

ANEJO 4

ESTUDIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

4.1.- EFICIENCIA ENERGÉTICA DE UNA INSTALACIÓN DE ALUMBRADO

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

€ = S . Em / P

Siendo:

- € : Eficiencia energética de la instalación de alumbrado exterior (m².lux/w)
- P : Potencia activa total instalada (lámparas y equipos auxiliares) (w)
- S : Superficie iluminada (m²)
- Em : 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:

- €L : Eficiencia de las lámparas y equipos auxiliares (lum / w = m² . lux / w)
- fm : Factor de mantenimiento de la instalación (en valores por unidad)
- fu : Factor de mantenimiento de la instalación (en valores por unidad)

€ = €L . fm . fu

Donde:

Eficiencia de la lámpara y equipos auxiliares (€L): Es la relación entre el flujo luminoso emitido por una lámpara y la potencia total consumida por la lámpara y el equipo auxiliar.

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

Factor de utilización (fu): Es la relación entre el flujo útil de las luminarias que llegan a la superficie a iluminar y el flujo emitido por las lámparas instaladas.

El factor de utilización es función del tipo de lámpara, de la distribución luminosa, del rendimiento de las luminarias, así como de la geometría de la instalación y de la disposición de las luminarias.

Para aumentar la eficiencia energética de una instalación de alumbrado exterior, se podrá actuar incrementando los factores anteriores, de tal forma que una instalación será más eficiente cuanto mayor sea la eficiencia de las lámparas y equipos auxiliares, los factores de mantenimiento y el de utilización.

4.2.- REQUISITOS MÍNIMOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

Se establecen dos tipos de alumbrado, el alumbrado vial funcional y el alumbrado vial ambiental.

4.2.1- Instalaciones de Alumbrado Vial Funcional.

El alumbrado vial funcional es el establecido en las autopistas, autovías, carreteras y vías urbanas, según la Instrucción Técnica Complementaria ITC-EA-02 y se corresponde a situaciones de proyecto A y B.

Las instalaciones de alumbrado vial del tipo funcional, con independencia del tipo de lámpara, pavimento y geometría de la instalación, deberán cumplimentar los requisitos mínimos de eficiencia energética, según la siguiente tabla:

REQUISITOS MÍNIMOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN INSTALACIONES DE ALUMBRADO VIAL FUNCIONAL

Iluminancia Media en Servicio Em (lux)	EFICIENCIA ENERGÉTICA MÍNIMA (m² . lux / W)
≥ 30	22
25	20
20	17,5
25	15
20	12
≤ 7,5	9,5
Nota – Para valores de iluminancia media proyectada comprendida entre los valores indicados en la tabla, la eficiencia energética de referencia se obtendrá por interpolación lineal.	

En instalaciones de alumbrado en zonas especiales de viales, se aplicarán los requisitos mínimos de eficiencia energética establecidos en el apartado 4.2.3.

4.2.2- Instalaciones de Alumbrado Vial Ambiental.

El alumbrado vial ambiental, es el que se ejecuta por lo general con soportes de baja altura (entre los 3 y los 7m) en áreas urbanas para la iluminación de vías peatonales, comerciales, aceras, parques y jardines, centros históricos, vías de velocidad limitada, etc., según la Instrucción Técnica Complementarias ITC-EA-02 como situaciones de proyecto C, D y E.

Las instalaciones de alumbrado vial del tipo ambiental, con independencia del tipo de lámpara, pavimento y geometría de la instalación, deberán cumplimentar los requisitos mínimos de eficiencia energética, según la siguiente tabla:

REQUISITOS MÍNIMOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN INSTALACIONES DE ALUMBRADO VIAL AMBIENTAL

Iluminancia Media en Servicio Em (lux)	EFICIENCIA ENERGÉTICA MÍNIMA (m² . lux / W)
≥ 20	9
15	7,5
10	6
7,5	5
≤ 5	3,5
Nota – Para valores de iluminancia media proyectada comprendida entre los valores indicados en la tabla, la eficiencia energética de referencia se obtendrá por interpolación lineal.	

