose un valor de eficiencia energética mínima de 7,8 (m^2.lux/W).

Se comprueba que el valor obtenido en la instalación es superior al valor mínimo anterior

$\varepsilon = 24{,}42 > 7{,}8$ (Ambiental) $\rightarrow$ CUMPLE

5. Cálculo del índice de eficiencia energética y del índice de consumo energético que nos permitan clasificar energéticamente la instalación,

En primer lugar, se debe obtener el nivel de eficiencia energética de referencia correspondiente al alumbrado vial funcional, interpolando en la tabla 3 de la ITC-EA-01, obteniéndose el valor de referencia 11,4 (m^2.lux/W).

Aplicando las formulas, se obtienen los índices correspondientes:

Tabla 4 – Calificación energética para alumbrado vial.

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

Por lo tanto, según la Tabla 4 de la ITC-EA-01, la clasificación energética de la instalación es A

PLC MADRID

Ejemplo 3: Alumbrado vial ambiental y vial funcional:

Supongamos que la sección a iluminar está formada por dos vías de circulación de 7 m de anchura, y un bulevar de 5 m de anchura y 3 m de zona verde a cada lado, que las separa. Entre el bulevar y cada una de las calzadas existen unas zonas verdes no transitables de 3m de anchura. Ambas calzadas disponen de una acera en el lado opuesto al bulevar de 2 m de anchura y además una de las calzadas incorpora un aparcamiento a lo largo de la calzada de 2,5 m de anchura

El alumbrado queda dividido en un alumbrado funcional para la iluminación de las calzadas, aceras contiguas y aparcamiento, mientras que el alumbrado ambiental dotará de luz el bulevar de la mediana.

La vía se considera como distribuidora local con velocidad limitada a 50 km/h y con una intensidad media diaria (IMD) mayor de 7.000 vehículos, mientras que el bulevar se tratará como espacio peatonal de conexión o vía peatonal con flujo de peatones alto.

1. Se selecciona de las tablas 1 y 2 de la ITC-EA-02, la situación de proyecto:

ALUMBRADO FUNCIONAL correspondiente a las calzadas, las aceras y el aparcamiento

Tabla 1: Clasificación de la vía de circulación: B
Tabla 2: Situación de proyecto: B1, considerando como vías distribuidoras locales y accesos a zonas residenciales, la clase de alumbrado indicada se considera ME2/ME3c y seleccionando la clase de alumbrado ME2 por las condiciones particulares de proyecto.

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

Clase de Alumbrado	Luminancia de la superficie de la calzada en condiciones secas			Deslumbramiento Perturbador	Iluminación de alrededores
	Luminancia [4] Media L_m (cd/m²) [1]	Uniformidad Global U_o *[mínima]*	Uniformidad Longitudinal $U_\square$ *[mínima]*	Incremento Umbral *TI* (%) [2] *[máximo]*	Relación Entorno *SR* [3] *[mínima]*
ME1	2,00	0,40	0,70	10	0,50
ME2	1,50	0,40	0,70	10	0,50
ME3a	1,00	0,40	0,70	15	0,50
ME3b	1,00	0,40	0,60	15	0,50
ME3c	1,00	0,40	0,50	15	0,50
ME4a	0,75	0,40	0,60	15	0,50

Tabla 6: para la clase de alumbrado ME2 corresponden los valores siguientes:
L_m = 1,5 cd/m²
U_o = 0.4
U_l = 0,7
TI < 10%
SR > 0.5

ACERAS clase S2 con los siguientes niveles de referencia E_m= 10 lux; E_{min}=3 lux U_m= E_{min}/ E_m=0,30

APARCAMIENTO clase CE2 con los siguientes niveles de referencia E_m=20 lux; U_m=0.4

Para efectuar los cálculos de iluminación en proyecto se deberán realizar cálculos independientes para la calzada y para las aceras, puesto que los niveles a conseguir son distintos.

ALUMBRADO AMBIENTAL correspondiente al bulevar:

Tabla 1: Clasificación de la vía de circulación: E
Tabla 2: Situación de proyecto: E1, considerando como espacio peatonal de conexión o vía peatonal con flujo de peatones alto pudiendo tomar como clase de alumbrado CE1A/CE2/ S1 seleccionando la clase de alumbrado S1 por las condiciones particulares de proyecto.

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

Tabla 8: para la clase de alumbrado S1 corresponden los valores siguientes:
E_m= 15 lux;
E_{min}= 5 lux;
$U_m=E_{min}/E_m$= 3,33

2. Para efectuar los cálculos de iluminación en proyecto se deberán realizar cálculos lumínicos para la superficie en estudio, buscando el nivel requerido como clase S1.

Para el alumbrado funcional (vial, además de aceras y aparcamiento) se calculan los niveles de iluminación con la siguiente disposición:

Luminaria IP 55 equipada con Lámpara VSAP 150W-TUBULAR

Disposición de las luminarias: "bilateral", interdistancia entre luminarias de la misma fila: D1 = 30m

Altura de implantación de las luminarias H = 9 m

Factor de mantenimiento: f_m = 0,70, que puede obtenerse con una reposición de lámparas de VSAP cada 3 años - 12000 h (FDSL=0,90 y FSL=0,89, según tablas 1 y 2 de la ITC-EA-06) y una limpieza de la luminaria cada 3 años en zona con grado de contaminación bajo (FDLU=0,88, según la tabla 3 de la ITC-EA-06)

Para el alumbrado ambiental (bulevar) se calculan los niveles de iluminación con la siguiente disposición:

Luminaria IP66 equipada con Lámpara MH 35W – TUBULAR

Disposición de las luminarias al tresbolillo con una interdistancia entre luminarias del mismo lado de: D2=60m.

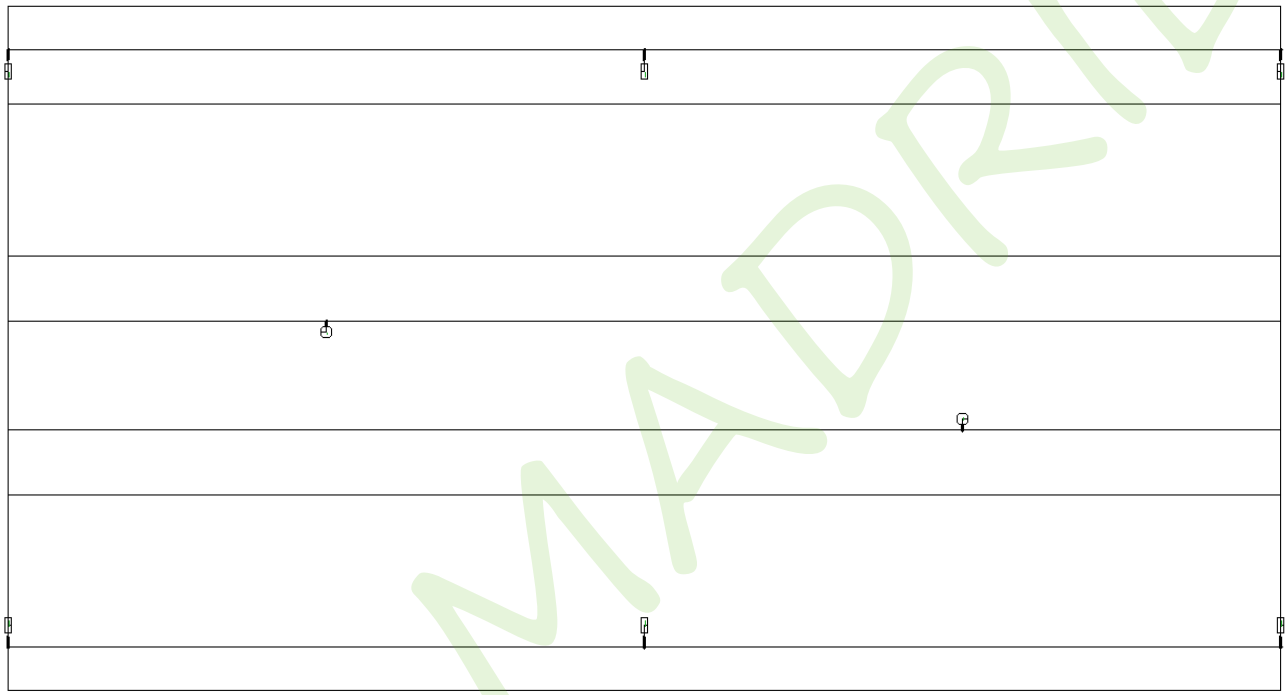
Altura de implantación de la luminaria H= 4 m

Factor de mantenimiento: f_m = 0,65, que puede obtenerse con una reposición de lámparas de MH cada 2 años - 8000 h (FDSL=0,76 y FSL=0,94, según tablas 1 y 2 de la ITC-EA-06) y una limpieza de la luminaria cada 2 años en zona con grado de contaminación bajo (FDLU=0,91, según la tabla 3 de la ITC-EA-06)

La sección queda definida de la siguiente manera (sección total C de 31,5 metros):

PLC MADRID

Acera 1 = 2 metros
Aparcamiento = 2.5 metros
Calzada 1 = 7 metros
Zona verde = 3 metros
Bulevar = 5 metros
Zona verde = 3 metros
Calzada 2 = 7 metros
Acera 2 = 2 metros



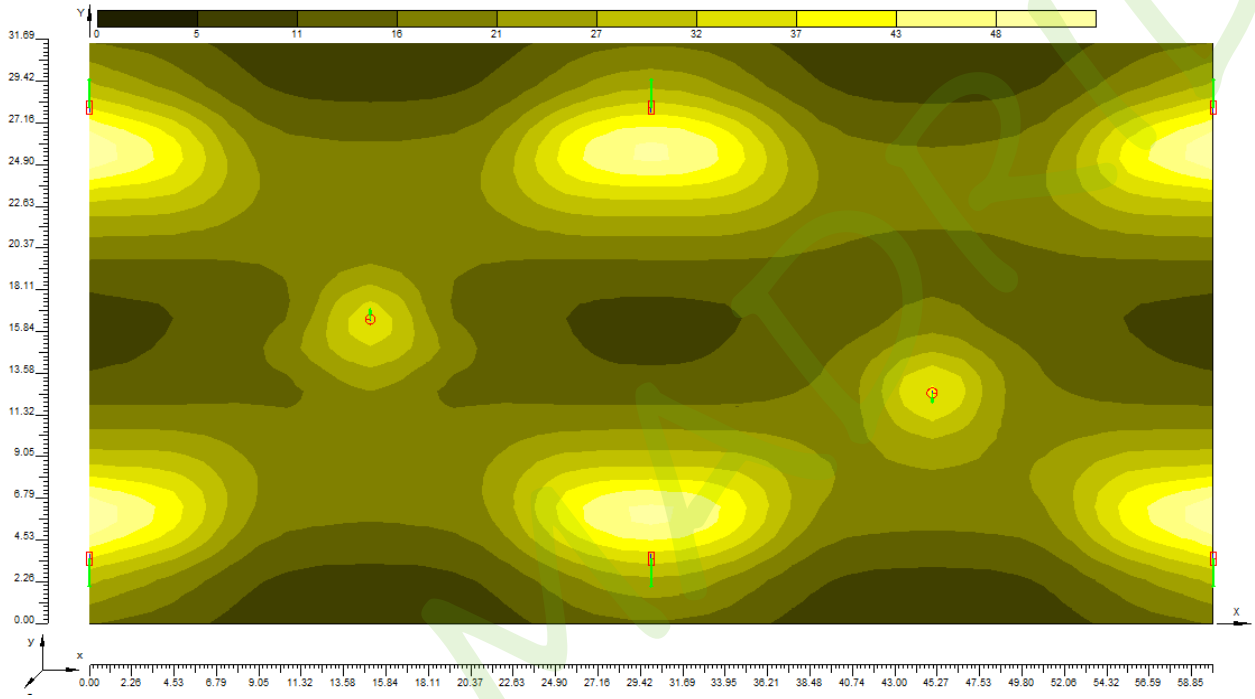
Los niveles lumínicos alcanzados son:

Superficie	Iluminancia/Luminancia media	Iluminancia minima	Uniformidad global Min/Med	Uniformidad longitudinal
Acera 1	12 lux		0,56	-
Aparcamiento	19 lux	-	0,45	-
Calzada 1 (Clase ME2)	24 lux/ 1,5cd/m²	-	0,52	0,85
Zona verde	-	-	-	-
Bulevar (Clase S1)	16 lux	10 lux	0,60	-
Zona verde	-	-	-	-
Calzada 2 (Clase ME2)	25 lux/ 1,7cd/m²	-	0,68	0,85-
Acera 2	12 lux		0,56	-
Superficie Total	20 lux		0,34	

3. Se cumple, tanto para la calzada como para las aceras, el bulevar y el aprcamiento que los niveles calculados no superan en más del 20% los niveles establecidos en el ITC-EA-02.

4. Cálculo del valor de eficiencia energética

Para la determinación de la eficiencia energética en este ejemplo se deberá considerar una superficie de cálculo determinada por la sección total (C = aceras + aparcamiento + calzadas + zonas verdes + bulevar) y una longitud determinada por la interdistancia mayor entre dos luminarias del mismo lado (D1=30m y D2=60m → D=60m), es decir que para una superficie de Cálculo: S= 31,5 x 60= 1890 m^2, se obtienen unos valores de Em: 20 lux y Uniformidad media: 0,34



El valor de eficiencia energética para los viales estudiados, usando los datos del proyecto y la potencia total de las luminarias y los equipos asociados de 4 x169W para el caso de las luminarias de VSAP porque, al ser una distribución al "bilateral pareada", s tener una interdistancia de la mitad de la D tomada (30 m frente a 60m) por esto se suma la potencia total de las dos luminarias que queda en medio de la superficie (2) y ½ de cada una de las que quedan en el extremo de la superficie de cálculo (4 x ½) y 2 x 41 W para el caso de las luminarias de HM porque, por tratarse de una distribución al tresbolillo, se suma la potencia total de las dos luminarias que se encuentran dentro de la superficie a estudiar.

Es decir, POTENCIA TOTAL = (4 x 169W) + (2 x 41W) = 758W

Aplicando la fórmula de la eficiencia energética se obtiene:

Como tenemos dos tipos de alumbrado (funcional y ambiental) se adoptan los valores de la tabla más restrictiva que es la Tabla1 de la ITC-EA-01 (alumbrado funcional)

El valor de eficiencia energética mínima a alcanzar se obtiene en la tabla 1 de la ITC-EA-01 para la iluminancia media en servicio calculada de 20 lux, obteniéndose un valor de eficiencia energética mínima de 17,5 (m^2.lux/W).

Se comprueba que el valor obtenido en la instalación es superior al valor mínimo anterior

$$\varepsilon = 49{,}86 > 17{,}5 \text{ (Ambiental)} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

6. Cálculo del índice de eficiencia energética y del índice de consumo energético que nos permitan clasificar energéticamente la instalación,

En primer lugar, se debe obtener el nivel de eficiencia energética de referencia correspondiente al alumbrado vial funcional, en la tabla 3 de la ITC-EA-01, obteniéndose el valor de referencia 26 (m^2.lux/W).

Aplicando las formulas, se obtienen los índices correspondientes:

Tabla 4 – Calificación energética para alumbrado vial.

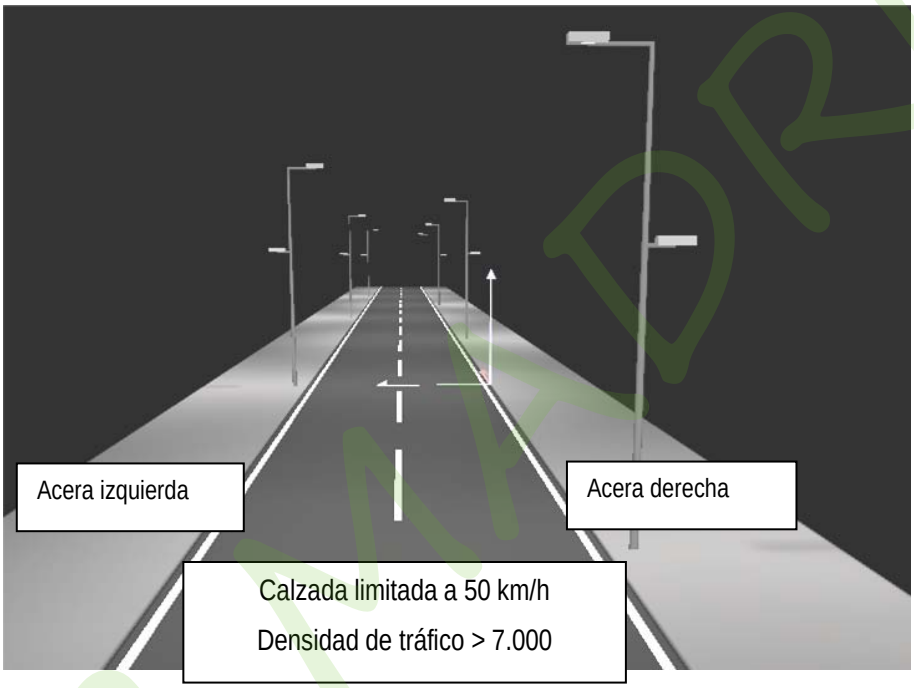
Calificación Energética	Índice de consumo energético	Índice de Eficiencia Energética
A	ICE < 0,91	Iε > 1,1
B	0,91 ≤ ICE < 1,09	1,1 ≥ Iε > 0,92
C	1,09 ≤ ICE < 1,35	0,92 ≥ Iε > 0,74
D	1,35 ≤ ICE < 1,79	0,74 ≥ Iε > 0,56
E	1,79 ≤ ICE < 2,63	0,56 ≥ Iε > 0,38
F	2,63 ≤ ICE < 5,00	0,38 ≥ Iε > 0,20
G	ICE ≥ 5,00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

Por lo tanto, según la Tabla 4 de la ITC-EA-01, la clasificación energética de la instalación es A

PLC MADRID

Ejemplo 4: Alumbrado vial ambiental como refuerzo de la iluminación de aceras iluminadas parcialmente por el alumbrado funcional de la calzada adyacente.

