

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO	GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN: EFICIENCIA ENERGÉTICA EN INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR REAL DECRETO 1890/2008	GUÍA-EA-RD 1890/2008
		Edición: mayo 2013 Revisión: 1.1

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
ARTÍCULO 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
ARTÍCULO 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

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO	GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN: EFICIENCIA ENERGÉTICA EN INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR REAL DECRETO 1890/2008	GUÍA-EA-RD 1890/2008
		Edición: mayo 2013 Revisión: 1.1

El Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior, conjuntamente con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (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 requisitos 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 el Reglamento nº 1194/2012, relativo 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:

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO	GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN: EFICIENCIA ENERGÉTICA EN INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR REAL DECRETO 1890/2008	GUÍA-EA-RD 1890/2008
		Edición: mayo 2013 Revisión: 1.1

- 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, entendiéndose 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 más 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.

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO	GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN: EFICIENCIA ENERGÉTICA EN INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR REAL DECRETO 1890/2008	GUÍA-EA-RD 1890/2008
		Edición: mayo 2013 Revisión: 1.1

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

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO	GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN: EFICIENCIA ENERGÉTICA EN INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR REAL DECRETO 1890/2008	GUÍA-EA-RD 1890/2008
		Edición: mayo 2013 Revisión: 1.1

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 eléctrico total de la misma, incluyendo el de los equipos auxiliares.

Illuminancia horizontal en un punto de una superficie: Cociente entre el flujo luminoso incidente sobre un elemento de la superficie que contiene el punto y el área de ese elemento. Su símbolo es E y la unidad el lux (lm/m²).

La expresión de la iluminancia horizontal en un punto P, en función de la intensidad luminosa que incide en dicho punto, definida por las coordenadas (C, γ) en la dirección del mismo, y de la altura h de montaje de la luminaria, es la siguiente:

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

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.

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

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

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

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

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

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO	GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN: EFICIENCIA ENERGÉTICA EN INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR REAL DECRETO 1890/2008	GUÍA-EA-RD 1890/2008
		Edición: mayo 2013 Revisión: 1.1

de un observador y que produce el velado de la imagen en la retina, disminuyendo de este modo la facultad que posee el ojo para apreciar los contrastes. Su símbolo es (L_v) y se expresa en cd/m^2 .

La luminancia de velo se debe a la incidencia de la luz emitida por una luminaria sobre el ojo de un observador en el plano perpendicular a la línea de visión, dependiendo así mismo del ángulo comprendido entre el centro de la fuente deslumbrante y la línea de visión, así como del estado fisiológico del ojo del observador.

La luminancia de velo L_v responde a la siguiente expresión:

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

Siendo:

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

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

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

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 $1,5^\circ < \theta < 30^\circ$.

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:

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

Esta ecuación se aplica entre los siguientes límites:

$$25 \text{ años} < \text{Edad} < 80 \text{ años}$$

Luminancia de velo equivalente L_{ve} producida por el entorno: Se define considerando que la reflexión del entorno es totalmente difusa, se expresa en cd/m^2 , y se calcula como

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO	GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN: EFICIENCIA ENERGÉTICA EN INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR REAL DECRETO 1890/2008	GUÍA-EA-RD 1890/2008
		Edición: mayo 2013 Revisión: 1.1

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

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:

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

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

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

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 (β, γ) en un cierto ángulo sólido (Ω₀) y manifiesta el grado de luminosidad del pavimento de la calzada. Su símbolo es (Q₀), se especifica en cd/m². lux y su expresión es la siguiente:

$$Q_0 = \frac{\int^{\Omega_0} q(\beta, \gamma) d\Omega}{\Omega_0}$$

Establece la claridad de un pavimento, de forma que cuanto más elevado es el coeficiente de luminancia medio (Q₀) mayor es la luminancia obtenida a igualdad de iluminancia.

El coeficiente (Q₀) para pavimentos oscuros alcanza valores entorno a 0,05 y del orden de 0,13 para pavimentos claros, mientras que el valor límite de (Q₀) 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 Q₀ > 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.