4.2.3- Otras instalaciones de Alumbrado.

En el alumbrado específico, el alumbrado ornamental, el alumbrado de vigilancia y seguridad nocturna y el de señales de 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, cumplimentándose los valores 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 utilización de la instalación será el mayor posible, según la ITC-EA-06.

4.2.4- Alumbrado Adicional de Pasos de Peatones.

En el alumbrado adicional de los pasos de peatones cuya instalación sea prioritaria en aquellos que sean sin semáforo, la iluminación 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.

La clase será CE1 en áreas comerciales e industriales y CE2 en zonas residenciales.

4.2.5- Instalaciones de Alumbrado Festivo y Navideño.

La potencia asignada de las lámparas de incandescencia utilizadas será igual o inferior a 15 w y la potencia máxima instalada por unidad de superficie (w / m²) será la indicada en la ITC-EA-02

4.3.- CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO

Las instalaciones de alumbrado exterior, excepto la de los alumbrados mencionados en los puntos 4.2.3 y 4.2.4, se calificarán en función de su índice de eficiencia energética.

El índice de eficiencia energética (I_E) se define como el cociente entre la eficiencia energética de la instalación (**€**) y el valor de la eficiencia energética de referencia (**€_R**) en función del nivel de iluminancia media en servicio proyectada, según la tabla:

I_E = € / €_R

Valores de Eficiencia Energética de Referencia

ALUMBRADO VIAL FUNCIONAL		ALUMBRADO VIAL AMBIENTAL	
Iluminación Media En servicio Proyectada Em (lux)	Eficiencia Energética de Referencia εR (m² . lux / W)	Iluminación Media En servicio Proyectada Em (lux)	Eficiencia Energética de Referencia εR (m² . lux / W)
≥ 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 comprendida entre los valores indicados en la tabla, la eficiencia energética de referencia se obtendrá por interpolación lineal.			

Al objeto de interpretar la calificación energética de una instalación de alumbrado y en consonancia con lo establecido en otros reglamentos, se define una etiqueta que caracteriza el consumo de energía de la instalación mediante una escala de siete letras que va desde la 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 = 1 / I_E

Los valores definidos por las respectivas letras de consumo energético, en función de los índices de eficiencia energética, viene determinado en la siguiente tabla:

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA

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

4.4.- ESTUDIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA PRESENTE INSTALACIÓN DE ALUMBRADO EXTERIOR

Para efectuar el Estudio de Eficiencia Energética de la instalación de alumbrado exterior, se ha tenido en consideración las premisas marcadas anteriormente, además de establecer los siguientes criterios:

El número de horas anuales de encendido del alumbrado público, teniendo en cuenta el horario de encendido y apagado del reloj astronómico digital, es de aproximadamente **4.302,92 horas**.

Para las luminarias de LED proyectadas para el sector proyectado, la programación establecida en los driver programables de las mismas, en principio se ha considerado que el alumbrado público sea de 4 tramos, adecuado cada uno de ellos a la disminución, tanto energética como de parámetros luminotécnicos. No obstante será el Técnico responsable del alumbrado público el que prevea que puedan ser modificados a conveniencia.

A continuación se procede a establecer el periodo de influencia de cada uno de los tramos y el ahorro energético o disminución de la potencia adoptada:

- **TRAMO 1** – Periodo horario comprendido entre el ocaso del día (encendido del A.P.) según el reloj astronómico digital horario de **encendido** y hasta las **23,00 horas**, con un número aproximado de horas de funcionamiento en éste primer tramo de **1.183,10h (27,495%)**.