Supongamos que vamos a iluminar una calle formada por una vía de circulación de vehículos de dos carriles con una anchura total de 7 metros, cuya velocidad está limitada a 50Km/h y con una intensidad media de tráfico superior a los 7000 vehículos, con ~~y~~ dos aceras de 5 m de anchura cada una de ellas, que disponen de luminarias para su propia iluminación, pero que también reciben la influencia de las luminarias destinadas al alumbrado funcional de la vía de circulación situada entre las dos aceras



A la hora de realizar un proyecto según el Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior se debe tomar en consideración lo siguiente:

1. Clasificar el tipo de vía que queremos iluminar según se indica en la ITC-EA-02 del Reglamento. Una vez clasificada la vía, calcular el alumbrado de forma que se cumplan los parámetros luminotécnicos recomendados en esta misma instrucción técnica: luminancia, iluminancia, uniformidades, incremento umbral (TI) y relación entorno (SR),
   En este ejemplo tendremos tres superficies de cálculo: acera derecha, acera izquierda y calzada.

2. En relación a la eficiencia energética:
   a. La primera limitación que nos indica el Reglamento: no superar en un 20% los valores de referencia de la iluminancia o luminancia establecidos en la ITC-EA-02.
   b. Cumplir los valores mínimos de uniformidad.
   c. Llegar al mínimo requerido en eficiencia energética (m^2*lux/W) que se indique para el nivel de iluminación alcanzado.
   d. Calcular el índice de eficiencia energética y clasificar energéticamente la instalación.

1. Seleccionamos en las tablas nuestra situación de proyecto:

Clasificación	Tipo de vía	Velocidad del tráfico rodado (km/h)
A	de alta velocidad	$v > 60$
B	de moderada velocidad	$30 < v \leq 60$
C	carriles bici	--
D	de baja velocidad	$5 < v \leq 30$
E	vías peatonales	$v \leq 5$

Situaciones de proyecto	Tipos de vías	Clase de Alumbrado(*)
B1	• ***Vías urbanas secundarias de conexión a urbanas de tráfico importante.*** • ***Vías distribuidoras locales y accesos a zonas residenciales y fincas.*** Intensidad de tráfico IMD ≥ 7.000 ..... IMD < 7.000	 ME2 / ME3c ME4b / ME5 / ME6
B2	• ***Carreteras locales en áreas rurales.*** Intensidad de tráfico y complejidad del trazado de la carretera. IMD ≥ 7.000 ..... IMD < 7.000	 ME2 / ME3b ME4b / ME5
(*) Para todas las situaciones de proyecto B1 y B2, cuando las zonas próximas sean claras (fondos claros), todas las vías de tráfico verán incrementadas sus exigencias a las de la clase de alumbrado inmediata superior.		

PLC MADRID

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

Clase de Alumbrado	Luminancia de la superficie de la calzada en condiciones secas			Deslumbramiento Perturbador	Iluminación de alrededores
	Luminancia [4] Media L_m (cd/m²)[1]	Uniformidad Global U_o *[mínima]*	Uniformidad Longitudinal $U_□$ *[mínima]*	Incremento Umbral *TI* (%)[2] *[máximo]*	Relación Entorno *SR* [3] *[mínima]*
ME1	2,00	0,40	0,70	10	0,50
ME2	1,50	0,40	0,70	10	0,50
ME3a	1,00	0,40	0,70	15	0,50
ME3b	1,00	0,40	0,60	15	0,50
ME3c	1,00	0,40	0,50	15	0,50
ME4a	0,75	0,40	0,60	15	0,50
ME4b	0,75	0,40	0,50	15	0,50
ME5	0,50	0,35	0,40	15	0,50
ME6	0,30	0,35	0,40	15	Sin requisitos

La clase de alumbrado escogida para la calzada es la ME2 con los niveles siguientes:

Lmed = 1.5 cd/m²

Uo = 0.4

UI = 0.7

TI < 10%

SR > 0.5

La clase de alumbrado adoptada para cada acera es S1, con los niveles siguientes:

E_m=15 lux

E_{min}=5 lux

U_m= Emin/Em=0.33

2. Para efectuar los cálculos de iluminación en proyecto se deberán realizar cálculos independientes para la calzada y para las aceras, puesto que los niveles a conseguir son distintos.
   Para este vial calculamos los niveles de iluminación con la siguiente disposición:

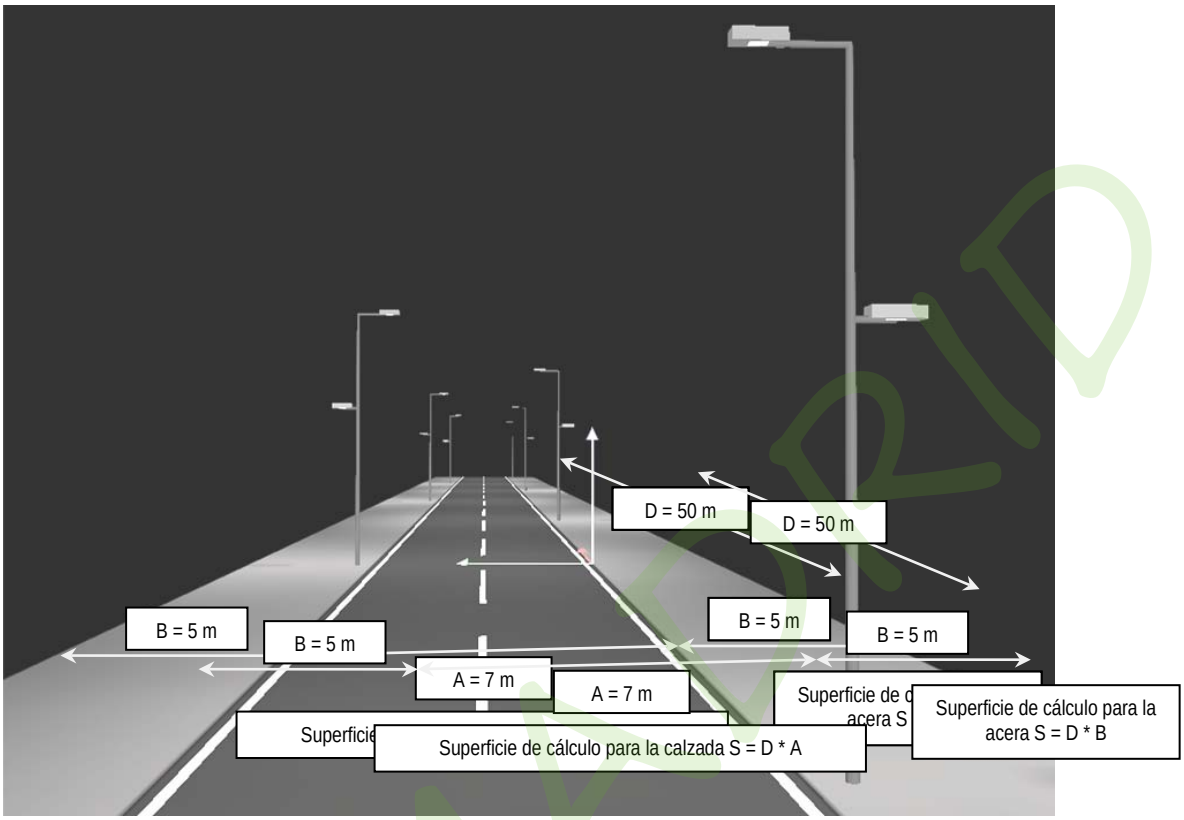
   Luminaria equipada con lámpara VMH quemador cerámico140W-TUBULAR

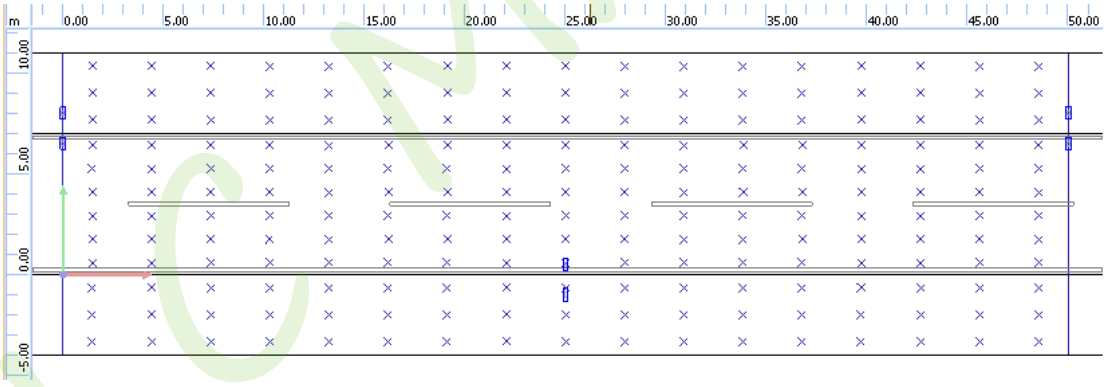
   Disposición de las luminarias: "Tresbolillo", interdistancia entre luminarias de la misma fila: D=50m; H=8m

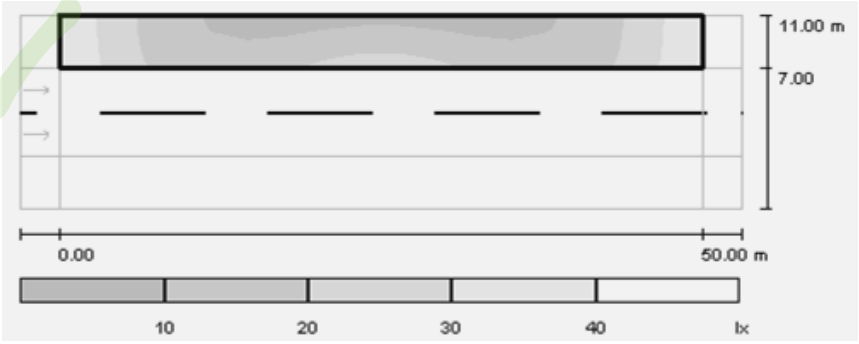
   Luminaria equipada con lámpara VMH quemador cerámico 45W-TUBULAR

   Disposición de las luminarias: "Tresbolillo", interdistancia entre luminarias de la misma fila: D=50m; H=5m

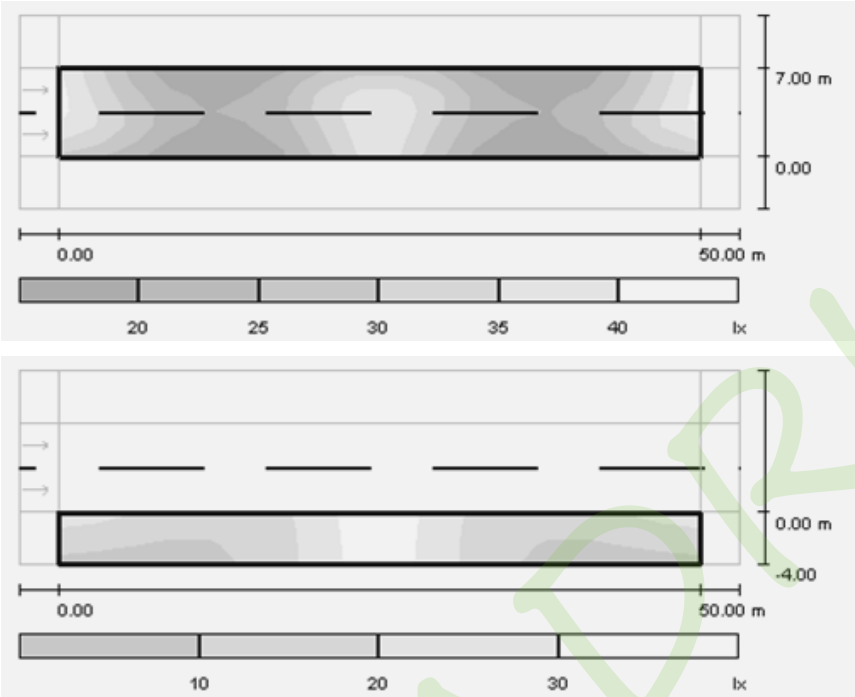
PLC MADRID


D = 50 m
D = 50 m
B = 5 m
B = 5 m
B = 5 m
B = 5 m
A = 7 m
A = 7 m
Superficie de cálculo para la acera S = D * B
Superficie de cálculo para la calzada S = D * A


m
0.00
5.00
10.00
15.00
20.00
25.00
30.00
35.00
40.00
45.00
50.00
10.00
5.00
0.00
-5.00


11.00 m
7.00
0.00
50.00 m
10
20
30
40
lx

PLC MADRID



Los niveles alcanzados son:

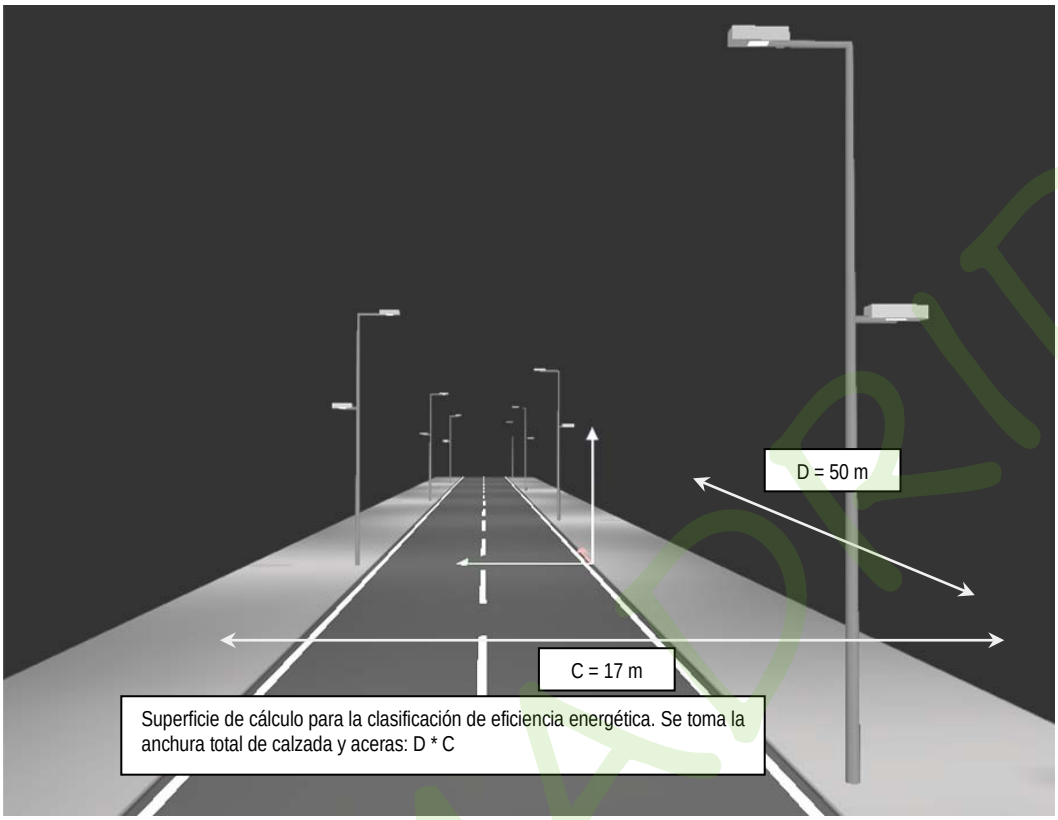
Superficie	Iluminancia/Luminancia media	Uniformidad global Min/Med	Uniformidad longitudinal
Calzada	26,15 lux/ 1,5 cd/m²	0,60	0,70
Acera 1	17 lux	0,42	
Acera 2	17 lux	0,42	

Se cumplen, tanto para la calzada como para las aceras los niveles establecidos en la ITC-EA-02

CÁLCULO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

Como en este ejemplo la iluminación de las aceras se consigue mediante las luminarias específicas destinadas a este fin, más la influencia de las luminarias con que se está iluminando la calzada. Para la determinación de la eficiencia energética deberemos considerar una superficie de cálculo determinada por la sección total: C= calzada + aceras y una longitud determinada por la interdistancia de dos luminarias del mismo lado: D.

$$S= (5+7+5) * 50= 850\ m^2$$



Realizados los cálculos sobre la superficie de 850 m² definida, los resultados en iluminancia son:

Em: 20,04 lux

Uniformidad media: 0,24

Para el vial estudiado determinamos el valor de eficiencia energética usando los datos del proyecto:

Luminaria equipada con Lámpara 140W-TUBULAR

Consumo de lámpara y equipo: 151W

Luminaria equipada con Lámpara 45W-TUBULAR

Consumo de lámpara y equipo: 49W

Sección(C): 17 metros (5+7+5)

Disposición de las luminarias: “Tresbolillo”, interdistancia entre luminarias de la misma fila: D=50m

Iluminancia media obtenida Em= 20,04 Lux

Potencia total= (151+49w)+2(1/2*49w+1/2*151)= 400W

Al ser una distribución al “tresbolillo” se toma la potencia total de la luminaria que queda en medio de la superficie y ½ de cada una de las que quedan en el extremo de la superficie de cálculo

PLC MADRID

Para el proyecto en estudio se fijan los siguientes valores de acuerdo con las tablas 1, 2 Y 3 de la ITC-EA-06, pero al no figurar los valores para las lámparas utilizadas, solicitamos los datos al fabricante de las mismas, que para el periodo de tiempo definido coinciden con los valores de las lámparas de sodio alta presión

FDSL = 0.90 (lámpara de quemador cerámico de nueva generación, periodo de funcionamiento 12000h)

FSL = 0.89 (lámpara de quemador cerámico de nueva generación, periodo de funcionamiento 12000h)

FDLU= 0.88, IP66, grado de contaminación bajo, intervalo de limpieza 3 años.

