

ANEJO N°10

Iluminación

Índice

1 Introducción	1
2 Iluminación	2
2.1 Eficiencia Energética	2
2.2 Calificación Energética	2
2.3 Clase de Alumbrado	3
2.3.1 Equivalencia entre Clases de Alumbrado	5
2.4 Limitación de las Emisiones Luminosas	5
2.5 Sistemas de iluminación	6

Proyecto de Construcción de Puente peatonal
y ciclable entre Barakaldo y Erandio

Anejo nº10: Iluminación

i

1 Introducción

El objeto del presente anejo es el diseño de las instalaciones de iluminación a colocar como consecuencia del **"Proyecto de Construcción de Puente peatonal y ciclable entre Barakaldo y Erandio"**.

Proyecto de Construcción de Puente peatonal
y ciclable entre Barakaldo y Erandio

Anejo nº10: Iluminación

1

2 Iluminación

Para la definición del alumbrado del presente proyecto, se han seguido las directrices del Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exteriores (Real Decreto 1890/2008).

2.1 Eficiencia Energética

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.

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

Siendo: ϵ = eficiencia energética de la instalación de alumbrado exterior ($m^2 \cdot lux/W$)

P = potencia activa total instalada (fuentes de luz y mecanismos de control) (W);

S = superficie iluminada (m^2);

E_m = iluminancia media en servicio de la instalación, considerando el mantenimiento previsto (lux);

La eficiencia energética se puede determinar mediante la utilización de los siguientes factores:

ϵ_L = eficiencia de las fuentes de luz y mecanismos de control ($lum/W = m^2 lux/W$)

f_m = factor de mantenimiento de la instalación (en valores por unidad)

f_U = factor de utilización de la instalación (en valores por unidad)

$$\epsilon = \epsilon_L \cdot f_m \cdot f_U \left(\frac{m^2 \cdot lux}{W} \right)$$

Dónde:

Eficiencia de la fuente de luz y mecanismos de control (ϵ_L): Es la relación entre el flujo luminoso emitido por una fuente de luz y la potencia consumida por la misma más su mecanismo de control.

Factor de mantenimiento (f_m): 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 fuentes de luz instaladas en las luminarias. El

factor de utilización de la instalación 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).

A la relación entre la potencia instalada y la superficie iluminada se denomina potencia unitaria P_u .

$$P_u = \frac{E_m}{\epsilon} (W/m^2)$$

Las instalaciones de alumbrado vial ambiental, con independencia del tipo de fuente de luz 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 (ϵ) y máximos de potencia unitaria (PU) que se disponen en la tabla 2

Tabla 2.- Requisitos mínimos de eficiencia energética (ϵ), y máximos de potencia unitaria (P_u) en instalaciones de alumbrado ambiental.

ILUMINANCIA MEDIA EN SERVICIO E_m (lux)	EFICIENCIA ENERGÉTICA MÍNIMA $\epsilon \left(\frac{m^2 \cdot lux}{W} \right)$	POTENCIA UNITARIA MÁXIMA P_u (w/m2)
≥ 20	14	1,43
15	12	1,25
10	10	1,00
7,5	8	0,94
≤ 5	6	0,83

2.2 Calificación 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 fija en tabla 3

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

ALUMBRADO VIAL FUNCIONAL		ALUMBRADO VIAL AMBIENTAL Y OTRAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO	
Iluminancia Media en Servicio Proyectada Em (lux)	Eficiencia Energética de Referencia $\epsilon_R \left(\frac{\text{m}^2 \cdot \text{lux}}{\text{W}} \right)$	Iluminación Media en Servicio Proyectada Em (lux)	Eficiencia Energética de Referencia $\epsilon_R \left(\frac{\text{m}^2 \cdot \text{lux}}{\text{W}} \right)$
≥ 30	48	-	-
25	44	-	-
20	39	≥ 20	21
15	35	15	17
10	27	10	15
≤ 7,5	21	7,5	12
-	-	≤ 5	9

Nota.- Para valores de iluminancia media proyectada comprendidos entre los valores indicados en la tabla, la eficiencia energética de referencia se obtendrá por interpolación lineal.

$$ICE = \frac{1}{I_E}$$

Tabla 4 – Calificación energética de una instalación de alumbrado.

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

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.

En concreto la ITC-EA02 establece las siguientes clases: clase de alumbrado M (áreas de tráfico motorizado), C (áreas conflictivas de tráfico motorizado) y P (áreas para peatones y ciclistas).