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO	GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN: EFICIENCIA ENERGÉTICA EN INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR REAL DECRETO 1890/2008	GUÍA-EA-RD 1890/2008
		Edición: mayo 2013 Revisión: 1.1

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_0 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 U_g 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

Coefficiente de Reflexión

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO	GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN: EFICIENCIA ENERGÉTICA EN INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR REAL DECRETO 1890/2008	GUÍA-EA-RD 1890/2008
		Edición: mayo 2013 Revisión: 1.1

Es la relación entre el flujo luminoso reflejado por una superficie u objeto iluminado y el flujo incidente sobre la misma. Su símbolo es ρ y carece de unidades. La luminancia 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 $\rho = 0,15$ se define como "oscuro", con un factor de reflexión medio $\rho = 0,35$ se considera "gris" y con un factor de reflexión elevado $\rho = 0,75$ 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_o) visto sobre un fondo de luminancia (L_f) viene dado por la siguiente expresión

$$C = \frac{L_o - L_f}{L_f}$$

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 discernible 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: 0° - 180° , 90° - 270° 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: 0° - 180° , 90° - 270° y en el plano de máxima intensidad.

Dificultad en la Tarea de Conducción

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO	GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN: EFICIENCIA ENERGÉTICA EN INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR REAL DECRETO 1890/2008	GUÍA-EA-RD 1890/2008
		Edición: mayo 2013 Revisión: 1.1

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.

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

También se define el factor de utilización (f_u) como la relación existente entre la iluminancia media inicial ($\text{lux} = \text{lm}/\text{m}^2$) de la superficie iluminada, y el flujo luminoso instalado por metro cuadrado (lm/m^2) en lámparas de descarga.

$$f_u = \frac{\text{Iluminancia media inicial}}{\text{Flujo lámparas}/\text{m}^2} = \frac{E_i}{F/S}$$

Se verifica que:

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

y, por tanto,

$$E_i = \frac{E}{f_m}$$

De donde se deduce:

$$f_u = \frac{E}{F/S} \cdot \frac{1}{f_m} = \frac{E \cdot S}{f_m \cdot F}$$

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).

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO	GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN: EFICIENCIA ENERGÉTICA EN INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR REAL DECRETO 1890/2008	GUÍA-EA-RD 1890/2008
		Edición: mayo 2013 Revisión: 1.1

Retrorreflector

Superficie o dispositivo en el que la mayor parte de la radiación reflejada es por retroreflexión, 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 retroreflexión 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)	$T_c \leq 3300 \text{ K}$
Tono de luz blanco neutro (bn)	$3300 \text{ K} < T_c \leq 5000 \text{ K}$
Tono de luz blanco luz día (frio) (bf)	$T_c > 5000 \text{ K}$

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

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO	GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN: EFICIENCIA ENERGÉTICA EN INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR REAL DECRETO 1890/2008	GUÍA-EA-RD 1890/2008
		Edición: mayo 2013 Revisión: 1.1

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 suelen 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 midiendo los valores de iluminancia y comparando 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.

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO	GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN: EFICIENCIA ENERGÉTICA EN INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR REAL DECRETO 1890/2008	GUÍA-EA-RD 1890/2008
		Edición: mayo 2013 Revisión: 1.1

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 específicos, 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.

Artículo 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

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO	GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN: EFICIENCIA ENERGÉTICA EN INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR REAL DECRETO 1890/2008	GUÍA-EA-RD 1890/2008
		Edición: mayo 2013 Revisión: 1.1

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 garantizarán 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.

Artículo 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

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO	GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN: EFICIENCIA ENERGÉTICA EN INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR REAL DECRETO 1890/2008	GUÍA-EA-RD 1890/2008
		Edición: mayo 2013 Revisión: 1.1

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.

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO	GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN: EFICIENCIA ENERGÉTICA EN INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR REAL DECRETO 1890/2008	GUÍA-EA-RD 1890/2008
		Edición: mayo 2013 Revisión: 1.1

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, cosímetro, 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 a las normas UNE u otras reconocidas internacionalmente, se efectuarán sin indicar el año de edición de las normas en cuestión.

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO	GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN: EFICIENCIA ENERGÉTICA EN INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR REAL DECRETO 1890/2008	GUÍA-EA-RD 1890/2008
		Edición: mayo 2013 Revisión: 1.1

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 métodos 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.