Fm= FSDL * FSL * FDLU = 0.90 * 0.89 * 0.88 = 0.70

Siendo por tanto el factor de mantenimiento el producto de los tres- Fm= 0.70

Interpolando en la tabla 1 de la ITC-EA-01, para una iluminancia media en servicio obtenida de 20,04 lux(≥20 lux), el valor de eficiencia energética mínimo a alcanzar es 17.52 (m^2*lux / w)

Iluminancia media en servicio E_m(lux)	EFICIENCIA ENERGÉTICA MÍNIMA $\left(\frac{m^2 \cdot lux}{W}\right)$
≥ 20	9
15	7,5
10	6
7,5	5
≤ 5	3,5
Nota - Para valores de iluminancia media proyectada comprendidos entre los valores indicados en la tabla, la eficiencia energética mínima se obtendrán por interpolación lineal	

Interpolando en la tabla 3 la ITC-EA-01, en la parte correspondiente al alumbrado vial, para una iluminancia media en servicio obtenida de 20,04 lux(≥20 lux), el valor de eficiencia energética de referencia es 26.024 (m^2*lux / w)

PLOMADRID

Alumbrado vial funcional		Alumbrado vial ambiental	
Iluminancia media en servicio proyectada E_m (lux)	Eficiencia energética de referencia ε_R $\left(\frac{m^2 \cdot lux}{W}\right)$	Iluminancia media en servicio proyectada E_m (lux)	Eficiencia energética de referencia ε_R $\left(\frac{m^2 \cdot lux}{W}\right)$
≥ 30	32	--	--
25	29	--	--
20	26	≥ 20	13
15	23	15	11
10	18	10	9
≤ 7,5	14	7,5	7
--	--	≤ 5	5
Nota - Para valores de iluminancia media proyectada comprendidos entre los valores indicados en la tabla, la eficiencia energética de referencia se obtendrán por interpolación lineal			

Aplicando la fórmula de la eficiencia energética obtenemos:

$$\varepsilon = \frac{S \cdot Em}{P} = \frac{850 * 20.04}{400} * = 42{,}58 m^2 \cdot lux / W$$

ε= 42.58 > 17.52 (funcional) ⟶ cumple

Tabla 4 – Calificación energética para alumbrado vial.

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

Por lo que los índices de eficiencia y consumo serían:

Por lo tanto se considera según la Tabla 4 la clasificación energética de la instalación es A.

ANEXO - II

CRITERIOS GENERALES PARA LA REDACCIÓN DE UN PROYECTO DE ALUMBRADO

ÍNDICE

1 CARACTERÍSTICAS FOTOMÉTRICAS DE LOS PAVIMENTOS. 3
2 INSTALACIONES DE ALUMBRADO URBANO 6
2.1 ENTRADAS Y TRAVESÍAS DE CIUDADES 8
3 INSTALACIONES DE ALUMBRADO DE CARRETERAS 8
4 ILUMINACIÓN ORNAMENTAL 10
5 ALUMBRADO DE TÚNELES Y PASOS INFERIORES 12
5.1 SISTEMAS DE ILUMINACIÓN DE TÚNELES 14

PLC MADRID

La implantación de las nuevas instalaciones de alumbrado, tanto urbano, como viario, ornamental y de túneles y pasos inferiores, debe ajustarse a lo establecido en el Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior e Instrucciones Técnicas Complementarias del mismo ITC-EA-01 a ITC-EA-07, aprobado por Real Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre y Publicación CIE nº 88 de 2004, Real Decreto 635/2006, de 26 de mayo, así como a lo regulado por el Reglamento Electrónico para Baja Tensión aprobada por Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, norma UNE-EN 13.201-3 y Publicación CIE nº 140.

Asimismo, se aplicará lo dispuesto en el Reglamento (CE) nº 245/2009, así como el Reglamento (CE) nº 347/2010, que implementa la Directiva 2009/125/CE y modifica los anexos I, II.III y IV del Reglamento nº 245/2009.

En lo que concierne a la limitación del resplandor luminoso nocturno y reducción de la luz intrusa o molesta, las nuevas instalaciones de alumbrado exterior se proyectarán teniendo en cuenta lo señalado en la Instrucción Técnica Complementaria ITC-EA-03 y en las Publicaciones CIE Nº 126 y 150.

La conservación, tanto preventiva como correctiva, se debe contemplar en el plan de mantenimiento que obligatoriamente impone incluir en el proyecto o memoria técnica de diseño el artículo 12 de Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior, y cuyo contenido se debe ceñir a lo preceptuado en la Instrucción ITC-EA-06.

Este tipo de alumbrados requiere en primer término la elaboración de un buen proyecto en las instalaciones de potencia superior a 5 Kw o, en su caso, una memoria técnica de diseño, en aquellas de potencia igual o inferior a 5 Kw, que posteriormente se lleve a la práctica ejecutando las instalaciones correctamente mediante una adecuada dirección de obra.

En ambos documentos, entre otros datos, se deben incluir los siguientes parámetros:

- *Factores de utilización y mantenimiento de la instalación.*
- *Eficacia luminosa de las lámparas y LED*
- *Eficiencia de los equipos auxiliares*
- *Rendimiento y flujo hemisférico superior instalado de las luminarias.*

Asimismo, en dichos documentos deben incorporarse los cálculos luminotécnicos oportunos que proporcionen los:

- *Niveles máximos de luminancia o iluminancia medias y mínimos de uniformidad*
- *Valores mínimos de eficiencia energética y la calificación energética de la instalación*

En el proyecto o en la memoria técnica de diseño debe pretenderse alcanzar el factor de mantenimiento más elevado posible (mayor de 0,8 si resulta factible) para determinar la iluminancia media inicial, que no debe ser muy superior a la iluminancia media en servicio, lo que exige fijar previamente el plan de mantenimiento de la instalación que comprenderá fundamentalmente las reposiciones masivas de lámparas, las operaciones de limpieza de luminarias y los trabajos de inspección y mediciones eléctricas.

En lo que atañe a las lámparas y LED deben tener, a poder ser, una eficacia luminosa superior a 110 lm/w, con unos equipos auxiliares de muy bajas pérdidas.

Se recomienda que el flujo hemisférico superior emitido por las luminarias sea inferior al 1 %, con un rendimiento mínimo de las mismas, a ser posible, superior a un 75% y un elevado factor de utilización entorno a un 0,5, si ello es viable.

Las lámparas así como los equipos auxiliares y luminarias deben ajustarse a lo establecido en el Reglamento (CE) nº 245/2009, posteriormente modificado por el Reglamento (CE) nº 347/2010.

Además de su uso para el encendido, apagado y la regulación del nivel luminoso, aun cuando el sistema de telegestión puede abordarse inicialmente a nivel de cuadro de alumbrado, se recomienda utilizar para

la gestión del alumbrado exterior un sistema de telegestión punto a punto, que centra sus objetivos en la luminaria, de forma que siempre que resulte viable se implante un procedimiento que facilite el mantenimiento preventivo permitiendo obtener una información fiable, completa y continua del estado de los diferentes elementos de las instalaciones de alumbrado exterior.

Con este tipo de telegestión, no sólo se envían datos en un sentido, sino que además es bidireccional, ya que se puede conocer el estado de cada punto de luz en todo momento, así como enviar órdenes a dichos puntos de luz, tales como apagado, encendido, reducción de flujo, consumo en tiempo real…etc. Este tipo de telegestión constituye la herramienta más avanzada para la gestión de un alumbrado exterior existente hoy en día en el mercado.

1 CARACTERÍSTICAS FOTOMÉTRICAS DE LOS PAVIMENTOS.

Se recomienda utilizar pavimentos cuyas características y propiedades reflexivas resulten adecuadas para las instalaciones de alumbrado exterior, al objeto de lograr la máxima luminancia y uniformidad a igualdad de iluminancia consiguiéndose, por tanto, una mayor separación entre puntos de luz, y menos consumo y menor consumo energético. Todo ello siempre que las características constructivas, composición y sistema de ejecución resulten idóneas respecto a la textura, resistencia al desplazamiento, lisura, drenaje de la superficie, etc., en las calzadas de las vías de tráfico

El factor especular (S_1) determina en qué medida las características del pavimento, respecto a la reflexión de la luz incidente, se separan de las de una superficie que asegure una reflexión difusa perfecta de forma que, a igualdad de luminancia, cuanto más bajo es el factor especular (S_1) mayores son las uniformidades de luminancia.

Tal como se ha señalado, la luminosidad del pavimento de una calzada está estrechamente relacionada con las propiedades fotométricas del mismo y, en concreto, con el coeficiente de luminancia medio (Q_0) del pavimento, de forma que cuanto más elevado es dicho coeficiente, a idéntica iluminancia, mayor es la luminancia de la calzada y menor resulta el deslumbramiento perturbador (TI).

De todo lo anterior se deduce que, siempre que resulte posible, en las calzadas de las vías de tráfico se aconseja utilizar pavimentos con un coeficiente de luminancia medio o grado de luminosidad (Q_0) lo más elevado posible, y cuyo factor especular (S_1) sea bajo.

Se recomienda al respecto tener en cuenta la Publicación CIE nº 66.

Factor especular S_1

Determina en qué medida las características de reflexión de la luz incidente en el pavimento de la calzada se separa de las de una superficie que asegure una reflexión difusa perfecta, es decir, describe el carácter especular del pavimento, o lo que es lo mismo, la proporción de energía luminosa reflejada en una dirección privilegiada. Su símbolo es (S_1) carece de unidades y su expresión es la siguiente:

$$S_1 = \frac{r(0,2}{r(0,0}$$

Teniendo en cuenta que $r = q \cos^3 \gamma$, siendo $q = f(\beta,\gamma)$ se verifica:

r(0,2) = Valor de r para β = 0 y tg γ = 2, es decir, cuando el observador y la fuente luminosa están situados a una parte y la contraria del punto de medición P, siendo la distancia de la luminaria al punto P igual a 2h.

r(0,0) = Valor de r para β = 0 y tg γ = 0, es decir, cuando la luminaria se encuentra en la vertical del punto P.

Si el factor especular (S_1) es bajo, la reflexión de la luz en el pavimento se acerca al modelo de reflexión difusa perfecta que establece la Ley de Lambert, es decir, con idéntica luminancia en todas las direcciones. Con un factor especular (S_1) elevado, la reflexión de la luz es del tipo dirigida hacia determinadas direcciones, como es el caso de un espejo.

Los pavimentos asfálticos con un porcentaje de gravas blancas o claras superior al 30% tienen un factor especular (S_1) menor que 0,4.

Factor especular S_2

Es complementario del factor especular (S_1) y, por tanto, determina también las características de la reflexión de la luz en el pavimento. Se define por la expresión:

$$S_2 = \frac{Q\ o}{r\,(0\,,0}$$

Siendo: Q_0 *= Coeficiente de luminancia medio.*

$r\ (0,0)$ *= Valor de r para* β*,= 0 y tg* $\gamma = 0$

En la actualidad el factor especular S_2 ha caído en desuso.

El valor de S_1 (factor especular 1) determina el grado de especularidad, mientras que el nivel total de la reflectividad está caracterizado por el coeficiente medio de luminancia Q_0 (grado de luminosidad).

Una variación de las características fotométricas del pavimento de la calzada influye sobre la calidad del servicio de la instalación de alumbrado.

Un aumento del coeficiente (Q_0) supone un crecimiento proporcional de la luminancia media de la calzada, mientras que una variación en la especularidad (factor S_1) actúa sobre las uniformidades y también en cierto modo sobre el nivel de luminancia.

La reflexión de la luz en la superficie de las calzadas se compone de una parte difusa perfecta y el resto de reflexión dirigida o especular.

En la reflexión difusa la luminancia reflejada es la misma en todas las direcciones del espacio, cualquiera que sea la dirección de la luz incidente. La reflexión difusa perfecta se presenta aproximadamente en el caso de superficies de yeso blanco, pinturas blancas mates, capa de nieve recién caída, papel secante blanco, etc.

La reflexión especular o dirigida es el típico caso de reflexión de espejos y hasta cierto punto de reflectores de aparatos de alumbrado, cuyas leyes físicas son muy conocidas.

La Comisión Internacional de Iluminación (CIE) ha establecido en sus publicaciones las matrices de reflexión de pavimentos secos o r-tablas estándar, que comprenden fundamentalmente las clases R y C, cuyos parámetros son los siguientes:

TIPOS DE PAVIMENTOS CLASE R

Clase Estándar	*Límite S_1*	*Valor S_1 Estándar*	*Valor Normalizado Q_O*	*Valor S_2 Estándar*
RI	*$S_1 < 0,42$*	*0,25*	*0,10*	*1,53*
R2	*$0,42 \leq S_1 < 0,85$*	*0,58*	*0,07*	*1,80*
R3	*$0,85 \leq S_1 < 1,35$*	*1,11*	*0,07*	*2,38*
R4	*$S_1 \geq 1,35$*	*1,55*	*0,08*	*3,03*

El tipo de reflexión que corresponde a los pavimentos Clase R es la siguiente:

Clase	Tipo de reflexión
RI	Difusa
RII	Aproximadamente difusa
RIII	Ligeramente especular (algo brillante)
RIV	Especular (brillante)

Aún cuando también se utilizan las matrices clase R, las de clase C son las más recientes y cuyas características son las siguientes:

TIPOS DE PAVIMENTOS CLASE C

r-Tabla Estándar	Límite S_1	Valor S_1 Estándar	Valor Normalizado Q_O	Valor S_2 Estándar
CI	$S_1 \leq 0,4$	0,24	0,10	1,30
C2	$S_1 > 0,4$	0,97	0,07	2,13

Teniendo en cuenta que cada clase viene especificada por una r-tabla estándar, que se debe utilizar para los cálculos de luminancias para cualquier pavimento perteneciente a dicha clase, resulta evidente que cuantas menos clases de r-tablas estándar existan será más cómodo para trabajar, pero en cambio, si se dispone de un mayor número de clases, más precisos serán los resultados en los cálculos de luminancias.

Los r-valores de las tablas estándar de reflexión de pavimentos secos de las clases R y C son válidos para un valor del coeficiente de luminancia medio Q_o normalizado, que representa el valor medio de cada superficie viaria real adscrita a cada clase.

Pueden darse casos de determinadas superficies reales adscritas a determinadas clases estándar en las que existan variaciones superiores al 30% entre el valor real de Q_o y el valor normalizado Q_o de la tabla estándar, siendo en dichos casos necesario sustituir el valor normalizado de Q_o por el valor real, corrigiendo los r-valores de la correspondiente matriz o tabla estándar.

Con carácter informativo se hace constar que existe otro tipo de sistemas de clasificación de pavimentos adoptados en Europa. Se trata del sistema utilizado en los países escandinavos: los pavimentos Clase N, cuyos valores de Q_0 y S_1 son los establecidos en la tabla siguiente:

TIPOS DE PAVIMENTOS CLASE N

Z	Límite S_1	Valor S_1 Estándar	Valor Q_0 Normalizado
N1	$S_1 < 0,28$	0,18	0,10
N2	$0,28 \leq S_1 < 0,60$	0,41	0,07
N3	$0,60 \leq S_1 < 1,30$	0,88	0,07
N4	$S_1 \geq 1,30$	1,55	0,08

PLC MADRID

El sistema de clasificación N ha sido determinado a partir de mediciones realizadas en países Escandinavos sobre pavimentos de calzadas.

Se significa que las características fotométricas de los pavimentos se han establecido para pavimentos secos.

La presencia de una fina capa (film) de agua en la superficie del pavimento aumenta considerablemente el fenómeno de especularidad, que a su vez se incrementa con el espesor de la capa de agua.

Para las superficies de calzadas mojadas pero no inundadas, el concepto de coeficiente de luminancia reducido r (β, tg γ) todavía es aplicable, pero no resulta posible estimar la luminancia de la calzada, sin haber efectuado previamente el análisis de la indicatriz de reflexión de la calzada con el pavimento mojado.

Cuando la calzada está completamente inundada, no se puede hablar de la luminancia del pavimento, dado que la calzada se comporta como un reflector especular y, en consecuencia, un cálculo de luminancia no tiene sentido.