Las clases de alumbrado P están previstas para peatones y ciclistas en aceras, carriles bici, vías de emergencia y otras calzadas que se encuentran separadamente a lo largo de la calzada de una vía de tráfico, calles residenciales y peatonales, áreas de aparcamiento, zonas escolares, etc. Son vías de tráfico en las que los peatones y ciclistas las frecuentan mayoritariamente, pero también en algunos casos son accesibles a los vehículos motorizados a baja velocidad ($V \leq 40$ km/h), en aparcamientos, zonas comerciales e históricas, espacios peatonales de conexión, caminos peatonales, carriles bici, etc. Los criterios de iluminación de las clases de alumbrado (P) se asientan en la iluminancia horizontal sobre el área de la superficie a iluminar, y se expresan por la iluminancia media (E_m) y la iluminancia mínima (E_{min}).

En la siguiente tabla se muestran las Clases de Alumbrado recomendadas para cada caso:

Tabla 7. Clases de Alumbrado P para cada tipo de vía

TIPO	DESCRIPCION	COMPOSICION DE TRÁFICO	INTENSIDAD DE TRÁFICO	CLASES DE ALUMBRADO
A	Áreas de aparcamiento: - En autopistas y autovías - Aparcamiento en general - Estaciones de Autobuses	Motorizados Ciclistas Peatones	Media	C1A-P2
B	Zonas comerciales e históricas: - Acceso restringido - Uso prioritario de peatones	Motorizados limitados Ciclistas Peatones	Alta	C2-P1
C	Espacios peatonales de conexión: - Vías peatonales - Itinerarios peatonales accesibles - Aceras a lo largo de la calzada - Paradas de Autobuses con zonas de espera	Ciclistas Peatones	Normal	P1-P2
D	Carriles para bicicletas: - Independientes a lo largo de la calzada - Entre ciudades en área abierta - Unión de zonas urbanas	Solamente ciclistas	Baja	P2-P3
E	Zonas de velocidad muy limitada: - Caminos peatonales - Espacios abiertos - Parques	Únicamente peatones	Baja	P3- P4
Las vías de tráfico de características iguales o similares a las incluidas en la descripción, tendrán la misma clase de alumbrado				

Sin embargo, en nuestro caso concreto, de la consulta de la ITC-02 apartado 3.1 pasarelas peatonales se deduce que:

La clase de alumbrado será C2 y, en caso de riesgo de inseguridad ciudadana, podrá adoptarse la clase C1. 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 impuesta por estos condicionantes.

Por lo que la normativa establece un nivel de iluminación más estricto para las pasarelas peatonales, pasando de una clase de alumbrado tipo P a una C correspondiente a áreas conflictivas..

La Clase de Alumbrado teniendo en cuenta esto último y siguiendo las indicaciones de la ITC-02 será la C2.

En la siguiente tabla pueden comprobarse los valores de referencia.

CLASE DE ALUMBRADO	ILUMINANCIA HORIZONTAL		
	Em (Referencia) lux	Uo (Mínima)	f _{ti} (Máxima) %
C0	50,0	0,40	15
C1	30,0	0,40	15
C1A	25,0	0,40	15
C2	20,0	0,40	15
C3	15,0	0,40	20
C4	10,0	0,40	20
C5	7,5	0,40	20
Los valores de la tabla son valores de referencia (Em) y mínima (Uo) en servicio con mantenimiento de las instalaciones de alumbrado. A fin de conservar dichos niveles de servicio, debe adoptarse un factor de mantenimiento (fm) elevado que dependerá de la fuente de luz implantada, del tipo de luminaria, grado de contaminación del aire y modalidad de mantenimiento preventivo			

- Por tanto, deberá cumplirse en la iluminación proyectada:
- Iluminancia Media Horizontal=20 lux
 - Uniformidad global mínima= 0,40
 - Deslumbramiento incapacitivo máximo=15 %
 - Eficiencia Energética de Referencia=21
 - Eficiencia Energética Mínima=14
 - Potencia Unitaria Máxima=1,43

2.3.1 Equivalencia entre Clases de Alumbrado

Clases de alumbrado de nivel de iluminación equivalente						
	M1	M2	M3	M4	M5	M6
C0	C1	C2	C3	C4	C5	C5
			P1	P2	P3	P4

Los valores correspondientes a las clases de alumbrado son equivalentes debido, entre otras razones, a que las clases de alumbrado M son niveles de luminancia, mientras que las clases de alumbrado C y P se refieren a niveles de iluminancia, no resultando exacta la relación entre la iluminancia y la luminancia ($R = E/L$), habiéndose adoptado un valor $R = 15$.