La potencia prevista en el **TRAMO 1** para las luminarias de LEDs es la siguiente:

- TECEO GEN2 1de **40** LEDs / 500mA NW 740 (**61W**) OPTICA 5117 : **100%**
- TECEO S de **16** LEDs / 500mA NW 740 (**26W**) OPTICA 5117 : **100%**

- **TRAMO 2** – Periodo horario comprendido entre las **23,00 horas** y las **01,00 horas**, con un número aproximado de horas de funcionamiento en este segundo tramo de **730h (16,965%)**.

La potencia prevista en el **TRAMO 2** para las luminarias de LEDs es la siguiente:

- TECEO GEN2 1de **40** LEDs / 500mA NW 740 (**61W**) OPTICA 5117 : **75%**
- TECEO S de **16** LEDs / 500mA NW 740 (**26W**) OPTICA 5117 : **75%**

- **TRAMO 3** – Periodo horario comprendido entre las **01,00 horas** y las **06,00 horas**, con un número aproximado de horas de funcionamiento en éste tercer tramo de **1.825h (42,413%)**.

La potencia prevista en el **TRAMO 3** para las luminarias de LEDs es la siguiente:

- TECEO GEN2 1de **40** LEDs / 500mA NW 740 (**61W**) OPTICA 5117 : **60%**
- TECEO S de **16** LEDs / 500mA NW 740 (**26W**) OPTICA 5117 : **60%**

- **TRAMO 4** – Periodo horario comprendido entre las **06,00 horas** hasta el **alba** (apagado del A.P.), con un número aproximado de horas de funcionamiento en este cuarto tramo de **564,82h (13,126%)**.

La potencia prevista en el **TRAMO 4** para las luminarias de LEDs es la siguiente:

- TECEO GEN2 1de **40** LEDs / 500mA NW 740 (**61W**) OPTICA 5117 : **75%**

- TECEO S de **16** LEDs / 500mA NW 740 (**26W**) OPTICA 5117 : **75%**

La equivalencia del Kwh eléctrico se corresponde aproximadamente con **0,25** Kg de CO₂.

Se procede a efectuar el Estudio de Eficiencia Energética para el presente proyecto de alumbrado exterior, en cumplimiento de la Instrucción Técnica Complementaria EA-01 del Real Decreto 1890/2008 de 14 de noviembre:

ÁREA DE ESTUDIO	SUPERFICIE (m²)	Emed (lux)	POTENCIA (w)	E. ENERGÉT. (ε)
C/. Sixto Celorrio (SECCIÓN 1) de 15,90m Alumbrado Vial Funcional	795,00	19,5	2 x 61+2x26 = 174	89,0948
C/. Sixto Celorrio (SECCIÓN 2) de 10,20m Alumbrado Vial Funcional	244,80	19,8	61	79,4597
C/. Sixto Celorrio (SECCIÓN 3) de 11,70m Alumbrado Vial Funcional	269,10	20,1	61	88,6707
C/. Sixto Celorrio (SECCIÓN 4) de 15,00m Alumbrado Vial Funcional	360,00	20,2	61 + 26 = 87	83,5862
C/. Gregorio García Arista de 14,80m Alumbrado Vial Funcional	666,00	20,6	2 X 61 + 26 = 148	92,7000

A continuación se detalla la calificación detallada de la instalación proyectada, en cada una de las zonas establecidas en el área de actuación:

ÁREA DE ESTUDIO	€ _R	I _ε	ICE	CALIFICACIÓN ENERGÉTICA
C/. Sixto Celorrio (SECCIÓN 1) de 15,90m Alumbrado Vial Funcional	25,70	3,47	0,29	A
C/. Sixto Celorrio (SECCIÓN 2) de 10,20m Alumbrado Vial Funcional	25,88	3,07	0,33	A
C/. Sixto Celorrio (SECCIÓN 3) de 11,70m Alumbrado Vial Funcional	26,06	3,40	0,29	A
C/. Sixto Celorrio (SECCIÓN 4) de 15,00m Alumbrado Vial Funcional	26,12	3,20	0,31	A
C/. Gregorio García Arista de 14,80m Alumbrado Vial Funcional	26,36	3,51	0,28	A