La CIE en su publicación nº 47 de 1979, ha definido cuatro tipos de pavimentos mojados clase W (W1, W2, W3 y W4), que el proyectista podrá utilizar para valorar la degradación de la calidad de la instalación en condiciones mojadas.

2 INSTALACIONES DE ALUMBRADO URBANO

Antes de redactar un proyecto de alumbrado en el medio urbano, resultará fundamental concebir el espacio a tratar como un conjunto coherente que deberá integrarse en un entorno o medio ambiente.

Por tanto, se estima adecuado identificar las funciones del emplazamiento y de los usuarios y analizar el estado existente en los aspectos diurnos y nocturnos. También resultará conveniente conocer el ambiente luminoso de los espacios colindantes.

En el alumbrado urbano se tendrán en cuenta los criterios del alumbrado de las vías de tráfico rodado y de las vías peatonales, pensando en ambas tipologías de forma compaginada. Así, a cada espacio de la ciudad con vocaciones diferentes: comerciales, viviendas, hoteleras, escolares, de ocio, etc., se recomienda dotarle de un ambiente apropiado a su carácter.

Por otra parte se considera aconsejable tener presentes los siguientes principios:

- *Criterios de vecindad entre vías urbanas de diferente naturaleza (callejuelas, calles, avenidas, bulevares), con plazas, caminos peatonales y su mobiliario urbano, señalización, letreros luminosos, etc.*
- *Elementos de relación: las vías urbanas no son de uso exclusivo de los vehículos, también circulan motocicletas, bicis, peatones,..etc.*
- *Factores urbanísticos, de manera que en una ciudad las calzadas no constituyen el único elemento a tener en consideración, existen otros espacios y elementos arquitectónicos a considerar.*

Cada alumbrado en el medio urbano podrá ser singularizado por la función que desempeña y por las características de los materiales instalados (tipos de lámparas, luminarias, soportes, etc., tipo de implantación, altura, separación entre puntos de luz, etc.)

El alumbrado urbano, mediante una mejora de la visibilidad, se recomienda permita:

- *Favorecer la seguridad y los desplazamientos.*
- *Limitar la pérdida de capacidad visual, ligada al deslumbramiento, causado por las luces de cruce de los vehículos que circulan en sentido contrario.*

- *Mejorar la apreciación de distancias, así como aumentar la protección de las personas y de los bienes.*
- *Efectuar trabajos y desarrollar actividades que, sin iluminación, únicamente podrían llevarse a cabo durante el día.*
- *Asegurar una mejor percepción y valorar los espacios.*

La implantación de puntos de luz en tramos rectos, intersecciones, glorietas, curvas,..etc., así como su disposición en alzado teniendo en cuenta entre otras consideraciones, la existencia de arbolado, se aconseja se ajusten a lo indicado en las Recomendaciones para la Iluminación de Carreteras y Túneles del Ministerio de Fomento.

El alumbrado de calzadas, de acuerdo con sus dimensiones, se efectuará mediante implantaciones unilateral, bilateral (tresbolillo o en oposición), central, etc., o bien por medio de una agrupación de las implantaciones anteriores.

El alumbrado de las aceras podrá llevarse a cabo a partir de:

- *Luminarias que iluminan la calzada.*
- *Soportes con dos luminarias, una para la calzada y otra para la acera.*
- *Luminarias sobre brazo o aplique adosado en fachada.*
- *Soportes específicos de tipo peatonal implantados sobre la acera.*
- *Combinación de las alternativas anteriores.*

Si las aceras no son muy anchas, en general, el flujo emitido hacia atrás por las luminarias que iluminan la calzada resulta suficiente para iluminar las aceras.

No obstante, a partir de 4 m. de anchura de acera, existencia de pantalla de arbolado o con un importante uso peatonal, se recomienda implantar un alumbrado específico de las aceras.

Se aconseja que el alumbrado de las calles peatonales permita con carácter prioritario la creación de un ambiente agradable, al tiempo de asegurar unas condiciones de visión y de confort visual, al menos, aceptables para los usuarios.

En este caso el proyecto de alumbrado debe tener en cuenta además de un encaminamiento peatonal, las transiciones con la red donde el usuario dominante es el automóvil.

Aún cuando no suele resultar posible relacionar el alumbrado comercial (tiendas y áreas comerciales) con el alumbrado público o exterior, sería deseable poder llegar a vincular ambos alumbrados. No obstante, en todo caso los proyectos de alumbrado exterior de las vías peatonales deben asegurar un nivel mínimo de iluminación cuando el alumbrado comercial se apaga.

Se aconseja iluminar una calle peatonal a partir de luminarias de alumbrado ambiental sobre brazos o apliques en fachadas, sobre soportes con utilización complementaria de balizas o bornes luminosos bajos, pudiendo implantarse soportes especiales en los que se cuide su diseño, en consonancia con su entorno.

La voluntad de diferenciar la red peatonal o la de integrarla visualmente al conjunto de la red viaria debe orientar la elección de las fuentes de luz, en lo que respecta a la temperatura y rendimiento de color, teniendo en cuenta la existencia en las proximidades de tiendas, locales comerciales, cafeterías, terrazas, etc., así como sectores históricos y zonas emblemáticas. Las texturas y los colores de los materiales del suelo y de las fachadas tendrán también una incidencia sobre dicha elección.

Se aconseja en el alumbrado urbano tener en cuenta la publicación CIE nº 136.

PLC MADRID

2.1 Entradas y travesías de ciudades

El alumbrado de las entradas y travesías de ciudades debe ser tal que permita a los conductores de los vehículos distinguir no solamente la calzadas, sino los espacios colindantes a la travesía (aceras, plazas, edificios, etc.) de forma que pueda ver a los peatones y reaccionar ante cualquier imprevisto.

Dicho alumbrado debe inducir a la reducción de la velocidad de los vehículos, así como facilitar la orientación y visión de la señalización horizontal y vertical, al tiempo que destacar los puntos singulares: cruces, glorietas, intersecciones, etc., para lo cual se recomienda iluminar toda la sección de la travesía, incluyendo las bandas de estacionamiento, las aceras, etc. y especialmente los pasos de peatones.

En consecuencia, en las entradas y travesías de las ciudades, el alumbrado debe ser objeto de un tratamiento especial, dado que debe responder, entre otras, a las necesidades relativas a:

- *Facilitar un efecto de señalización y guiado visual de la entrada y travesía de la ciudad.*
- *Proporcionar adecuadamente a los conductores de los vehículos el tipo y características de la vía de tráfico que van a enfilar, con la finalidad de adaptar su comportamiento a las características de esta vía y del medio que atraviesan.*
- *Realzar, en su caso, los edificios, fuentes, estatuas, etc. y monumentos emblemáticos mediante alumbrado ornamental.*

Las clases de alumbrado o niveles de referencia que se recomiendan para las entradas y travesías de ciudades son CE1A y CE2.

3 INSTALACIONES DE ALUMBRADO DE CARRETERAS

Las implantaciones utilizadas son generalmente unilateral, del tipo central (con medianas iguales o inferiores a 3 m) o bilateral en oposición.

Se instalan en la actualidad principalmente lámparas de vapor de sodio a alta presión.

En la implantación de puntos de luz se recomienda situar el soporte a una distancia mínima aproximada de 0,8 a 0,9 m del bordillo de la calzada.

En vías clase A (véase ITC-EA-02), así como en aquellas otras con una elevada intensidad de tráfico, los soportes cuya ubicación pueda resultar conflictiva, se aconseja reubicarlos adecuadamente.

Las luminarias se instalarán siempre con su plano de simetría normal o perpendicular al plano de la calzada, lo que podrá conllevar la necesidad de girarlas sobre la vertical en el caso de tramos en pendiente.

Para una circulación segura se recomienda resulten perfectamente visibles el trazado de la carretera, los límites de la misma, los posibles nudos (intersecciones y enlaces) y cualquier otra zona especial de vial. El alumbrado exterior vial se considera debe contribuir a conseguir lo señalado y para ello:

- *Deberá incrementarse la visibilidad de la calzada respecto a las zonas colindantes y la visibilidad de la señalización horizontal, vertical y el balizamiento (marcas viales de los bordes de la calzada, líneas centrales, separación de carriles, barreras de seguridad, balizas, captafaros, hitos, etc.).*
- *La disposición de los puntos de luz (luminarias) deberá permitir detectar a suficiente distancia el trazado de la carretera, los cruces y otras zonas especiales de viales, jalonando su recorrido.*
- *El cambio de tipo de fuente de luz de diferente color a la del resto de la vía de tráfico en enlaces, intersecciones, glorietas, circunvalaciones y puntos singulares donde la relación entre accidentes nocturnos y diurnos es elevada, ayudará al guiado visual.*

Por lo que respecta a la visión de la señalización horizontal y, en concreto, de las marcas viales, la cuestión esencial será asegurar una buena visibilidad por la noche, así como en condiciones de pavimento mojado. En éste último caso los captafaros, los hitos retrorreflectantes y las marcas viales en relieve, al estar por encima de la película de agua de la calzada producida por la lluvia, mantienen la visibilidad proporcionada por el alumbrado viario y los propios faros del vehículo, conservándose el guiado visual y la seguridad viaria.

En intersecciones, enlaces, glorietas, zonas de incorporación de nuevos carriles, pasos elevados, curvas pronunciadas y viales en pendiente, áreas en las que se forman embotellamientos, etc., debido a que el trazado viario puede plantear problemas muy complicados en cuanto a visión y maniobra de los vehículos, los proyectos y memorias técnicas de diseño del alumbrado viario de estas zonas especiales requieren una singular consideración.

Así, en la actuación de los conductores en estos supuestos concurren tres factores básicos que difieren de las situaciones habituales de tráfico:

- *Los conductores sufren un aumento de las tareas mentales y visuales a desarrollar en unos periodos de tiempo muy limitados, cuando se aproximan y tratan de circular por estas zonas o tramos especiales.*
- *El contorno de los objetos u obstáculos no se reconoce muchas veces y muy frecuentemente se suelen presentar problemas de deslumbramiento, provocado bien por las luminarias o proyectores que dirigen el flujo luminoso en sentido contrario al vehículo, o por las luces (cruce y carretera) de los faros de otros vehículos.*
- *No se dispone de una buena iluminación mediante los faros del vehículo, de forma que resulta insuficiente para la visión de los obstáculos, debido a la geometría de la carretera (curvas cerradas, viales en elevada pendiente, etc.), así como a la dificultad de detener el automóvil a velocidades superiores a 60 Km/h.*

En el alumbrado viario de estas zonas especiales se recomienda tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- *Necesidad de efectuar un reconocimiento previo in situ con la finalidad de verificar sobre el terreno las posibilidades reales de implantación de la instalación de alumbrado*
- *Evitar la instalación de puntos de luz en isletas de pequeñas dimensiones, separadoras o direccionales del tráfico de vehículos, cuya visibilidad puede reforzarse bordeando las mismas con dispositivos retroreflectantes, e incluso luminosos en zonas periurbanas pero evitando el deslumbramiento.*
- *Implantar soportes que correspondan al mismo modelo o como mínimo presenten la misma silueta.*

En el caso de zonas especiales aisladas situadas en un itinerario que carece de alumbrado viario, la iluminación de dichas zonas deberá permitir a los conductores de los vehículos lo siguiente:

- *A larga distancia (800 a 1000 m) divisar una zona luminosa que provoque su atención.*
- *A media distancia (300 a 500 m) comenzar a percibir una idea de la configuración de la zona especial, mediante un guiado visual llevado a cabo merced a una adecuada disposición de los puntos de luz.*
- *A corta distancia, ver los obstáculos y trayectoria a seguir sin ningún tipo de ambigüedad.*
- *A la salida de la zona especial dotada de alumbrado, que durante un tramo, al menos, de 200 m, exista un progresivo decrecimiento de los niveles de iluminación, que posibilite la adaptación de la visión del nivel luminoso de la zona especial a la oscuridad del itinerario viario, de forma que se evite el denominado efecto "agujero negro".*

En el supuesto de iluminación de nudos (enlaces e intersecciones) mediante soportes a gran altura equipados con proyectores, además de cumplir lo indicado en el epígrafe 3.1 de la Instrucción técnica complementaria ITC-EA-04, el deslumbramiento máximo admisible GR, debe ser igual o inferior a 45

(GR_{max} ≤ 45), tal y como concreta el punto 3.7 de la instrucción ITC-EA-02, siendo el índice de deslumbramiento GR el que define la Publicación CIE nº 112.

En los proyectos y en las memorias técnicas de diseño de alumbrado de carreteras, la implantación de puntos de luz en tramos rectos, así como las soluciones luminotécnicas en curvas, intersecciones, enlaces, puentes, calzadas elevadas, rampas pronunciadas, etc., se recomienda se ajusten a lo determinado en las Recomendaciones para la Iluminación de Carreteras y Túneles del Ministerio de Fomento.

4 ILUMINACIÓN ORNAMENTAL

Un adecuado diseño de la iluminación ornamental requiere considerar, entre otras, las dimensiones del edificio o monumento a iluminar, su situación y alrededores, las terminaciones de las fachadas, así como los contrastes entre fachadas y fondos.

Para la redacción del proyecto de iluminación ornamental se aconseja, entre otras, las siguientes acciones a ejecutar:

- *Concretar los resultados que se quieren lograr.*
- *Determinar la ubicación y sistema de implantación de los proyectores.*
- *Precisar la luminancia de los materiales y detalles de la fachada.*
- *Fijar la temperatura y rendimiento de color de las fuentes de luz.*
- *Dimensionar el número de proyectores a instalar, tipo de distribución de la intensidad luminosa y potencia.*

En la iluminación ornamental los contrastes son generalmente más importantes que su homogeneidad, y las sombras resultan tan transcendentes como la propia luz.

Por otra parte, la iluminación coloreada permite destacar planos diferentes y producir sombras de colores. No obstante, se aconseja utilizar el color con discreción.

El impacto visual de la fachada del edificio iluminado depende considerablemente del brillo de los alrededores. Cuanto más oscuro sea el fondo, menor es la cantidad de luz necesaria para realzar el edificio, cuya forma se destaca mejor cuando sus contornos son visibles.

Se acentúa la configuración de torres, cúpulas y capiteles, si se consigue un adecuado modelado mediante luces y sombras, recomendando iluminar como máximo desde tres direcciones.

Los monumentos deben iluminarse de manera que se ponga de manifiesto su carácter, edad y, donde sea posible, su significado histórico. A este respecto la iluminación de castillos y monumentos similares, debe diseñarse para realzar el carácter macizo de las estructuras, y revelar la apariencia de las torres, almenas y otros elementos prominentes.

Si la iluminación ornamental de la fachada se reduce progresivamente desde la base hasta el tejado, se incrementa la impresión de altura del edificio, mientras que si las partes más bajas de un edificio están ocultas a la visión a distancia por las construcciones de los alrededores, resulta conveniente disminuir el brillo hacia el suelo.

Finalmente, el autor del proyecto o memoria técnica de diseño en cada caso concreto deberá buscar las pautas de emplazamiento idóneo de los proyectores, que permitan conseguir los valores de los factores de utilización y de mantenimiento mejores alcanzables, con la finalidad de limitar el resplandor luminoso nocturno, reducir la luz intrusa o molesta y lograr una instalación eficiente desde el punto de vista del ahorro energético.

Se recomienda realizar un estudio del alumbrado ornamental del edificio o monumento desde, al menos, dos direcciones de visión. Tener en cuenta dos direcciones de visión influye sobre la ubicación de los proyectores y la percepción a lograr del edificio iluminado.

Si la dirección de apuntamiento de los proyectores es la misma que la de visión, las fachadas de los edificios iluminados aparecerán sin relieve, es decir, planas.

Para obtener un efecto acertado, se considera que las dos direcciones (visión y alumbrado) deberán formar un ángulo comprendido entre 30º y 70º.

La elección y cantidad de proyectores a implantar depende, entre otros factores, de la naturaleza de los materiales del edificio o monumento, del efecto luminoso que se pretende alcanzar y del entorno del edificio poco o muy luminoso.

Suele resultar necesario prever una iluminación en sentido opuesto al del flujo luminoso principal con la finalidad de mitigar las sombras pronunciadas que, generalmente, corresponde aproximadamente a una proporción del 10 al 30% del flujo luminoso principal.

También alternativamente se puede optar por iluminar con un contraste negativo, de suerte que se ilumine el fondo del edificio, al objeto de que los elementos situados en primer plano, aparezcan en efecto silueta.

A la vista de un edificio, su fotografía o sus planos, el responsable del proyecto o memoria técnica de diseño de alumbrado podrá determinar el emplazamiento posible de los proyectores y su tipo de distribución luminosa.

Se recomienda, tener presente que, a pesar de una idónea realización de cálculos luminotécnicos fiables y bien definidos, siempre resulta necesario realizar, bien simulaciones virtuales con el ordenador para poder apreciar los efectos obtenidos o ejecutar "in-situ" reiteradas pruebas y ensayos, o ambas cosas, que es lo habitual, antes de proceder a la instalación definitiva de la iluminación ornamental del edificio o monumento.

Un detallado reconocimiento del entorno o alrededores próximos al edificio o monumento a iluminar facilita considerar:

- *Las diferentes posibilidades de instalación de los proyectores*
- *El fondo: definido como el ambiente luminoso que servirá de ámbito o entorno del edificio o monumento iluminado*
- *La existencia de distintos obstáculos: mobiliario urbano, edículos, árboles, verjas, etc*
- *La presencia de láminas o superficies de agua*

Cuando se diseña el proyecto de alumbrado ornamental se estima muy importante prever un adecuado emplazamiento de los proyectores, dado que ésta es una de las problemáticas más importantes que debe resolver el proyectista.