2.4 Limitación de las Emisiones Luminosas

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 natura, 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 nocturna

El flujo hemisférico superior instalado FHSinst 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%

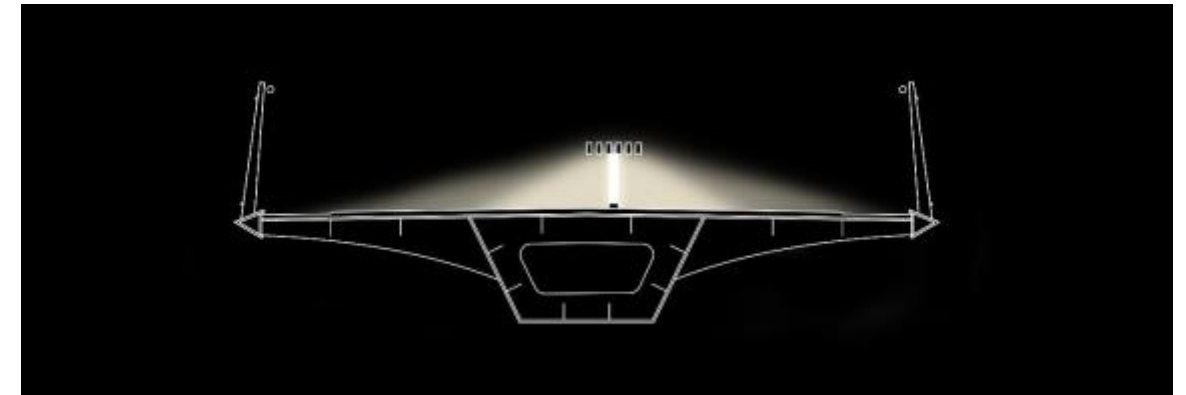
Además de ajustarse a los valores de la tabla 2, para reducir las emisiones hacia el cielo tanto directas, como las reflejadas por las superficies iluminadas, la instalación de las luminarias deberá cumplir los siguientes requisitos:

- 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.

2.5 Sistemas de iluminación

Teniendo en cuenta lo mencionado en los apartados anteriores, se diseña la solución técnica de la iluminación se resuelve mediante 3 tipos diferentes de iluminación:

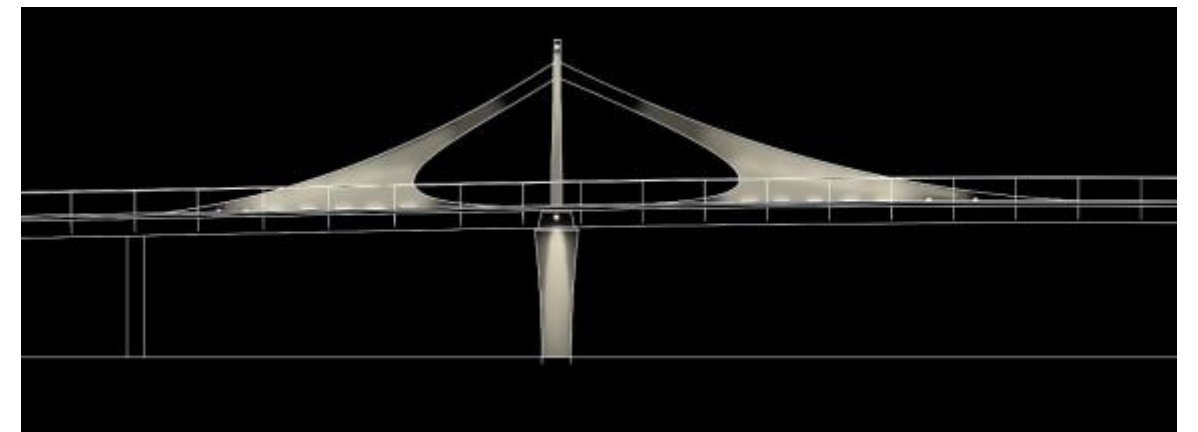
- 1) Herraje LED Frame-Bollard (contorno hueco), instalado en el eje longitudinal al puente, distribución luminosa uniforme de 180° en dos direcciones colocando una unidad cada seis metros, $\leq 3.000\text{K}$



- 2) Luminarias lineales bañadas de pared LED, bien integradas en la estructura del puente, orientado hacia las caras de las velas/el tope del mástil, distribución de luz uniforme con varias características de emisión e intensidades, $\leq 3.000\text{K}$



- 3) Foco LED, empotrado (en el tope del mástil), o montado con balancín (bajo la cubierta del puente), ángulo del haz de luz estrecho/medio, $\leq 3.000\text{K}$



Proyecto de Construcción de Puente peatonal
y ciclable entre Barakaldo y Erandio

Anejo nº10: Iluminación