Calificación Energética de las Instalaciones de Aluminado	
<div>Más eficiente</div> <div><div>A</div><div>B</div><div>C</div><div>D</div><div>E</div><div>F</div><div>G</div></div> <div>Menos eficiente</div>	X
Instalación:.....	Aluminado Vial Funcional
Localidad/calle.....	ZARAGOZA – C/. Sixto Celorio SECCIÓN 1
Horario de funcionamiento:.....	Según Horario Reloj Astronómico Digital
Consumo de energía anual (Kwh/año):...	1.130,73
Emisiones CO2 anual (KgCO2/año):.....	282,68
Índice de Eficiencia Energética (Ie):.....	3,20
Iluminancia media en servicio Em (lux):.....	19,5
Uniformidad (%):.....	35,0

Calificación Energética de las Instalaciones de Aluminado	
<div>Más eficiente</div> <div><div>A</div><div>B</div><div>C</div><div>D</div><div>E</div><div>F</div><div>G</div></div> <div>Menos eficiente</div>	X
Instalación:.....	Aluminado Vial Funcional
Localidad/calle.....	ZARAGOZA – C/. Sixto Celorio SECCIÓN 2
Horario de funcionamiento:.....	Según Horario Reloj Astronómico Digital
Consumo de energía anual (Kwh/año):...	654,61
Emisiones CO2 anual (KgCO2/año):.....	163,65
Índice de Eficiencia Energética (Ie):.....	3,07
Iluminancia media en servicio Em (lux):.....	19,8
Uniformidad (%):.....	37,0

Calificación Energética de las Instalaciones de Aluminado	
<div>Más eficiente</div> <div><div>A</div><div>B</div><div>C</div><div>D</div><div>E</div><div>F</div><div>G</div></div> <div>Menos eficiente</div>	X
Instalación:.....	Aluminado Vial Funcional
Localidad/calle.....	ZARAGOZA – C/. Sixto Celorio SECCIÓN 3
Horario de funcionamiento:.....	Según Horario Reloj Astronómico Digital
Consumo de energía anual (Kwh/año):...	877,30
Emisiones CO2 anual (KgCO2/año):.....	219,33
Índice de Eficiencia Energética (Ie):.....	3,40
Iluminancia media en servicio Em (lux):.....	20,1
Uniformidad (%):.....	29,0

Calificación Energética de las Instalaciones de Alumbrado	
<div>Más eficiente</div> <div><div>A</div><div>B</div><div>C</div><div>D</div><div>E</div><div>F</div><div>G</div></div> <div>Menos eficiente</div>	X
Instalación:.....	Alumbrado Vial Funcional
Localidad/calle.....	ZARAGOZA – C/. Sixto Celorio SECCIÓN 4
Horario de funcionamiento:.....	Según Horario Reloj Astronómico Digital
Consumo de energía anual (Kwh/año):...	565,37
Emisiones CO2 anual (KgCO2/año):.....	141,34
Índice de Eficiencia Energética (Ie):.....	3,20
Iluminancia media en servicio Em (lux):.....	20,2
Uniformidad (%):.....	31,0

Calificación Energética de las Instalaciones de Alumbrado	
<div>Más eficiente</div> <div><div>A</div><div>B</div><div>C</div><div>D</div><div>E</div><div>F</div><div>G</div></div> <div>Menos eficiente</div>	X
Instalación:.....	Alumbrado Vial Funcional
Localidad/calle.....	ZARAGOZA – C/. G. García Arista
Horario de funcionamiento:.....	Según Horario Reloj Astronómico Digital
Consumo de energía anual (Kwh/año):...	1.046,25
Emisiones CO2 anual (KgCO2/año):.....	261,56
Índice de Eficiencia Energética (Ie):.....	3,51
Iluminancia media en servicio Em (lux):.....	20,6
Uniformidad (%):.....	39,0