Entre los posibles emplazamientos de los proyectores, pueden considerarse los siguientes:

- *Soterrados empotrados en aceras, pavimentos o suelos.*
- *En el suelo, colocados entre macizos de flores, arbustos, etc.*
- *En soportes existentes de alumbrado público.*
- *En el propio edificio a iluminar -terrazas, marquesinas, cornisas, balaustradas, balconadas- u otros salientes que permitan ocultar el punto de luz.*
- *En cubiertas o paramentos verticales de edificios contiguos.*
- *En columnas implantadas propiamente para la iluminación ornamental del edificio.*

La ocultación de los proyectores se considera constituye una de los puntos esenciales para la obtención de un buen resultado en el alumbrado ornamental.

Se recomienda que la ejecución de la instalación sea correcta, dado que en caso contrario podría suceder que, los proyectores situados en direcciones contrarias a la circulación de vehículos, produjeran deslumbramiento en los conductores, lo que ineludiblemente exigiría el apantallamiento de los proyectores.

Cuando el entorno del edificio a iluminar es un fondo oscuro o sombrío, se estima no se necesita proporcionar una cantidad importante de luz para que el edificio sea más claro que el fondo y destaque del mismo.

En el caso de que en las proximidades del edificio a iluminar existan otros edificios cuyo alumbrado interior, por ejemplo, permanezca encendido por la noche, se necesita prever mayor cantidad de luz para conseguir que el edificio destaque sobre los demás. Otro tanto sucede si el fondo, sobre el que se encuentra el edificio, tiene una luminancia elevada.

En algunas ocasiones los árboles y las verjas o vallas que rodean un edificio se recomienda poder utilizarlos como parte decorativa, que podrán verse en silueta sobre la fachada iluminada del edificio. Para ello, los proyectores se emplazarán detrás de los árboles y verjas, de forma que no sean vistos por el observador. De esta manera quedará reforzada la impresión de profundidad.

En todo caso, para el alumbrado ornamental se recomienda considerar lo especificado por la Publicación CIE nº 94, en lo que respecta al diseño de dicha iluminación en función de los tipos de planta de los edificios (cilíndrica, poliédrica,…etc), forma de los tejados, existencia de balconadas y galerías, así como en lo referente al alumbrado de puentes, fortificaciones y murallas, estatuas y esculturas, ventanas, elementos acuáticos, etc.

5 ALUMBRADO DE TÚNELES Y PASOS INFERIORES

Durante el día a la entrada de los túneles se originan importantes problemas de visión en los conductores de los vehículos, que afectan gravemente a la seguridad vial, debido al brusco descenso entre los niveles de iluminación del exterior e interior de los mismos.

Por tanto, la entrada de un automóvil en un túnel supone para el conductor del vehículo efectuar una adecuada adaptación visual, que permita superar el riguroso y súbito tránsito desde las elevadas luminancias antes de entrar, a las prácticamente nulas dentro del túnel.

Esta sobrevenida y repentina adaptación visual constituye el nudo gordiano de la visión del conductor en un túnel, ya que teniendo en cuenta las prestaciones visuales del ojo humano, dicha adaptación requiere un cierto tiempo que depende de la diferencia entre los niveles de iluminación del exterior y del interior del túnel, de forma que cuanto mayor resulte dicha diferencia más tiempo se precisará para llevar a cabo la adaptación visual.

El referido tiempo de adaptación visual o adecuación a la severa bajada en los niveles de iluminación, implica para una concreta velocidad del vehículo una determinada distancia recorrida, que aumentará a medida que crezca la velocidad del mismo.

En consecuencia, desde el punto de vista luminotécnico, en un túnel deben contemplarse diferentes zonas que necesitarán distintos niveles de iluminación decrecientes, a medida que se penetre en el interior del mismo y se desarrolle la adaptación visual.

Las zonas a considerar son las siguientes: acceso (zona exterior inmediata a la entrada del túnel), entrada (zonas de umbral y transición), interior y finalmente zona de salida.

En la figura siguiente se ha representado una sección longitudinal de un túnel largo unidireccional interurbano, detallando las longitudes y niveles de luminancia de las diferentes zonas del mismo. La nomenclatura y correspondiente definición de dichos niveles luminotécnicos se concreta a continuación:

- *L_{20} = Luminancia en la zona de acceso.*
- *L_{th} = Luminancia en la zona de umbral.*
- *L_{tr} = Luminancia en la zona de transición.*
- *L_n = Luminancia en la zona del interior.*
- *L_{ex} = Luminancia en la zona de salida.*

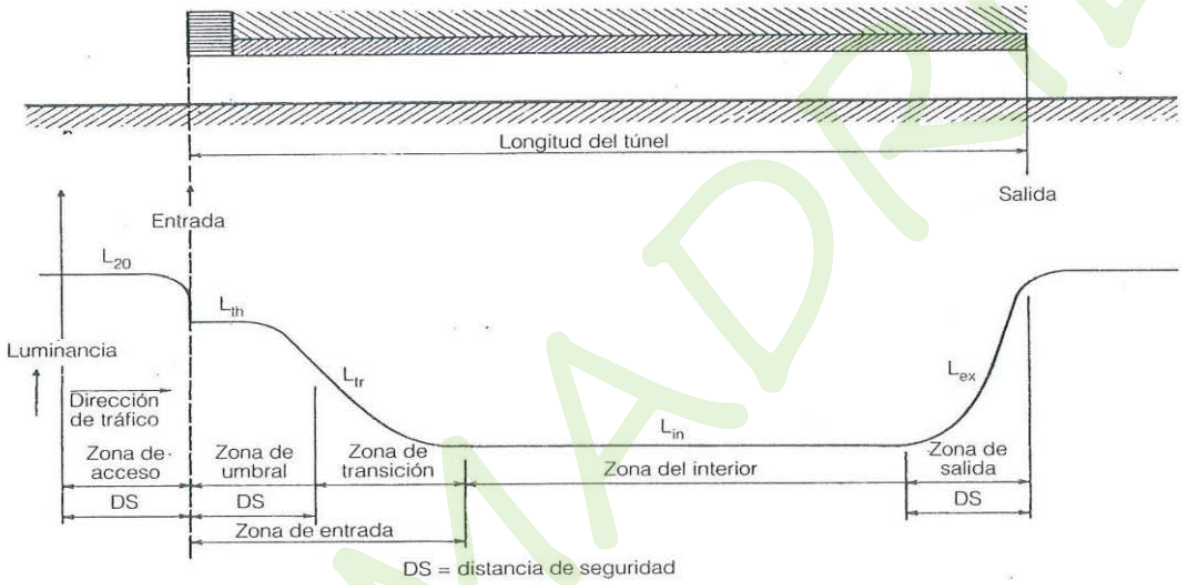


Fig.- Sección longitudinal de un túnel largo unidireccional interurbano, con especificación de las luminancia y longitudes de las diferentes zonas del mismo.

Las principales características fotométricas necesarias para establecer la calidad del alumbrado de un túnel son las siguientes:

- *Nivel de luminancia de la calzada.*
- *Nivel de luminancia de las paredes, en particular hasta una altura de 2 m.*
- *Uniformidad de distribución de luminancia en calzada y paredes.*
- *Control del efecto flicker.*

La zona de acceso, situada delante de la entrada del túnel, comienza a una distancia del mismo igual a la distancia de parada de los vehículos, que depende de la velocidad máxima autorizada en el túnel.

En la zona de umbral, durante la primera mitad de la distancia de parada, el nivel de luminancia es constante e igual al de comienzo de dicha zona (L_{th}). A partir de la mitad de la distancia de parada en adelante, el nivel de luminancia disminuye linealmente hasta un valor al final de la zona de umbral, igual a 0,4 L_{th}.

La zona de transición comienza al final de la zona de umbral y termina al comienzo de la zona interior. La disminución de los niveles de iluminación en la zona de transición se realiza gradualmente, siguiendo una curva tipo normalizada por la Comisión Internacional de Iluminación (CIE), con la finalidad de proporcionar el tiempo suficiente a los conductores de los vehículos para adaptar o ajustar su visión a niveles luminosos más bajos.

PLC MADRID

La longitud variable de la zona de transición es función de la velocidad máxima autorizada en el túnel, y del gradiente del nivel de iluminación entre la terminación de la zona de umbral y el inicio de la zona de interior.

Habitualmente, en la zona de transición se sustituyen los niveles de la curva normalizada (CIE), por valores ligeramente superiores que se obtienen mediante escalonamientos sucesivos de aproximación a dicha curva, de forma que la relación máxima de luminancia permitida al pasar de un escalón a otro es de 3, aunque en el último escalón dicha relación no debe ser superior a 2 veces la luminancia de la zona interior del túnel (L_{int}).

La zona del interior con un nivel constante de luminancia (L_{int}), es la parte del túnel que sigue a la zona de transición y, por tanto, se extiende desde el final de la zona de transición hasta el comienzo de la zona de salida.

En los túneles largos la zona de interior se divide en dos subzonas, la primera de ellas corresponde a la longitud cubierta por un vehículo en 30 segundos circulando a la velocidad máxima permitida con unos niveles de iluminación (L_{int}), y la segunda constituye el resto de la zona interior hasta la zona de salida con niveles de iluminación inferiores a los de la primera subzona..

La zona de salida comienza cuando termina la zona interior y finaliza en el portal de salida del túnel. En esta zona, en una longitud igual a la distancia de parada antes de dicho portal, la luminancia debe aumentar linealmente desde el valor de la zona interior (L_{int}), hasta un nivel 5 veces el de dicha zona a una distancia de 20 m del portal de salida del túnel. En túneles bidireccionales la iluminación de la zona de salida será idéntica a la de la zona de entrada.

En la zona exterior, cuyo alumbrado funciona lógicamente sólo durante la noche, o zona inmediata al portal de salida del túnel, se recomienda considerar una longitud a iluminar igual a dos veces la distancia de parada, aun cuando no se estima necesaria una distancia superior a 200 m, con un nivel no inferior a 1 cd/m^2.

5.1 Sistemas de Iluminación de Túneles

Para la iluminación de túneles pueden utilizarse el sistema de iluminación simétrico, en el que las luminarias tienen una distribución de la intensidad luminosa simétrica respecto al plano C90/270º (plano perpendicular a la dirección del tráfico), y el sistema de iluminación a contraflujo, en el que las luminarias tienen una distribución de la intensidad luminosa asimétrica, dirigida contra el sentido de circulación del tráfico de vehículos.

El sistema de iluminación a contraflujo crea un mayor contraste entre los obstáculos (vehículos) y el fondo (superficies de las paredes y calzada del túnel), que permite mayor visibilidad en menores niveles de iluminación (luminancias), que las que se necesitan en el sistema de iluminación simétrico.

La tabla que se expone a continuación ha sido obtenida aplicando el método de dimensionamiento del Centro de Estudios de Túneles (CETU) y ha sido incorporada a las Recomendaciones Relativas al Alumbrado de Vías Públicas de la Asociación Francesa de Iluminación (AFE).

ENTRADA DE TÚNELES

NIVELES DE LUMINANCIA EN SERVICIO Y LONGITUD EL ALUMBRADO DE REFUERZO

NIVEL DE VELOS PARÁSITOS	VELOCIDAD DE APROXIMACIÓN	NIVEL DE LUMINANCIA EN LA ENTRADA (parte más iluminada) Sistema de Iluminación		LONGITUD DEL ALUMBRADO DE REFUERZO PARA ALCANZAR EL NIVEL DE ILUMINACIÓN DE LA ZONA INTERIOR DEL TÚNEL Nivel de Iluminación en la Zona Interior		
	Km/h	SIMÉTRICO (cd/m²)	CONTRAFLUJO (cd/m²)	8 d/m² (m)	5 d/m² (m)	2 d/m² (m)
FUERTE	130	-	(440)	600	660	790
	110	(550)	210	360	410	640
	90	(280)	120	300	350	510
	70	150	90	240	290	350
	50	70	-	150	180	270
MEDIO	130	-	(290)	550	620	740
	110	(360)	140	300	350	590
	90	180	80	250	300	490
	70	100	60	200	250	350
	50	50	-	120	150	270
DÉBIL	130	-	140	470	530	670
	110	180	70	230	260	420
	90	90	40	170	220	390
	70	50	30	140	180	340
	50	25	-	80	100	220

Esta tabla de la (AFE) proporciona un orden de magnitud de la luminancia media en servicio (L_{th}) en la entrada del túnel (primera parte de la zona umbral) en función de:

- *Importancia de los velos parásitos (ligados a las luminancias del entorno de la entrada del túnel), que perturban la percepción visual del conductor del vehículo.*
- *La velocidad de aproximación del vehículo.*
- *Tipo de sistema de iluminación adoptado.*

La referida tabla de la (AFE) puede utilizarse para un estudio preliminar, predimensionamiento o anteproyecto.

En la tabla los valores entre paréntesis casi nunca se ejecutan en la práctica, asimismo en la iluminación mediante sistema simétrico, con velocidades superiores a 70 Km/h con velos fuertes, 90 Km/h con velos parásitos medios, o 110 Km/h con velos débiles, se da lugar a niveles de luminancia difícilmente realizables.

Por otra parte, los niveles de luminancia media de la tabla de la (AFE) corresponden a periodos para los cuales las condiciones luminosas exteriores son las más desfavorables (soleamiento máximo en orientación desfavorable del sol).

De conformidad con las vigentes Recomendaciones Relativas al Alumbrado de Vías Públicas de la Asociación Francesa de Iluminación (AFE), que incorporan los resultados de los trabajos realizados por el Centro de Estudios de Túneles (CETU), en la entrada de túneles para una velocidad de 70 Km/h se necesita con el sistema de iluminación a contraflujo un nivel de iluminación (luminancia) 1,6 veces menor que con el sistema simétrico, mientras que para una velocidad de 90 Km/h el nivel requerido es 2,2 veces menor y finalmente en el caso de 110 Km/h el nivel de iluminación es 2,6 veces inferior.

A partir de una velocidad de circulación de 110 Km/h, únicamente resulta viable el sistema de iluminación a contraflujo para el resolver los problemas de visión de los conductores de los vehículos.

Resultan evidentes las ventajas respecto al ahorro de energía eléctrica del sistema de iluminación a contraflujo para el alumbrado de refuerzo de la zona de entrada de los túneles unidireccionales, que exige que las luminarias se implanten en el techo del túnel y nunca en las paredes. Este sistema de iluminación a contraflujo no puede utilizarse en el alumbrado de la entrada de túneles bidireccionales.

El sistema de iluminación simétrico se utiliza en todos los casos en la zona del interior de los túneles y en la zona de entrada de los túneles bidireccionales, pudiéndose implantar también este sistema en la zona de entrada de los túneles unidireccionales cuando la velocidad de circulación está muy limitada, del orden de 50 Km/h.

El dimensionamiento y cálculo de las instalaciones de alumbrado de túneles, debe realizarse de acuerdo con lo establecido en la Publicación CIE nº 88 de 2004, y en el Real Decreto 635 /2006, de 26 de mayo, sobre requisitos mínimos de seguridad en los túneles de carreteras del Estado, que constituye la transposición de la Directiva 2004/54/CE.

PLC MADRID

ANEXO - III

ACTUACIONES EN LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO

ÍNDICE

1 INFLUENCIA DEL ALUMBRADO VIAL SOBRE LOS ACCIDENTES 2
1.1 CAPACIDAD VISUAL NOCTURNA 3
1.2 EFECTOS DE LA EDAD EN LA VISIÓN 4
2 RECOMENDACIONES PARA LA SELECCIÓN DE TRAMOS DE CARRETERAS A ILUMINAR 5
3 REDUCCIÓN DE LOS NIVELES DE ILUMINACIÓN EN CARRETERAS 7
3.1 PROBABILIDAD DE VISÓN 7
3.2 NIVELES MÍNIMOS DE ILUMINACIÓN ADMISIBLES 9
4 RECOMENDACIONES PARA EL APAGADO DE INSTALACIONES DE ALUMBRADO DE CARRETERAS ... 10
5 MEDIDAS DE AHORRO EN EL ALUMBRADO DE TÚNELES 11
5.1 REDUCCIÓN DE LOS NIVELES DE ILUMINACIÓN EN TÚNELES 11

PLC MADRID

En una primera parte se expone la influencia del alumbrado vial sobre los accidentes, considerando la capacidad visual nocturna de los conductores de los vehículos, así como los efectos de la edad en la visión, para proseguir con las recomendaciones para la selección de tramos de carretera a iluminar.

En la segunda parte se abordan las actuaciones en materia de mejora de la eficiencia energética mediante la reducción de los niveles de iluminación en carretera, detallando los niveles mínimos de iluminación admisibles en función de una probabilidad de visión suficiente. Igualmente se señalan las actuaciones recomendables para el apagado del alumbrado en tramos de carreteras.

Por último se especifican las medidas de ahorro energético en alumbrado de túneles.

1 INFLUENCIA DEL ALUMBRADO VIAL SOBRE LOS ACCIDENTES

Los primeros estudios relativos a la influencia del alumbrado de las carreteras sobre el número de accidentes nocturnos se llevó a cabo en Gran Bretaña en los años 50 del siglo pasado por el "Transport and Road Research Laboratory". En sus conclusiones se afirmaba que el número de accidentes con víctimas mortales y heridos graves podría reducirse alrededor de un 30% debido a la instalación de alumbrado en la carretera.

Desde entonces se han efectuado numerosos análisis similares en distintos países obteniendo resultados semejantes.

El Ministerio Belga de Trabajos Públicos realizó diferentes investigaciones, en una de los cuales en 1973, se analizaban los accidentes sobrevenidos en 1125 Km. de carreteras nacionales, deduciéndose que el riesgo de accidentes era 1,6 veces mayor por la noche que durante el día, con mayor número de víctimas mortales y heridos graves asimismo por la noche.

Debido a la crisis energética el Gobierno Belga en 1981 adoptó medidas económicas, la primera de ellas a partir del 1 de agosto, que consistió en apagar las instalaciones de alumbrado en las autovías desde las 0h 30m hasta las 5h 30m. La segunda medida implantada, también desde el 1 de agosto de 1981, se concretó en reducir a la mitad (1cd/m^2) la luminancia de las calzadas de las autovías, igualmente desde las 0h 30m hasta las 5h 30m, pero manteniendo la uniformidad.

Posteriormente se procedió a analizar los accidentes acaecidos durante los 12 meses anteriores al 1 de agosto de 1981, así como en el transcurso de los 12 meses posteriores a dicha fecha, en la que estaban en vigor las referidas medidas económicas.

Las actuaciones tuvieron lugar en un total de 1110 Km de autovías, correspondiendo 600 Km a la primera medida (apagado de la instalación), 355 Km a la segunda (reducción del nivel de luminancia) y 155 Km a tramos de autovías en los que se dejó en funcionamiento el 100% de las instalaciones de alumbrado sin disminuir los niveles de iluminación, que sirvieron de base para los estudios comparativos.

El total de accidentes con víctimas mortales y lesiones estudiados ascendió a 3307. Los exhaustivos análisis realizados dieron lugar a los siguientes resultados:

Causas de los accidentes	*Aumento de la siniestralidad*
Apagado del alumbrado	
- Accidentes	*63,0%*
- Víctimas mortales	*38,5%*
- Heridos graves	*108,0%*
Reducción del nivel de luminancia	
- Accidentes	*23,9%*
- Víctimas mortales	*10,0%*
- Heridos graves	*98,6%*

De la lectura de las cifras consignadas en la tabla anterior, cabe afirmar la importancia del alumbrado de los tramos de autovías y carreteras, así como del mantenimiento de sus niveles de iluminación, en la minoración de los accidentes, víctimas mortales y heridos graves.

Pasada la crisis energética se volvió a restablecer el servicio de alumbrado de las autovías belgas al estado inicial.

Según la Comisión Internacional de Iluminación en su Publicación CIE nª 180 de 2007, de noche en tramos de carretera no iluminados, el porcentaje de víctimas mortales por accidentes de circulación se multiplica por 3 respecto a los fallecidos en tramos de carretera equipados con alumbrado vial.

En la Publicación CIE nª 93 se manifiesta que ha quedado demostrado que el alumbrado de carreteras reduce los accidentes en una media, al menos, de un 30% durante la noche.

En España, según datos estadísticos actualizados de la Dirección General de Tráfico, la media de accidentes de circulación es de un 47% en carretera y un 53% en zona urbana, mientras que los fallecidos por accidente en carretera asciende a un 82% y en zona urbana a un 18%.

En nuestro país, con un tráfico medio nocturno de vehículos de alrededor de un 25%, el número de muertos por accidentes en carretera producidos durante la noche asciende a un valor medio del 46%, cifras similares a los de la Unión Europea, es decir, con una cuarta parte de vehículos circulando por la noche, existen prácticamente tantos accidentes mortales por el día que nocturnos.

Sin olvidar otros factores individuales como el consumo de alcohol, drogas, etc., en la incidencia de los accidentes, las tasas tan altas de accidentes nocturnos tienen su origen en la propia oscuridad, ya que las capacidades visuales de los conductores de los vehículos son modificadas perjudicialmente debido a los mínimos o nulos niveles luminosos existentes y, por tanto, la visibilidad queda muy restringida por la noche.

1.1 Capacidad Visual Nocturna

El alumbrado mejora considerablemente las prestaciones visuales. En efecto, aun cuando la visión es capaz de funcionar entre limites muy amplios (desde la luz solar hasta la proporcionada por un claro de luna), la visión humana diurna y nocturna tienen características y prestaciones muy diferentes.

La visión diurna o fotópica, asegurada por las células fotosensibles del centro de la retina - los conos – en su triple variedad de azules, verdes y rojos, cuyo funcionamiento se inicia a partir de 3 ó 4 cd/m^2, se caracteriza por una gran nitidez, una elevada velocidad en la distinción de contrastes, así como por una clara percepción de los colores.

Los - bastones – fotorreceptores situados en la periferia de la retina, garantizan la visión nocturna o escotópica, cuyo intervalo de funcionamiento está comprendido entre 10^{-6} y 10^{-3} cd/m^2 y que tiene unas características muy distintas a la diurna, con una alta sensibilidad a las sensaciones luminosas, débil nitidez, baja velocidad en la diferenciación de los contrastes y no apreciación de los colores.

En los periodos del alba y del crepúsculo, pero sobre todo en las condiciones en las que se efectúa la conducción de un vehículo por la noche con la iluminación suministrada por los faros del mismo (luces de cruce y carretera) y, en su caso, en carreteras dotadas de alumbrado vial, interviene un tercer tipo de visión denominada mesópica, con un intervalo de funcionamiento entre 10^{-3} y 3 ó 4 cd/m^2 , cuyas peculiaridades son muy próximas a las de la visión nocturna.

Por tanto, el automovilista que conduce por la noche tiene una visión muy reducida, con prestaciones visuales sensiblemente limitadas que pueden dar lugar a graves consecuencias, dado que la conducción del vehículo depende en una buena parte de la calidad de las informaciones visuales recibidas por el conductor.

Cuando la visión se efectúa bajo débiles luminancias, durante la conducción nocturna de vehículos, tal y como se ha indicado, las prestaciones visuales presentan unas especiales características, como es la reducción de la agudeza visual, disminución de la sensibilidad diferencial al contraste, con alteración

importante en la evaluación de distancias, percepción limitada de obstáculos laterales y visión cromática rara e insólita, prácticamente inexistente.

Para un conductor de 25 años con la vista normal la agudeza visual, que permite la visión detallada tanto de cerca cómo de lejos, es de 10/10^{e}. El alumbrado de las luces de cruce de un vehículo proporciona una luminancia del orden de 0,2 – 0,3 cd/m^2 ,que hace descender la agudeza visual del conductor a 3/10^{e}, equivalente a la de una persona de 80 años con luz diurna, por lo que disminuye la sensibilidad diferencial al contraste, estrecha el campo visual y altera la percepción de distancias, para remontar a 7,5/10^{e} con un buen alumbrado vial, volviendo prácticamente a la normalidad la percepción de distancias.

Sobre la agudeza visual inciden negativamente tanto los errores de refracción del ojo como las ametropías (hipermetropía, miopía y astigmatismo).

La sensibilidad diferencial al contraste, que es la propiedad del ojo que permite reconocer un objeto sobre un fondo que difiere poco del mismo, como sucede en la conducción nocturna, es más de 3 veces superior en una carretera dotada de alumbrado (2cd/m^2), que solamente con la iluminación proporcionada con la luz de cruce del vehículo (0,2 – 0,3 cd/m^2).

Además, en la conducción nocturna con las luces de cruce del vehículo la eficacia de la visión binocular, que permite la visión de los objetos en tres dimensiones (visión estereoscópica), queda reducida a un tercio (1/3) de la que se alcanza durante el día, por lo que la apreciación y evaluación de distancias por parte del conductor es peligrosamente falseada en tramos de carretera que carecen de alumbrado vial, de modo que los vehículos que circulan en dirección contraria se encuentran bastante más cerca de lo que el conductor cree percibir, con el elevado riesgo de accidente que ello conlleva.

La adaptación del ojo a la iluminación del entorno se consigue mediante la contracción y dilatación de la pupila en función de la intensidad de la luz existente, y es lenta durante el día en la entrada de los túneles al pasar de las altas luminancias exteriores a las bajas del interior.

La adaptación a la oscuridad es muy importante en la conducción nocturna, que suele agravarse en el caso de miopía nocturna causada por el cristalino, que en la oscuridad adopta una posición de reposo diferente a la que toma en visión diurna.

También debe considerarse la presbicia nocturna, consistente en un descenso notable de la amplitud de acomodación o puesta a punto automática de la imagen óptica sobre la retina, a medida que se acerca o aleja un objeto, que puede llegar a ser la mitad de su valor en visión diurna cuando la luminancia sólo es de 0,2 cd/m^2 (nivel proporcionado por la luz de cruce de un vehículo), sin olvidar el caso de los miopes ligeros (1 a 1,5 dioptrias) no corregidos, que por la noche ven considerablemente aumentado su defecto.

1.2 Efectos de la Edad en la Visión

Tal y como especifica la Publicación CIE nº 115 de 2010 la capacidad visual disminuye con la edad debido, en primer término a que la transmisión del medio ocular decrece considerablemente en el transcurso de los años; por ejemplo, a los 70 años es sólo al 28% de la que se tiene a los 25 años.

En segundo lugar, la luz dispersada en el medio ocular igualmente aumenta con la edad, lo que produce la reducción del contraste de los objetos observados de manera que, por ejemplo, una persona de 70 años tiene un promedio de 2,2 veces más luz dispersa que una persona de 25 años.

Como consecuencia de estos dos efectos referenciados, una persona de edad necesita un mayor umbral de contraste para la percepción del objeto; de esta forma un observador de 70 años precisa 3 veces más del contraste en el umbral de visibilidad que un observador de 25 años.

Asimismo, como consecuencia del incremento de la luz dispersa en los medios oculares, las personas mayores son más susceptibles y les afecta en mayor grado el deslumbramiento perturbador (incremento de umbral TI).

Además, la amplitud de acomodación igualmente se acorta con los años, debido fundamentalmente a la esclerosis del cristalino.

2 RECOMENDACIONES PARA LA SELECCIÓN DE TRAMOS DE CARRETERAS A ILUMINAR

Los faros de los vehículos funcionan por la noche como indicadores visuales, pero su eficiencia decae cuando aumentan la velocidad, el número de vehículos que circulan (IMD) o la complejidad de las escenas nocturnas.

Respecto a las prestaciones de los faros de los vehículos conviene tener en cuenta que durante los primeros 40 metros, la iluminación proporcionada por las luces de cruce y de carretera de un vehículo es prácticamente la misma. Más allá de los 60 metros las luces de cruce del vehículo no tienen eficacia.

A partir de 60 m el alumbrado público facilita una iluminación superior a la de la luz de carretera del vehículo, que también pierde su efectividad a partir de 100 metros de distancia.

A una velocidad de 120 Km./h. la distancia para poder detener un vehículo (distancia de parada) es de 150 m., lo que implica más de 80 metros que permanecen invisibles los obstáculos para el conductor de un vehículo que circula a dicha velocidad con las luces de cruce.

La distancia de parada resulta permanentemente de 2 a 3 veces superior a la distancia de visibilidad proporcionada por las luces de cruce de un vehículo, lo cual implica un grave riesgo.

El alumbrado viario de un tramo de carretera, que restablece el campo visual tridimensional permitiendo una buena evaluación de las distancias, asegura una visibilidad continua sobre una distancia 3 ó 4 veces superior a la de parada del vehículo.

Debe tenerse en cuenta que los niveles de iluminación alcanzados con las instalaciones de alumbrado vial, oscilan entre 5 y 10 veces la magnitud de los niveles luminosos conseguidos con las luces de cruce de los vehículos.

En un tramo de la carretera iluminado ante la presencia de un obstáculo, por ejemplo, un camión parado en el arcén, el conductor de un vehículo inicia la maniobra de desvío del orden de 200 a 250 metros antes, que en un tramo de carretera que carece de alumbrado vial.

De conformidad con la Publicación CIE nº 115 de 2010, las cuestiones que deben considerarse cuando se plantea la iluminación de un tramo de carretera son las siguientes:

- *Evaluar la necesidad del alumbrado del referido tramo de carretera teniendo en cuenta el volumen de tráfico (IMD) y su velocidad.*
- *Estimar los ahorros de los costes de utilización de dicho tramo de carretera que se logran por los beneficios de su iluminación, cuyo cálculo se basa en la tasa de víctimas mortales y en el promedio de lesiones (heridos graves). En autopistas y autovías también pueden considerarse los ahorros obtenidos en el tiempo que se tarda en realizar el recorrido.*

El coste de cada víctima mortal y herido muy grave por accidente de tráfico, puede evaluarse aproximadamente en 3 millones de euros en los estudios de accidentalidad.

A la vista de lo anterior, de los criterios de la Comisión Internacional de Iluminación y de acuerdo con las vigentes Recomendaciones para la Iluminación de Carreteras y Túneles del Ministerio de Fomento, así como de conformidad con la Publicación CIE nº 115 de 2010, se aconseja llevar a cabo una selección entre los posibles tramos de carretera a iluminar al objeto de fijar cuáles de ellos deben ser dotados de alumbrado, lo que exige el establecimiento de factores y criterios que ayuden a determinar la implantación de dichas instalaciones.

Los factores que se recomiendan pueden adoptarse para la implantación de alumbrado exterior y que figuran en las referidas Recomendaciones, son los siguientes:

1. *Tipo de Vía: Autopista, autovía, vía rápida o carretera convencional, su situación y trazado.*
2. *Zonas especiales de viales : enlaces e intersecciones, glorietas y rotondas, zonas de reducción del número de carriles o disminución del ancho de la calzada, curvas y viales sinuosos en pendientes, zonas de incorporación de nuevos carriles o pasos inferiores.*
3. *Intensidad de tráfico.*
4. *Velocidad.*
5. *Composición del tráfico.*
6. *Tiempo de utilización de las luces de cruce.*

Una intensidad de circulación de 2000 veh/h/c (vehículos/hora/carril) en una autopista, autovía o carretera desdoblada, constituye un límite inmediatamente anterior a que dicha vía llegue a colapsarse. Si se considera un cómputo diario de 15 horas, dicha intensidad circulatoria asciende a 30.000 veh/día/carril.

En Francia se iluminan los tramos rectos de autopistas cuando la IMD alcanza 50.000 veh/día, es decir, 12.500 veh/día/carril, del orden de un 42% del límite de la capacidad de la vía.

A título informativo es de señalar que en una ciudad, una vía de tráfico con una intensidad de 10.000 veh/día/carril, supone el límite en el que se paraliza por congestión la circulación de vehículos.

Para la instalación de alumbrado en tramos de carreteras también deben considerarse los supuestos en los que, debido a la intensidad de tráfico, únicamente pueden utilizarse las luces cortas o de cruce de un vehículo en un alto porcentaje de tiempo.

Por tanto, cuando en un determinado tramo de carretera, los vehículos debido a la intensidad de tráfico (IMD) deban utilizar solamente la luz de cruce durante un tiempo elevado, se aconseja dotar a dicho tramo de carretera de alumbrado viario.

En las Recomendaciones para la Iluminación de Carreteras y Túneles del Ministerio de Fomento, como criterio meramente orientativo para decidir la iluminación de un tramo de una carretera, se consignan unos valores límites mínimos de intensidad media diaria (IMD).

Asimismo, en el caso en el que la relación entre el número de accidentes nocturnos y diurnos sea de 2 en trayectos rectos y de 1,5 en intersecciones y enlaces, se recomienda dotar de alumbrado viario a dichos tramos de carretera.

Autovías y Carreteras Desdobladas

Con carácter general se estima deben iluminarse, al menos, los tramos rectos en campo abierto de aquellas autovías o carreteras desdobladas con IMD > 50.000 veh/día, tal y como está establecido en Francia, o bien aquellos con IMD > 37.500 veh/día, en zonas en las que el promedio de días con lluvia sea superior a 120 días al año.

Puntos Singulares

Debido a los problemas específicos de visión también se recomienda dotar de alumbrado los puntos singulares, tales como enlaces e intersecciones, glorietas, zonas de reducción del número de carriles o disminución del ancho de la calzada, curvas pronunciadas y viales sinuosos en pendiente, zonas de incorporación de nuevos carriles o pasos inferiores.

Carreteras Convencionales

Es de señalar que, según estadísticas recientes de la Dirección General de Tráfico el 77% de los accidentes mortales tuvieron lugar en éste tipo de carreteras convencionales, frente a un 23% en autopistas, autovías y carreteras desdobladas.

Resulta necesario iluminar los tramos de carreteras convencionales, especialmente los de 2 carriles, uno en cada sentido de circulación, considerados peligrosos por falta de alumbrado, es decir, aquellos donde

la circulación de vehículos tiene tal intensidad de tráfico que impide prácticamente la utilización de las luces largas o de carretera de los vehículos.

Una situación de este género existe en tramos de carreteras convencionales con una IMD > 20.000 veh/día, o bien en aquellos tramos con IMD > 15.000 veh/día en zonas en las que el promedio de días con lluvia sea superior a 120 días al año, cifras aunque más elevadas que los 10.000 veh/día establecidos en Francia y 6.000 veh/día en Bélgica, se consideran menos restrictivas y más asumibles.

Zonas Urbanas y Periurbanas

Las zonas urbanas, periurbanas, entradas y travesías de poblaciones, deben iluminarse adecuadamente una vez efectuados los análisis y estudios técnicos que se requieran, dado que se trata de zonas proclives a los accidentes por la composición (vehículos pesados, ligeros, motocicletas, bicis, etc.) e intensidades de tráfico, existencia de circulación de peatones, etc.

3 REDUCCIÓN DE LOS NIVELES DE ILUMINACIÓN EN CARRETERAS

A la hora de adoptar medidas de ahorro energético, como la reducción de los niveles de iluminación e incluso el apagado de dichas instalaciones en determinados tramos, hay que tener presente que la totalidad del alumbrado exterior supone en España un 1,35% del consumo total de energía eléctrica, correspondiendo al alumbrado de autovías y carreteras a lo sumo un 0,40%.

En la norma europea EN 13.201 "Iluminación de Carreteras" y que actualmente es la UNE-EN 13.201, en el caso de autopistas, autovías y carreteras desdobladas con IMD ≥ 25.000 veh/día y carreteras convencionales con IMD ≥ 15.000 veh/día, el valor mínimo que debe alcanzar la luminancia media es de 2 cd/m² y el mínimo de uniformidad global U_o = 0,4.

Los niveles establecidos en la mencionada norma europea EN 13.200 se fijaron después de múltiples trabajos, experiencias prácticas y estudios de investigación desarrollados en la Comisión Internacional de Iluminación en la entonces Comunidad Económica Europea entre otros, por W.J.M. Van Bommel y J.B. de Boer "Road Lighting", relativos al concepto de "poder revelador" (revealing power RP) o "probabilidad de visión".

Los valores de la norma europea EN 13.201 se adoptaron en el vigente Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior, aprobado por Real Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre, con la particularidad de que los niveles mínimos en servicio con mantenimiento de la instalación de luminancias e iluminancias medias en la calzada dispuesto en la citada norma Europea, son valores de referencia en dicho Reglamento, de forma que los niveles máximos de luminancia o de iluminancia medias no podrán superar en más de un 20% los niveles medios de referencia consignados en la ITC-EA-02, a efectos de la eficiencia energética de las instalaciones. También el deslumbramiento perturbador TI y la relación entorno SR son valores de referencia.

Por el contrario, el mencionado Reglamento aprobado por Real Decreto 1890/2008, establece los niveles mínimos de uniformidad de la norma EN 13.201, como valores exigibles de obligado cumplimiento.

3.1 Probabilidad de Visón

La "probabilidad de visión" RP se define como el porcentaje de objetos, con una reflectancia similar a la de la ropa de los peatones, situados en diversos puntos entre 60 y 160 metros delante del observador (campo de visión de un conductor de vehículo), de una calzada dotada de alumbrado viario con distintos niveles de iluminación (luminancia e iluminancia media y uniformidades mínimas, así como valores máximos de deslumbramiento perturbador), que pueden ser vistos o percibidos por una serie de observadores.

La "probabilidad de visión" o "poder revelador" RP es función de tres parámetros luminotécnicos: la luminancia media de la superficie de la calzada (L_m), la uniformidad global (U_o) de dicha luminancia y el deslumbramiento perturbador (TI) o incremento umbral.

Es importante tener presente que la influencia del nivel de luminancia media de la calzada sobre la "probabilidad de visión" no es lineal.

Para calzadas iluminadas con uniformidades mínimas globales U_o = 0,4 (adecuada) y U_o = 0,2 (deficiente) y, en ambos casos, con deslumbramiento perturbador máximo TI = 7%, calificado como idóneo, la evolución de la "probabilidad de visión" o "poder revelador" RP con los niveles de luminancia media L_m, es la siguiente:

U_o = 0,4; TI = 7%		U_o = 0,2; TI = 7%	
L_m	RP	L_m	RP
2,00 cd/m²	85%	2,00 cd/m²	60%
1,50 cd/m²	81%	1,50 cd/m²	18%
1,00 cd/m²	70%	1,00 cd/m²	7%
0,75 cd/m²	20%	0,75 cd/m²	4%
0,50 cd/m²	7%	0,50 cd/m²	2%

Del cuadro anterior cabe deducir que cuanto más elevados son la luminancia media (L_m) y la uniformidad global (U_o), mayor es la "probabilidad de visión" RP.

En el caso de una instalación de alumbrado viario con una adecuada uniformidad global mínima U_o = 0,4 y un idóneo deslumbramiento perturbador máximo TI = 7%, al disminuir la luminancia media de la calzada de 2 cd/m² a la mitad, es decir, a 1 cd/m², manteniendo la uniformidad, la "probabilidad de visión" RP baja un 15%. En cambio con idéntica uniformidad y un nivel de luminancia media de la calzada L_m = 0,75 cd/m², se produce una caída enorme de un 65% respecto al origen (L_m = 2 cd/m²) en la "probabilidad de visión" o "poder revelador" RP.

En el supuesto de una iluminación viaria con una deficiente uniformidad global mínima U_o = 0,2 e idéntico idóneo deslumbramiento perturbador máximo TI = 7%, con una luminancia media de la calzada L_m = 2 cd/m², la "probabilidad de visión" es solamente RP = 60%. Con la misma uniformidad y un nivel de luminancia medio de la calzada L_m = 1,50 cd/m² dicha "probabilidad de visión" alcanza solamente el valor RP = 18% y, finalmente, manteniendo la uniformidad el "poder revelador" RP = 7% (valor ínfimo) corresponde a una luminancia media de la calzada L_m = 1,00 cd/m².

Por tanto, si reduciendo el mismo porcentaje el flujo luminoso emitido por todas las lámparas de la instalación de alumbrado vial, es decir, manteniendo la uniformidad, disminuyen los niveles de luminancia media de la calzada, la "probabilidad de visión" desciende pudiéndose admitir como máximo un nivel mínimo de luminancia media L_m = 1 cd/m², que con una uniformidad global mínima U_o = 0,4 y un deslumbramiento perturbador máximo TI = 7% proporciona una "probabilidad de visión" RP = 70%.

Cuando se disminuyen los niveles de luminancia media de la calzada desconectando lámparas al tresbolillo, dos de cada tres u otros sistemas de apagados parciales, se viene abajo la uniformidad global mínima pasando en el primer caso de U_o = 0,4 a U_o = 0,2 y la "probabilidad de visión" prácticamente desaparece, ya que para un nivel L_m = 1 cd/m², RP = 7%.

También desciende considerablemente la uniformidad global U_o de una instalación de alumbrado viario cuando, debido a causas naturales (lluvia), la calzada está mojada. De ahí que en las zonas en las que el promedio de días con lluvia sea superior a 120 días al año, se exija menor intensidad media diaria de vehículos IMD para mantener iluminados los tramos de autovías y carreteras desdobladas y convencionales, con unos niveles de luminancia media de la calzada suficientes y superiores a los requeridos para calzadas secas.

Por último, el deslumbramiento perturbador o incremento del umbral TI debe limitarse, tal y como establece la norma europea EN 13201, ya que la evolución de la "probabilidad de visión" RP en función del nivel de luminancia media (L_m) en una instalación de alumbrado viario con una adecuada uniformidad global mínima U_o = 0,4 y un alto deslumbramiento TI = 30% es la siguiente:

U_o = 0,4; TI = 30%	
L_m	RP
2,00 cd/m²	72%
1,50 cd/m²	63%
1,00 cd/m²	30%
0,75 cd/m²	8%
0,50 cd/m²	5%

El efecto negativo de un elevado deslumbramiento perturbador TI = 30% en una instalación de alumbrado viario con una adecuada uniformidad global mínima U_o = 0,4 es importante, dado que para un nivel de luminancia media de la calzada L_m = 1 cd/m² con un deslumbramiento limitado TI = 7%, el "poder revelador" es RP = 70%, mientras que para idéntica luminancia media de la calzada L_m = 1 cd/m² e igual uniformidad, cuando el deslumbramiento perturbador es elevado TI = 30% la "probabilidad de visión" solamente es RP = 30%.

Por ejemplo si se considera que la carretera con mediana y puntos de luz de doble luminaria, tiene una luminancia media L_m = 2 cd/m², una uniformidad global mínima U_o = 0,4 y un deslumbramiento perturbador máximo TI 7%, si se desconectan permanentemente el 50% de las lámparas en disposición al tresbolillo, la instalación de alumbrado viario pasa tener una luminancia media L_m = 1 cd/m² con una uniformidad global mínima de U_o = 0,2 y un deslumbramiento perturbador máximo TI = 7%, alcanzando la "probabilidad de visión" un valor insignificante RP = 7%.

Si además en el horario de 00:00 a 05:00 horas, sobre el resto del 50% de las lámparas que permanecen encendidas actúa el regulador reduciendo el flujo un 50%, la instalación de alumbrado viario se queda con una luminancia media L_m = 0,5 cd/m², una uniformidad global mínima U_o = 0,2 y un deslumbramiento perturbador máximo TI = 7% con una "probabilidad de visión" en la práctica inexistente del 2%.

3.2 Niveles Mínimos de Iluminación Admisibles

Antes de actuar en una instalación de alumbrado viario, se considera deben ejecutarse las mediciones de luminancias e iluminancias medias en las calzadas, así como la comprobación de las correspondientes uniformidades.

Posteriormente se estima conveniente proceder a disminuir los niveles de luminancia e iluminancia medios pero manteniendo las uniformidades, para lo cual se reducirá el mismo porcentaje de flujo en todas las lámparas de la instalación de alumbrado viario, sin que en ningún caso se realice la desconexión de lámparas tanto en disposición al tresbolillo como en cualquier tipo de implantación (unilateral, bilateral, etc.), apagado de 2 de cada 3 puntos de luz, etc., por cuanto ello significa una caída muy importante de la uniformidad por debajo de los valores mínimos admisibles, lo que conculca lo dispuesto en el Reglamento aprobado por Real Decreto 1890/2008, dejando la instalación sin "probabilidad de visión".

En función de la situación del tramo recto de autovía o carretera desdoblada así como carretera convencional con la calzada seca, o en zonas en las que el promedio de días con lluvia sea superior a 120 días al año (calzada mojada), y las intensidades medias diarias IMD, una vez regulada o reducida la iluminación, los niveles mínimos de luminancia e iluminancia medias y de uniformidad global mínima, así como los valores máximos de deslumbramiento perturbador, se considera deberán ser los siguientes:

- *U_o = 0,4 y TI = 7%, nivel mínimo L_m = 1 cd/m² (RP = 70%)*
- *U_o = 0,4 y TI = 30%, nivel mínimo L_m = 1,5 cd/m² (RP = 63%)*
- *U_o = 0,2 y TI = 7%, nivel mínimo L_m = 2 cd/m² (RP = 60%)*

En este último caso (U_o = 0,2 y TI = 7%), se incumplen los valores mínimos de uniformidad establecidos en la ITC-EA-02 del Reglamento aprobado por Real Decreto 1890/2008.

Por tanto, en tramos de autovías y carreteras cuando se mantenga la uniformidad mínima U_o = 0,4 (condición sine qua non), podrán reducirse los niveles de luminancia e iluminancia media como máximo hasta un 50% de los valores de referencia establecidos en la Instrucción Técnica Complementaria ITC-EA-02 del mencionado Reglamento aprobado por Real Decreto 1890/2008, siempre que los valores mínimos de luminancia media resultantes de dicha reducción no sean inferiores a 1 cd/m² en tramos rectos y 1,5 cd/m² en enlaces, intersecciones curvas y viales sinuosos en pendiente, o sus valores equivalentes de iluminancia media (aproximadamente 15 y 22,5 lux respectivamente).

En los puntos singulares de autovías y carreteras, denominados en el Reglamento aprobado por Real Decreto 1890/2008 como zonas especiales de viales (enlaces, intersecciones, etc.), los niveles de iluminancia media y uniformidad mínima se ajustarán a lo establecido en la tabla 9 de la ITC-EA-02 del aludido Reglamento, de modo que como mínimo la iluminancia media de la calzada se estima deberá ser E_m = 30 lux equivalente a 2 cd/m², con una mínima uniformidad media de iluminancia U_m = 0,4.

4 RECOMENDACIONES PARA EL APAGADO DE INSTALACIONES DE ALUMBRADO DE CARRETERAS

El apagado de las instalaciones de alumbrado exterior en tramos rectos de autovías y carreteras situadas en campo abierto, se considera requiere realizar un estudio previo de cada tramo que, entre otros extremos, considere los siguientes parámetros:

- *Tipo de vía, su situación y trazado*
- *Velocidad*
- *Composición del tráfico*
- *Intensidades medias y horarias de tráfico*
- *Relación entre el número de accidentes nocturnos y diurnos*
- *Accidentalidad en el tramo y en zonas similares sin alumbrado*

Cuando durante un periodo de tiempo suficiente, al menos 1 año, se compruebe en el tramo recto objeto de dicho estudio, que las intensidades medias y horarias de tráfico son bajas, lo que permite en un elevado porcentaje de tiempo circular a los vehículos con las luces largas o de carretera; que además el número de accidentes nocturnos y diurnos es análogo, la velocidad no es elevada y, por último, que la accidentalidad resulta afín a la de otras zonas similares no iluminadas, se estima en principio podría realizarse transitoriamente el apagado de las instalaciones del citado tramo recto de autovía, carretera desdoblada o convencional situado en campo abierto.

De cualquier manera con posterioridad al apagado, se estima necesario efectuar un seguimiento de los accidentes de tráfico nocturnos para, en su caso, persistir en el apagado transitorio o volver a encender las instalaciones de alumbrado viario.

Por motivos de seguridad no se recomienda apagar las instalaciones de alumbrado exterior de tramos rectos de autovías, carreteras desdobladas y convencionales situadas en zonas urbanas y periurbanas, así como con independencia de su situación las zonas especiales de viales, tales como enlaces, intersecciones, glorietas, curvas y viales sinuosos en pendiente, zonas de reducción del número de carriles o disminución del ancho de la calzada, tramos de incorporación de nuevos carriles, etc., manteniendo encendidas dichas instalaciones, aun cuando pudiera plantearse restringir los niveles de iluminación en determinadas franjas horarias, sin comprometer la seguridad vial.

5 MEDIDAS DE AHORRO EN EL ALUMBRADO DE TÚNELES

Respecto al consumo energético en la iluminación de túneles debe considerarse que, mientras en una instalación de alumbrado a cielo abierto la potencia instalada por kilómetro es del orden de 7,5 a 9 Kw, en la iluminación de túneles la potencia instalada varía entre 60 y 85 Kw por kilómetro, es decir, es casi 10 veces mayor.

Al objeto de lograr ahorrar en el consumo de energía eléctrica se considerará la orientación de cada túnel, así como las luminancias de velo atmosférico, de parabrisas y equivalente o de Fry y, en su caso, las medidas adoptadas para disminuir las luminancias ambientales exteriores a la entrada de los túneles, entre las cuales se encuentran las siguientes:

- *Prever líneas de árboles o pantallas vegetales que oculten lo más posible el cielo y el horizonte en su lejanía, tapando el sol bajo o rasante sobre el horizonte que resulta muy deslumbrante y, por tanto, perjudicial para la visión de los conductores. Estas disposiciones también presentan, por otra parte, el mismo interés para la zona de salida de los túneles.*
- *Implantar calzadas oscuras mediante pavimentos asfálticos con agregados sombríos o negros que, en lo posible, conserven dicha oscuridad a lo largo del tiempo.*
- *Ocultar o enmascarar todos los elementos claros del entorno (fachadas de edificaciones, muros, etc.), que se encuentran en el campo de visión del conductor que se aproxima a la entrada del túnel.*

Estas medidas permiten reducir considerablemente los niveles de iluminación de la zona de entrada del túnel, que supone el coste más importante en el consumo de energía eléctrica de la instalación del alumbrado del túnel, ya que cuanto menor es la diferencia entre el nivel de iluminación exterior y el del interior del túnel, menor es la distancia durante la cual tiene que adaptarse la visión del conductor.

Por otra parte, una disminución apreciable del deslumbramiento debido a la visión de la salida del túnel puede lograrse, cuando constructivamente sea posible, modificando el trazado de la salida del túnel mediante una ligera curvatura en los túneles largos. Esta solución permite evitar que los ojos del conductor del vehículo no se sientan atraídos por la visión directa de la salida del túnel, visión que limitaría la percepción de eventuales obstáculos y que además podría dar lugar a que el conductor inconscientemente aumentase la velocidad del vehículo.

Esta propuesta de modificación del trazado de la salida del túnel se debe evitar en los túneles cortos donde la visión de la salida es un factor que mejora la visibilidad.

Asimismo, conviene descartar en la medida de lo posible las orientaciones del túnel Este-Oeste cuando la cubierta del mismo sea reducida, especialmente en el caso de una trinchera cubierta, dado que en este caso resulta prácticamente imposible restablecer la visibilidad de un automovilista que tiene el sol sobre los ojos.

5.1 *Reducción de los Niveles de Iluminación en Túneles*

Sin menoscabo del cumplimiento de los requisitos mínimos de seguridad establecidos en el Real Decreto 635/2006, de 26 de mayo, de forma que la iluminación asegure una visibilidad adecuada, se considera que en la zona interior de los túneles, inicialmente fuera de las zonas de adaptación (umbral y transición a la entrada, así como zona de salida), se pueden reducir los niveles de iluminación del alumbrado normal, es decir, sin considerar el alumbrado de seguridad y la iluminación de emergencia, de acuerdo con la sistemática que seguidamente se expone.

Durante el día.

En periodo diurno en la zona interior de los túneles, el nivel de luminancia media en la calzada del alumbrado "base" en la primera subzona (longitud que a la velocidad máxima autorizado es cubierta por un vehículo en 30 segundos), se recomienda sea del 50% del establecido en la tabla 6.7.1 "túneles largos" de la Publicación CIE nº 88 de 2004 sin que, por razones de seguridad, en ningún caso resulte inferior a 3 cd/m², manteniendo siempre la uniformidad.

En la segunda subzona que corresponde a la longitud de la zona interior restante, en ciclo diurno el nivel de luminancia media en la calzada del alumbrado "base", se juzga debe ser también el 50% de la que figura en la tabla 6.7.2 "túneles muy largos" de la Publicación CIE nº 88 de 2004, sin que asimismo por motivos de seguridad, en supuesto alguno resulte inferior a 2 cd/m², manteniendo siempre la uniformidad.

Cuando se trate de túneles urbanos, en ningún caso el nivel mínimo de luminancia media será inferior a 4 cd/m², manteniendo siempre la uniformidad.

En periodo diurno en lo que atañe al alumbrado de la zona de entrada (umbral y transición) de los túneles, podrá reducirse el nivel luminoso al 50% en las condiciones siguientes:

- *Interurbanos bidireccionales*

  Cuando su longitud sea igual o inferior a 120 m, a excepción de aquellos en los que se cumpla:

  - *Salida no visible*
  - *Velocidad > 70 Km/h*
  - *Tráfico ≤ 2000 veh/día/sentido*

- *Interurbanos unidireccionales*

  Cuando su longitud sea igual o inferior a 150 m, a excepción de aquellos en los que se cumpla:

  - *Salida no visible*
  - *Velocidad > 70 Km/h*
  - *Tráfico ≤ 10.000 veh/día/túnel*

- *Interurbanos de poco tráfico y velocidad reducida*

  Cuando su longitud sea igual o inferior a 200 m, a excepción de aquellos en los que se cumpla:

  - *Salida no visible*

- *Urbanos*

  Cuando su longitud sea igual o inferior a 125 m, a excepción de aquellos en los que se cumpla:

  - *Salida no visible*

También pueden reducirse los niveles de iluminación de la zona de entrada (umbral y transición) en periodo diurno, limitando la velocidad de circulación de los vehículos.

Cuanto más elevada es la velocidad de un vehículo, mayor resulta la distancia de parada del mismo, de forma que para un conductor situado en la zona anterior a la entrada del túnel (zona de acceso), más larga es la distancia desde la boca del mismo hacia el interior en la que el conductor del vehículo tiene que ver dentro del túnel, lo que supone mayor longitud de la zona umbral a iluminar, dado que dicha longitud es igual a la distancia de parada del vehículo.

De acuerdo con las Recomendaciones Relativas al Alumbrado de la Vías Públicas de la Asociación Francesa de Iluminación (AFE) que ha incorporado el método de dimensionamiento del Centro de Estudios de Túneles (CETU), debido a la disminución de la distancia de parada y, por tanto, de la longitud de la zona de umbral del túnel del orden de un 20 a un 25%, cuando se reduce la velocidad de circulación de 90 a 70 Km/h, puede ahorrarse por esta menor longitud con alumbrado de refuerzo, en torno a un 16 – 20% de la potencia instalada en la zona umbral del túnel, con el consiguiente ahorro en el consumo de energía eléctrica.

Por una parte, a mayores distancias un obstáculo situado en el interior del túnel subtiende un ángulo más pequeño en el ojo del conductor y, por tanto, es menos visible para el conductor desde la zona de acceso.

Por otra parte, la capa de aire entre dicho conductor que se encuentra en la zona de acceso y la entrada del túnel es mayor, lo que significa superiores luminancias atmosféricas de velo y reducción del contraste

del obstáculo y, en consecuencia, también disminución de la visibilidad del mismo. Todo ello exige niveles de iluminación de la zona de umbral más elevados y, en consecuencia, por ambas causas, esta última y la mayor longitud de la zona de umbral a iluminar, superiores costes económicos.

En consonancia con las referidas Recomendaciones Relativas al Alumbrado de las Vías Públicas de la Asociación Francesa de Iluminación (AFE), los niveles de iluminación (luminancias) de la zona umbral del túnel (L_{th}), disminuyen entre un 25% (sistema de iluminación a contraflujo) y un 45% (sistema de iluminación simétrico), cuando se reduce la velocidad de circulación a la entrada del túnel de 90 a 70 Km/h, con un considerable descenso en la potencia instalada y, por tanto, en el consumo de energía eléctrica.

Durante la noche.

En el transcurso de la noche si el túnel se encuentra en un tramo de carretera con instalación de alumbrado, los niveles de iluminación en la zona interior se entiende deben ser, al menos, iguales a los de la vía de tráfico de acceso, no excediendo en ningún caso del 20% de dicho valor, recomendándose un nivel de luminancia media en la calzada de 1 cd/m^2.

Si el túnel constituye parte de un tramo de carretera que no está iluminado, en periodo nocturno, la luminancia media de la calzada en la zona interior se considera no debe ser menor de 1 cd/m^2, con una uniformidad global mínima del 40% y una uniformidad longitudinal, al menos, del 60%.

En ciclo nocturno cuando la velocidad de los vehículos sea mayor de 50 Km por hora, se estima debe iluminarse la vía de tráfico posterior a la salida del túnel, en una longitud igual a 2 veces la distancia de parada y como mínimo en un recorrido de 200 metros, con una luminancia media en la calzada superior a 1/3 de la luminancia media nocturna de la calzada en la zona interior del túnel y, como mínimo, 1 cd/m^2.

El deslumbramiento perturbador o incremento de umbral TI también se estima debe ser inferior al 15% para las zonas umbral, transición e interior del túnel.

Otras consideraciones.

También, se debe prestar especial atención a la adecuación de los regímenes de funcionamiento de la iluminación en los túneles a la hora natural, de modo que durante la noche no permanezcan en servicio los regímenes de los días soleados y/o nublados.

El control de los encendidos de los regímenes de iluminación en los túneles mediante la utilización de luminancímetros en lugar de células fotoeléctricas, puede llegar a representar un ahorro energético de hasta un 25%.

En los túneles se estima debe cuidarse especialmente el mantenimiento de las instalaciones de iluminación, por tanto, se deben comprobar y limpiar los fotómetros de control de las zonas de acceso y umbral del túnel, así como proceder a calibrarlos al menos una vez al año, es decir, realizar un mantenimiento y control sistemático de los mismos. Todo ello con la finalidad de permitir conservar las prestaciones de dichas instalaciones en el transcurso del tiempo, y así garantizar la seguridad exigida por el Real Decreto 635/2006 y la Directiva 2004/54/CE, de 29 de abril.

Además del alumbrado normal al que corresponde la reducción en los niveles de iluminación, anteriormente expuesta, de conformidad con el citado Real Decreto 635/2006, el túnel debe disponer también de alumbrado de seguridad para que los usuarios puedan evacuarlo en sus vehículos en el caso de avería en el suministro de energía eléctrica, así como debe contar igualmente con iluminación de emergencia a una altura no superior a 1,5 m, que permita guiar a los usuarios del túnel para abandonarlo a pie con un nivel mínimo de 10 lux y 0,2 cd/m^2.

OTROS TITULOS DE SU INTERÉS:

¡NUEVO!

Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión

EDITORIAL: PLC MADRID
PRECIO: 18€ I.V.A. Incl.

¡Nueva edición!

Instalaciones eléctricas interiores

EDITORIAL: PARANINFO
PRECIO: 35€ I.V.A. Incl.

MANUALES TÉCNICOS DEL ELECTRICISTA ACTUALIZADOS:

Manual técnico del electricista

Protecciones eléctricas

¡VERSIÓN ACTUALIZADA 2016!

EDITORIAL: PLC MADRID
PRECIO: 5€ I.V.A. Incl.

Manual técnico del electricista

Infraestructura para la Recarga de Vehículos Eléctricos

EDITORIAL: PLC MADRID
PRECIO: 5€ I.V.A. Incl.

Manual técnico del electricista

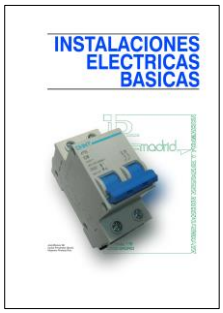
Instalaciones eléctricas interiores

EDITORIAL: PLC MADRID
PRECIO: 5€ I.V.A. Incl.

Más manuales técnicos pinchando aquí.

O accediendo a libreriaplcmadrid.es

LIBROS COMPLEMENTARIOS:



Instalaciones Eléctricas Básicas

LIBRO DE PRACTICAS

EDITORIAL: PLC MADRID
PRECIO: 26€ I.V.A. Incl.

Automatismos Industriales

LIBRO DE PRACTICAS

EDITORIAL: PLC MADRID
PRECIO: 26€ I.V.A. Incl.

El relé programable

Instalaciones eléctricas programables

EDITORIAL: PLC MADRID
PRECIO: 26€ I.V.A. Incl.

¡Visita la librería electrotécnica de PLC Madrid y obtén grandes descuentos y fantásticos regalos en todas tus compras!

WWW.libreriaplcmadrid.es

Librería ElectroTécnica
PLC MADRID

¿Qué es S.G.I.?

Es un servicio de calidad creado en el año 2005, orientado a cubrir las necesidades de información, formación y asesoramiento técnico integral, dentro del sector eléctrico y muy especialmente entre los instaladores electricistas con inquietud y ánimo de superación.

El objetivo primordial es el de ofrecer servicios y gestiones que hagan el trabajo del instalador más cómodo y productivo.

Ser abonado al **S**ervicio y **G**estión al **I**nstalador (S.G.I.) es sinónimo de pertenecer a un grupo selecto de profesionales, cuya inquietud y ánimo de superación les hace diferentes. Por encima de todo nos une el amor a la profesión, la profesionalidad y el trabajo bien hecho.

SERVICIOS:

Asesoramiento y Soporte Técnico: Con este servicio **dispondrá del mejor equipo de profesionales a su servicio**, que le asesorarán de forma personal, telefónicamente o por correo electrónico en todo lo relativo a telecomunicaciones e instalaciones eléctricas, cálculo, normativa y reglamentación, tramitación, confección de certificados de instalación y memorias técnicas de diseño e **inspecciones OCAS**.

Servicios WEB: Le ofrecemos un área de **descargas técnicas exclusivas para abonados**, donde podrá conseguir toda la información técnica que necesite, tal como esquemas, tablas, tipos de certificados de instalación, reglamentación, normativa, cursos, etc.

También le ofrecemos un **espacio WEB para su empresa**, donde poder anunciarse en el directorio profesional, para que el que busque, pueda encontrar a los mejores profesionales del sector.

Foro Técnico y Consultas Online a Expertos: En el **foro técnico** podrá plantear toda serie de cuestiones técnicas, para que el resto de instaladores pueda darle respuestas a situaciones similares y cada uno pueda aportar ayuda con su experiencia, tanto teórica como práctica. Además también podrá **consultar online con nuestros** expertos cualquier tipo de incidencia.

Catálogos y listas de Precios: Este servicio le ofrece la posibilidad de estar actualizado con los catálogos y tarifas de precios de los fabricantes de material eléctrico más representativos del sector.

Jornadas Técnicas: Disponemos de un amplio calendario de jornadas técnicas exclusivas para abonados. Estas Jornadas se elaboran de acuerdo a sus deseos y necesidades.

Descuentos Especiales:

- Librería Técnica.
- En Cursos de Formación.
- Seguros y P.R.L.
- Promociones en instrumentación, herramientas, productos, etc.
- Confección de Documentación Técnica.

Software SOFIA: Programa informático que permite realizar los cálculos de sección necesarios para la confección de los certificados de instalación y memorias técnicas de diseño en todas las Comunidades Autónomas.

C/ Toledo, 176 28005 - Madrid Tfno: 91 3660063 Fax: 91 3664655 http: www.plcmadrid.es e-mail: plcmadrid@plcmadrid.es

Confección, tramitación y respaldo técnico-administrativo de la documentación necesaria para la tramitación con la Delegación de Industria o el Organismo de Control correspondiente en todo el territorio nacional.

Seguro de Responsabilidad Civil y Servicio de Prevención de Riesgos Laborales: Con el afán de incorporar mejoras y servicios de mayor calidad y siendo conscientes de las dificultades actuales PLC Madrid ha llegado a importantes acuerdos con empresas de primer nivel para poder ofrecer, a unos **precios sin competencia**, a nuestros abonados al S.G.I., el **Seguro de Responsabilidad Civil obligatorio** para Instaladores Electricistas Autorizados y todos los **servicios de Prevención** (P.R.L.)

Mediante **CORREO ELECTRÓNICO**, siempre mantenemos informados a los abonados de todas las novedades en normativa del sector eléctrico, alertas normas UNE, promociones especiales, jornadas, cursos, etc.

¿Y el precio de S.G.I.?

El precio de este servicio es de tan sólo 60 € (más IVA) **anuales** y la forma de pago será mediante domiciliación bancaria.

Para empresas con más de 3 trabajadores, consultar.

HOJA DE SUSCRIPCIÓN ANUAL AL SERVICIO S.G.I. = 60 € (IVA no incluido)

Rellene este formulario y envíelo por correo o fax a:

P.L.C.MADRID, S.L.U. C/ TOLEDO, 176 28005 MADRID Fax: 91 366 46 55 Tfno: 91 366 00 63

EMPRESA o NOMBRE y APELLIDOS _____ C.I.F./N.I.F.: _____

DIRECCIÓN: _____ C.P.: _____

POBLACIÓN: _____ PROVINCIA: _____

PERSONA INSCRITA: _____ TFNO.: _____

e-mail DE CONTACTO: _____

DATOS BANCARIOS DE DOMICILIACIÓN DE CARGOS C.C.C.

ENTIDAD				OFICINA				D.C.		Nº DE CUENTA									

Firma autorizada: _____

Autorizo a la mencionada entidad bancaria a pagar de mi cuenta indicada los recibos presentados al cobro por P.L.C.MADRID, S.L.U.

En cumplimiento de lo dispuesto en la Ley Orgánica 15/1999 de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal, le informamos que los datos facilitados AEXCEPCIÓN DE LOS BANCARIOS, se incluirán en sendos ficheros automatizados propiedad de P.L.C. Madrid, S.L.U. y DE SUS EMPRESAS COLABORADORAS, a efectos de ENVÍO DE CATÁLOGOS E INFORMACIÓN TÉCNICA DEL SECTOR ELÉCTRICO, que se conservarán y tratarán de acuerdo a la legislación vigente. En cualquier momento podrá ejercitar sus derechos de acceso, rectificación o cancelación, dirigiéndose por escrito a C/ Toledo, 176 – 28005 Madrid.

PLC MADRID

PLC MADRID

C/ Toledo, 176 28005 - Madrid Tfno: 91 3660063 Fax: 91 3664655 http: www.plcmadrid.es e-mail: plcmadrid@plcmadrid.es

Servicio y Gestión al Instalador
(S.G.I.)

Vuestra inquietud os hace DIFERENTES

POTENCIAS DE CONTRATACIÓN NORMALIZADAS.													
I.C.P.	1,5 A	3 A	3,5 A	5 A	7,5 A	10 A	16 A	20 A	25 A	32 A	40 A	50 A	63 A
MONOFÁSICO 230 V	345 W	690 W	805 W	1150 W	1725 W	2300 W	3680 W	4600 W	5750 W	7360 W	9200 W	11500 W	14490 W
TRIFÁSICO 400V	1039 W	2078 W	2425 W	3464 W	5196 W	6928 W	11085 W	13856 W	17321 W	22170 W	27713 W	34641 W	43648 W
INTENSIDAD DEL INTERRUPTOR GENERAL AUTOMATICO (I.G.A.)	25 A												
	32 A												
	40 A												
	50 A												
	63 A												

I.C.P.: Interruptor de Control de Potencia

La potencia máxima de contratación la fija el valor de la intensidad del Interruptor general automático (IGA), el cuál está en relación con la sección de la derivación Individual (D.I)

Ejemplo:

Un usuario cuya instalación disponga de un IGA de 50 A podrá contratar hasta 11.500 W en Monofásico y hasta 34.641 W en trifásico.

Nota.- Se recuerda que los conductores de todas las derivaciones individuales, deberán ser libres de halógenos del tipo (Z1-K)

PLC MADRID

EL PERFECTO BUS DE COMUNICACION ENTRE EL SECTOR ELECTRICO Y LA FORMACION
SERVICIOS INTEGRALES
CONFECCIÓN Y TRAMITACIÓN DE CERTIFICADOS
MULTISEGUROS
ADMINISTRATIVO (FISCAL, LABORAL Y CONTABLE)
PRL, GVS Y TPC
JURÍDICO ESPECIALIZADO EN ELECTRICIDAD
OFICINA TÉCNICA DE PROYECTOS
JORNADAS TÉCNICAS Y CURSOS BONIFICADOS
SERVICIOS WEB
GESTIÓN DE IMPAGOS
ASESORAMIENTO TÉCNICO
SERVICIO
SERVICIO
GESTION
GESTION

PLEMADRID